

SLOVENSKÁ SPOLOČNOSŤ PRE HOSPODÁRSKU INFORMATIKU

THE SLOVAK SOCIETY FOR ECONOMIC INFORMATICS



ZBORNÍK

20. medzinárodná vedecká konferencia

„AIESA – BUDOVANIE SPOLOČNOSTI ZALOŽENEJ NA VEDOMOSTIACH“

PROCEEDINGS

20th International Scientific Conference

„AIESA – BUILDING OF SOCIETY BASED ON KNOWLEDGE“

AIESA

Applied Informatics Econometrics Statistics Accounting

24. – 25. november 2022 | 24. – 25. november 2022 | BRATISLAVA





SLOVENSKÁ SPOLOČNOSŤ
PRE HOSPODÁRSKU INFORMATIKU
SLOVAK SOCIETY
FOR ECONOMIC INFORMATICS

Appplied **I**nformatics **E**conometrics **S**tatistics **A**ccounting

ZBORNÍK

20. medzinárodná vedecká konferencia

„AIESA – BUDOVANIE SPOLOČNOSTI ZALOŽENEJ NA VEDOMOSTIACH“

organizovanú

Slovenskou spoločnosťou pre hospodársku informatiku

pod záštitou

dekana Fakulty hospodárskej informatiky

prof. Ing. Ivana Brezinu, CSc.

PROCEEDINGS

20th International Scientific Conference

„AIESA – BUILDING OF SOCIETY BASED ON KNOWLEDGE“

organized by

Slovak Society for Economic Informatics

held under the patronage of

Dean of the Faculty of Economic Informatics

prof. Ing. Ivan Brezina, CSc.

24. – 25. november 2022 * November 24-25, 2022
Bratislava

INTERNATIONAL SCIENTIFIC COMMITTEE

Guarantor: Assoc. Prof. Ing. Mária Vojtková, PhD.

President of Slovak Society for Economic Informatics

Chairman: Prof. Mgr. Juraj Pekár, PhD.

Vice-president of Slovak Society for Economic Informatics

Members: Prof. Dr. Ing. Dana Dluhošová

Faculty of Economics, VŠB – Technical University in Ostrava

Prof. Ing. Jakub Fischer, PhD.

Faculty of Informatics and Statistics, University of Economics in Prague

Prof. Ing. Josef Jablonský, CSc.

Faculty of Informatics and Statistics, University of Economics in Prague

Prof. Ing. Emil Kršák, PhD.

Faculty of Management Science and Informatics, University of Žilina

Assoc. Prof. Ing. Ladislav Mejzlík, PhD.

Faculty of Finance and Accounting, University of Economics in Prague

Prof. Dr. Zoltán Rajnai

Donát Bánki Faculty of Mechanical and Safety Engineering, Óbuda university, Budapest

Prof. UEK Dr. hab. Paweł Ulman

Faculty of Management, Cracow University of Economics

Prof. Milorad Vidović

Faculty of Transport and Traffic Engineering, University of Belgrade

Prof. Rakhmonov Ikromjon Usmonovich, Dr.Sc.

Power Engineering Faculty, Tashkent State Technical University

RECENZENTI

prof. RNDr. Luboš Marek, CSc., prof. Ing. Josef Jablonský, CSc., Ing. Marián Hanták, PhD.,
Ing. Ján Pittner, PhD.

ZOSTAVOVATEĽ ZBORNÍKA / EDITOR:

Eva Čerteková

Všetky příspěvky boli pred publikovaním recenzované.

All published papers have been reviewed before publishing.

Zborník neprešiel jazykovou úpravou.

Za odbornú stránku príspevkov zodpovedajú autori.

The proceedings were not subject of language correction.

The authors are fully responsible for their conference papers.

Vydavateľstvo / Publisher Letra Edu, Bratislava 2022

ISBN 978-80-974180-9-0 (online)

Obsah

Igor Košťál Porovnanie exekučnej efektívnosti hľadania dát v tabuľke symbolov implementovanej v poli a v jednosmernom lineárnom zozname v C# aplikácii	5
Erika Mináriková, Miroslav Hudec Applying Machine Learning to Model Inflation on the Slovak Macroeconomic Data	15
Peter Procházka Princípy tvorby textových zadaní pre dosiahnutie žiadaných grafických výstupov s využitím neurónových sietí a strojového učenia	25
Eva Rakovská Výhody využívania LMS systémov	33
Peter Schmidt, Pavol Jurík, Jaroslav Kultán Sieťové vyučovanie nie je len e-learning a MOOC	45
Pavol Sojka , Peter Procházka Použitie lingvistických súhrnov vo webovej aplikácii	55
Martina Ballová Prediction of results of financial statements companies in automotive industry in Slovakia after COVID-19 pandemic	65
Miriama Blahušiaková Vývoj tržieb v maloobchode v kontexte pandémie COVID-19	73
Renáta Hornická Účtovné zobrazenie transakcií vylúčených z pôsobnosti IFRS 3 Podnikové kombinácie	83
Kornélia Lovciová Významné postavenie inteligentných technológií a ich zverejňovanie vo výročnej správe v priemyselných podnikoch na Slovensku	89
Lucia Ondrušová Vplyv právnej úpravy na obchodné spoločnosti z titulu inštitútu spoločnosti v kríze	97
Martina Podmanická Účtovné a daňové riešenie zlúčenia ako typu kombinácie podnikov z pohľadu nástupníckej účtovnej jednotky v Slovenskej republike	105
Martina Horváthová Kapitálová požiadavka poisťovne v súlade s direktívou Solventnosť II	117
Zuzana Krátka Kybernetické riziká a ich poisťiteľnosť	125
Ľudovít Pinda Konštrukcia dlhopisového portfólia v súlade s imunizačnými stratégiami	133
Anna Strešňáková Softvérová podpora rozhodovacích procesov v oblasti životného poistenia	145

Erik Šoltés, Silvia Komara Analýza disparít podielu zamestnanosti vo vzniknutých a zaniknutých podnikoch v členení podľa SK NACE a NUTS3 v rokoch 2008 až 2018	151
Tatiana Šoltéssová, Jana Kútiková Využitie stochastických modelov v analýze úmrtnosti populácie na Slovensku vo vzťahu k životnému poisteniu	163
Patrícia Teplanová Analýza prežitia Coxovým modelom proporcionálnych rizík	177
Michal Závodný Využitie ILS v kyberpoistení	185
Silvia Zelinová Porovnanie hospodárskeho výsledku podľa IFRS 4 a IFRS 17 pre produkt životného poistenia unit-linked	193
Ivan Brezina Management science a informačný manažment	203
Ádám Csápai, Erika Mináriková Porovnanie prognostickej presnosti rôznych metód strojového učenia	211
Zuzana Čičková, Simona Chuguryan Princípy formulovania viackriteriálnej volebnej hry	219
Petr Fiala Modelování koopetičních vztahů	225
Pavel Gežík Špecifický prístup z teórie hier pri výbere umiestnenia predajne v nákupných centrách	231
Michaela Chocholatá Priestorová analýza vybraných ukazovateľov sčítania domov a bytov 2021 v Slovenskej republike	239
Marian Reiff, Juraj Pekár Vplyv inflácie na modelovanie prepínania režimov výnosov	247
Karol Szomolányi, Adriana Lukáčiková, Martin Lukáčik Prehľad prístupov k analýzam ekonomických dosahov pandémie	253

Porovnanie exekučnej efektívnosti hľadania dát v tabuľke symbolov implementovanej v poli a v jednosmernom lineárnom zozname v C# aplikácii

A Comparison of Execution efficiency of Searching for Data in an Array and Linked List Implementation of a Symbol Table in a C# Application

Igor Košťál¹

Abstrakt

Tabuľka symbolov je často používaný abstraktný mechanizmus slúžiaci na ukladanie párov kľúč - informácia vo vyhľadávacích aplikáciách, pričom informácie (hodnoty) môžu byť neskôr vyhľadávané podľa kľúča. Pri použití tabuľky symbolov v aplikácii je veľmi dôležité vybrať jej efektívnu implementáciu. My sme vytvorili C# aplikáciu, ktorá implementuje tabuľku symbolov v poli a v lineárnom jednosmernom zozname. Do oboch týchto implementácií aplikácia ukladá rovnaké páry kľúč - hodnota, v jej prípade sú to páry doménová adresa - IP adresa. Aplikácia umožňuje vyhľadávať v poli a v lineárnom jednosmernom zozname IP adresy podľa kľúčov doménová adresa, alebo obrátene, pričom aplikácia meria exekučný čas každého vyhľadávania v každej implementácii tabuľky symbolov. Porovnaním týchto exekučných časov sme zistovali, ktorá implementácia tabuľky symbolov je exekučne efektívnejšia.

Kľúčové slová

tabuľka symbolov, dynamické pole, jednosmerný lineárny zoznam, vyhľadávanie, C# aplikácia

Abstract

A symbol table is a frequently used abstract mechanism for storing key-information pairs in search applications, while the information (values) can be later searched by a key. When using a symbol table in an application, it is very important to choose its effective implementation. We have created a C# application that implements a table of symbols in an array and in one-way linked list. The application stores the same key - value pairs, in its case they are domain address - IP address pairs, into both of implementations. The application allows to search IP addresses by domain address keys, or vice versa, in an array and in one-way linked list, while the application measures the execution time of each search in each implementation of the symbol table. By comparing these execution times, we determined which implementation of the symbol table is more execution efficient.

Key words

symbol table, dynamic array, one-way linked list, searching, C# application

JEL classification

C88

¹ Ing. Igor Košťál, PhD., Ekonomická univerzita v Bratislave, Fakulta hospodárskej informatiky, Katedra aplikovanej informatiky, Dolnozemska cesta 1/b, 852 35 Bratislava 5, Slovenská republika, e-mail: igor.kostal@euba.sk.

1 Úvod

Vyhľadávanie informácií vo veľkých súboroch dát je jednou z operácií poskytovaných rôznymi vyhľadávacími aplikáciami. S rastúcou veľkosťou objemu prehľadávaných dát stúpa dôležitosť výberu dátovej štruktúry pre ukladanie týchto dát aplikáciou a aj výberu vyhľadávacieho mechanizmu, algoritmu. Ako sme uviedli vyššie, tabuľka symbolov je často používaný abstraktný mechanizmus slúžiaci na ukladanie párov kľúč - informácia vo vyhľadávacích aplikáciách, pričom informácie (hodnoty) môžu byť neskôr vyhľadávané podľa kľúča (Sedgewick, 2011, Sedgewick, 2018). Inak povedané, tabuľka symbolov podporuje dve základné operácie, vloženie položky, páru kľúč - hodnota, a vrátenie hodnoty s daným kľúčom (Sedgewick, 1998). To, že tabuľka symbolov je často používaná v rôznych aplikáciách potvrdzujú mnohé druhy aplikácií, v ktorých je implementovaná. Sú to napr. aplikácie, ktoré pracujú s (Sedgewick, 2017)

- telefónnym zoznamom (kľúčom je meno, hodnotou je telefónne číslo)
- slovníkom (kľúčom je slovo, hodnotou je význam slova, jeho výslovnosť a ďalšie informácie o ňom)
- účtami (kľúčom je číslo účtu, hodnotou sú dáta o účte)
- Java kompilátorom (kľúčom je identifikátor premennej, hodnotou je jej pamäťová lokácia)
- elektronickou knihou (kľúčom je pojem, hodnotou sú čísla strán knihy, kde sa nachádza)
- internetovými DNS záznamami (kľúčom je doménová (DNS) adresa webovej aplikácie, hodnotou je jej IP adresa)
- atď.

Z uvedené prehľadu použitia abstraktného mechanizmu tabuľky symbolov je zrejme jeho široké používanie v rôznych druhoch aplikácií, preto má zmysel uvažovať o jeho použití pri vývoji takýchto alebo podobných druhov aplikácií.

Aby bola implementácia tabuľky symbolov v akejkoľvek aplikácii exekučne a pamäťovo efektívna, je veľmi dôležité vybrať vhodnú dátovú štruktúru, v ktorej bude tabuľka symbolov v predmetnej aplikácii implementovaná. Tabuľka symbolov môže byť implementovaná v usporiadanom alebo neusporiadanom poli, v usporiadanom alebo neusporiadanom lineárnom jednosmernom zozname, binárnom vyhľadávacom strome a v iných dátových štruktúrach. Nás zaujímalo, ktorá z dvoch elementárnych implementácií tabuľky symbolov, v neusporiadanom poli a v neusporiadanom lineárnom jednosmernom zozname je exekučne efektívnejšia. Predpokladáme, že by to mohla byť implementácia v neusporiadanom lineárnom jednosmernom zozname, napriek jeho zložitejšej konštrukcii v porovnaní s konštrukciou dynamického poľa v samotnom zdrojovom kóde aplikácie. Pre potvrdenie alebo vyvrátenie tejto hypotézy sme vytvorili C# aplikáciu, ktorá implementuje tabuľku symbolov v neusporiadanom poli objektov a v neusporiadanom lineárnom jednosmernom zozname. Do oboch týchto implementácií aplikácia ukladá rovnaké páry kľúč - hodnota, v jej prípade sú to páry doménová adresa - IP adresa. Aplikácia umožňuje vyhľadávať v poli a v lineárnom jednosmernom zozname IP adresy podľa kľúčov doménová adresa, alebo doménové adresy podľa kľúčov IP adresa, pričom aplikácia meria exekučný čas každého vyhľadávania v každej implementácii tabuľky symbolov. Porovnaním týchto exekučných časov sme zistovali, ktorá implementácia tabuľky symbolov je exekučne efektívnejšia. Výsledky porovnania týchto exekučných časov nám tiež umožnili potvrdiť alebo vyvrátiť našu hypotézu, že implementácia tabuľky symbolov v neusporiadanom lineárnom jednosmernom zozname je exekučne efektívnejšia ako jej implementácia v neusporiadanom poli objektov.

Poľom a lineárnym jednosmerným zoznamom sa krátko zaoberáme v nasledujúcej kapitole. Ich použitím v našej C# aplikácii, jej kľúčovými metódami a vyhodnotením

porovnania exekučných časov vyhľadávania v každej implementácii tabuľky symbolov sa zaoberáme v ďalších kapitolách článku.

2 Dynamické pole a jednosmerný lineárny zoznam s implementovanou tabuľkou symbolov

Vytvorenie neusporiadaného dynamického poľa objektov s implementovanou tabuľkou symbolov (obr. 1, obr. 2) nie je veľmi komplikované. Prístupovať k jednotlivým prvkom poľa a pohybovať sa v tomto poli je možné pomocou indexov v poli referencií na jednotlivé objekty.

Vytvorenie neusporiadaného jednosmerného lineárneho zoznamu s implementovanou tabuľkou symbolov (obr. 3, obr. 4) je zložitejšie ako vytvorenie dynamického poľa s implementovanou rovnakou tabuľkou symbolov. Avšak, lineárny jednosmerný zoznam je skutočnou dynamickou dátovou štruktúrou, ktorá je maximálne pamäťovo efektívna. Môžeme dokonca vytvoriť prázdny zoznam, ktorý neobsahuje žiadne dátové prvky, obsahuje len informačné dáta, referencie *head*, *tail* a inštančnú premennú *Count*. Do lineárneho zoznamu môžeme pridávať nové dátové prvky na jeho začiatok, koniec, alebo na ľubovoľné miesto v ňom. Taktiež môžeme zmazať ľubovoľný prvok zo zoznamu, môže to byť prvý, posledný alebo ľubovoľný jeho prvok. Čiže zoznam sa môže dynamicky zväčšovať alebo zmenšovať, stále so zachovaním maximálnej pamäťovej efektívnosti. Dynamické pole nevie takto fungovať a asi ani žiadna iná dynamická pamäťová štruktúra. Existujú však aj nevýhody práce so zoznamom, napr. nevieme k jeho dátovému prvku prísť tak jednoducho ako pomocou indexu k prvku dynamického poľa. V zozname sa musíme k danému dátovému prvku dostať prechodom cez všetky predchádzajúce dátové prvky. Preto musíme podľa okolností konkrétnej implementácie v konkrétnej aplikácii vždy zvážiť, či je vhodné jednosmerný lineárny zoznam použiť. My sme v našej C# aplikácii lineárny zoznam použili, navyiac predpokladáme, že implementácia tabuľky symbolov v ňom bude v našej C# aplikácii exekučne efektívnejšia ako jej implementácia v dynamickom poli.

3 C# vyhľadávacia aplikácia s implementovanou tabuľkou symbolov v poli a v jednosmernom lineárnom zozname

Naša C# vyhľadávacia aplikácia s implementovanou tabuľkou symbolov v neusporiadanom dynamickom poli a v neusporiadanom jednosmernom lineárnom zozname, bola vyvinutá v jazyku C# ako konzolová aplikácia vo vývojovom prostredí Microsoft Visual Studio 2019. Jej zdrojový kód uložený v zdrojovom súbore *Program.cs* obsahuje nasledujúce triedy:

- *SeqSearchSTarr* - objekty tejto triedy tvoria prvky dynamického poľa objektov, obsahujúce v inštančných premenných *key* a *value* páry kľúč - hodnota, doménová adresa (URL) - IP adresa, a v inštančnej premennej *n* počet týchto párov implementovanej tabuľky symbolov. Na pole ukazuje referencia *refSeqSearchSTarr*. Členské metódy tejto triedy *Get_n*, *SetKey*, *GetKey*, *SetValue*, *GetValue* slúžia na získavanie a nastavovanie hodnôt inštančných premenných *n*, *key* a *value* objektu triedy *SeqSearchSTarr*. Ďalšie členské metódy *Put_KeyValue_AtEnd* a *Put_KeyValue* slúžia na vytvorenie nového objektu triedy *SeqSearchSTarr*, jeho vloženie na koniec poľa týchto objektov a vloženie páru kľúč - hodnota, URL - IP adresa do jeho inštančných premenných. Členská metóda *RemoveNodeKeyValue_str* spolu s pomocnou členskou metódou *RemoveLineWithNode KeyValueFromStream* odstráni objekt triedy *SeqSearchSTarr* s daným kľúčom *keyX* z poľa týchto objektov a zmaže riadok s daným kľúčom *keyX* z dátového prúdu a následne zo s ním spojeného diskového súboru *fileNameX*, čím je obsah tohto súboru synchronizovaný s polom. Pomocnú členskú metódu *StreamContainsKey* používa členská metóda *Put_KeyValue_AtEnd* na zistenie, či sa kľúč *keyX* nachádza alebo

nenachádza v dátovom prúde spojenom s diskovým súborom *fileNameX*. Na základe tohto zistenia metóda *Put_KeyValue_AtEnd* zapíše alebo nezapíše kľúč *keyX* do tohto dátového prúdu. Členská vyhľadávacia metóda *SearchValueSTarray* hľadá hodnotu *value* asociovanú s daným kľúčom *keyX*, ak ju nájde, tak túto hodnotu *value* vráti, inak vráti prázdny reťazec. Členská metóda *LoadDataOfInputFile* číta po riadkoch páry kľúč - hodnota z dátového prúdu spojeného s diskovým súborom *fileNameX* a vkladá ich do inštančných premenných objektov triedy *SeqSearchSTarr* uložených v poli takýchto objektov.

- *NodeLL* - objekty tejto triedy obsahujúce v inštančných premenných *key* a *value* páry kľúč - hodnota, doménová adresa (URL) - IP adresa, a v inštančnej premennej *Next* referenciu na nasledujúci dátový prvok (obr. 4), tvoria dátové prvky lineárneho jednosmerného zoznamu s implementovanou tabuľkou symbolov. Členské metódy *Set_keyValuePair*, *Get_key* a *Get_value* slúžia na inicializáciu inštančných premenných objektu triedy *NodeLL* a získanie hodnôt inštančných premenných *key* a *value* takéhoto objektu.
- *LinkedLLSTun* - objekt tejto triedy, obsahujúci v inštančných premenných *head* a *tail* referencie na prvý a posledný dátový prvok lineárneho zoznamu a v inštančnej premennej *Count* ich počet, reprezentuje lineárny jednosmerný zoznam (obr. 4), ktorého dátové prvky sú objekty triedy *NodeLL*. Konštruktor tejto triedy inicializuje inštančné premenné objektu, ktorý vytvoril. Členská metóda tejto triedy *Get_Count* slúži na získavanie hodnoty inštančnej premennej *Count*. Členská metóda *LoadDataOfInputFile_LLST* číta po riadkoch páry kľúč - hodnota z dátového prúdu spojeného s diskovým súborom *fileNameX*, vkladá ich pomocou členskej metódy *AddAtEndOfLLUnsort_LoadData* do objektov triedy *NodeLL* a tie vkladá na koniec lineárneho zoznamu, čím zo všetkých dát uložených v tomto dátovom prúde vytvorí lineárny zoznam. Členská metóda *AddAtEndOfLLUnsort* pridá na koniec už existujúceho lineárneho zoznamu 1 nový dátový prvok, objekt triedy *NodeLL*, do jeho inštančných premenných *key* a *value* vloží 1 pár kľúč - hodnota, URL - IP adresa. Pomocnú členskú metódu *StreamContainsKeyLL* používa členská metóda *AddAtEndOfLLUnsort* na zistenie, či sa kľúč *keyX* nachádza alebo nenachádza v dátovom prúde spojenom s diskovým súborom *fileNameX*. Na základe tohto zistenia metóda *AddAtEndOfLLUnsort* zapíše alebo nezapíše kľúč *keyX* do tohto dátového prúdu. Členská metóda *RemoveNode KeyValueLL_str* spolu s pomocnou členskou metódou *RemoveLineWithNodeKeyValueFromStreamLL* odstráni dátový prvok, objekt triedy *NodeLL* s daným kľúčom *keyX*, z lineárneho zoznamu a zmažú riadok s daným kľúčom *keyX* z dátového prúdu a následne zo s ním spojeného diskového súboru *fileNameX*, čím je obsah tohto súboru synchronizovaný s lineárnym zoznamom. Členská vyhľadávacia metóda *SearchValueSTlinklist* hľadá dátový prvok jednosmerného lineárneho zoznamu, objekt triedy *NodeLL* s daným kľúčom *keyX*, ak ho nájde, tak vráti hodnotu *value* asociovanú s týmto kľúčom, inak vráti prázdny reťazec.

Kľúčová členská vyhľadávacia metóda *SearchValueSTarray* (obr. 1) triedy *SeqSearchSTarr* hľadá hodnotu *value* asociovanú s daným kľúčom *keyX* v tabuľke symbolov implementovanej v neusporiadanom dynamickom poli, na ktoré ukazuje referencia *refSeqSearchSTarrX* (obr. 2). Prvkami tohto poľa sú objekty triedy *SeqSearchSTarr*, ktoré v inštančných premenných *key* a *value* obsahujú páry kľúč - hodnota, doménová adresa (URL) - IP adresa, a v inštančnej premennej *n* počet týchto párov v celej tabuľke symbolov. Tieto objekty môžu volať inštančné metódy *GetKey* a *GetValue*, ktoré získajú hodnoty inštančných premenných *key* a *value*. Ak metóda *SearchValueSTarray* nájde objekt s daným kľúčom *keyX*

v tomto poli objektov, tak pomocou volania inštancnej metódy *GetValue* vráti hodnotu *value* asociovanú s daným kľúčom *keyX* a uloženú v nájdenom objekte, inak vráti prázdny reťazec.

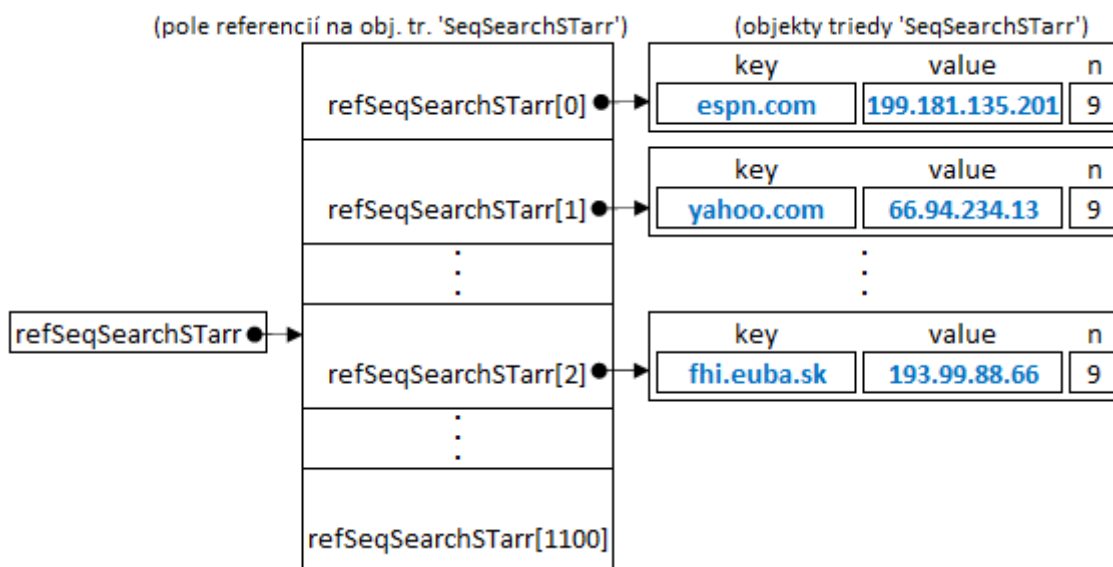
Obr. 1: Zdrojový kód členskej metódy 'SearchValueSTarray'

```
public string SearchValueSTarray(SeqSearchSTarr[] refSeqSearchSTarrX, string keyX,
                                int lines_countX)
{
    for (int i = 0; i < lines_countX; i++)
        if (refSeqSearchSTarrX[i].GetKey() == keyX)
            return refSeqSearchSTarrX[i].GetValue();

    return "";
}
```

Zdroj: Vlastné spracovanie

Obr. 2: Neusporiadané pole objektov triedy 'SeqSearchSTarr' 'refSeqSearchSTarr' s implementovanou tabuľkou symbolov s párami kľúč - hodnota, doménová adresa (URL) - IP adresa v inštančných premenných 'key' a 'value' týchto objektov



Zdroj: Vlastné spracovanie

Kľúčová členská vyhľadávacia metóda *SearchValueSTlinklist* (obr. 3) triedy *LinkedLSTun* hľadá hodnotu *value* asociovanú s daným kľúčom *keyX* v tabuľke symbolov implementovanej v neusporiadanom jednosmernom lineárnom zozname reprezentovanom objektom *linkedLSTun* (obr. 4). Dátové prvky zoznamu sú objekty triedy *NodeLL*, ktoré v inštančných premenných *key* a *value* obsahujú páry kľúč - hodnota, doménová adresa (URL) - IP adresa tabuľky symbolov, a v inštancnej premennej *Next* referenciu na nasledujúci dátový prvok (obr. 4). Inštančné metódy *Get_key* a *Get_value* aktuálneho objektu *curr* triedy *NodeLL* dokážu získať hodnoty inštančných premenných *key* a *value* tohto objektu, ktoré vyhľadávacia metóda *SearchValueSTlinklist* potrebuje pri hľadaní objektu triedy *NodeLL* s daným kľúčom *keyX*. Objekt *linkedLSTun* triedy *LinkedLSTun* obsahuje v inštančných premenných *head* a *tail* referencie na prvý a posledný dátový prvok lineárneho zoznamu a v inštancnej premennej *Count* počet dátových prvkov v zozname. Ak vyhľadávacia metóda *SearchValueSTlinklist* nájde dátový prvok jednosmerného lineárneho zoznamu, objekt triedy *NodeLL* s daným kľúčom *keyX*, tak vráti hodnotu *value* asociovanú s týmto kľúčom, inak vráti prázdny reťazec. Fungovanie metódy *SearchValueSTlinklist* je tiež zrejmé z jej zdrojového kódu (obr. 3).

Obr. 3: Zdrojový kód členskej metódy 'SearchValueSTlinklist'

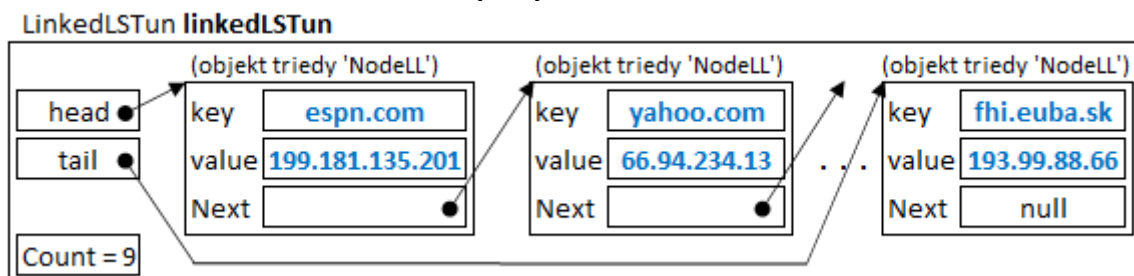
```
public string SearchValueSTlinklist(string keyX)
{
    // zoznam prechadzame od prveho datoveho prvku
    NodeLL curr = head;

    // cyklus nepreskuma posledny datovy prvok, pretoze pren plati 'curr.Next == null'
    while (curr.Next != null)
    {
        if (curr.Get_key() == keyX)
        {
            return curr.Get_value();
        }
        else
            curr = curr.Next;
    }
    if (curr.Get_key() == keyX) // tu skumame posledny datovy prvok
        return curr.Get_value();

    return "";
}
```

Zdroj: Vlastné spracovanie

Obr. 4: Neusporiadaný jednosmerný lineárny zoznam reprezentovaný objektom 'linkedLSTun' s implementovanou tabuľkou symbolov s pármí kľúč - hodnota, doménová adresa (URL) - IP adresa v inštančných premenných 'key' a 'value' objektov triedy 'NodeLL', ktoré tvoria dátové prvky zoznamu



Zdroj: Vlastné spracovanie

Obr. 5: Príklady výstupov C# aplikácie (vstupy vložené používateľom sú zobrazené tučným písmom)

```
Choose input file: ip_upr5.csv (insert: '1'), ip_upravene.csv (insert: '2') 1
The data will be load from the 'ip_upr5.csv' file.

Do you want to search for DNS items according to
URLs (insert: '1')
OR
IP addresses (insert: '2')? 1

Insert more URLs separated by ',' that will be used for searching for IP addresses
(e.g. 'espn.com, google.com, yahoo.co.jp, ebay.com, euba.sk, fhi.euba.sk, of.euba.sk, nhf.euba.sk'):
yahoo.co.jp, ebay.com, euba.sk, fhi.euba.sk, of.euba

***** Sequential search *****

(the number of ALL key-value pairs in an array: 9)
IP addresses for given URLs found (4) by 'SeqSearchSTarr.SearchValueSTarray':
```



```

yahoo.co.jp, 202.93.91.141
ebay.com, 66.135.192.87
euba.sk, 193.73.87.15
fhi.euba.sk, 193.99.88.66
A key-value pair with the 'of.euba' key NOT FOUND.

[Execution time: 00:00:00.0004615, 0,4615 ms]

IP addresses for given URLs found (4) by 'linkedLSTun.SearchValueSTlinklist':

yahoo.co.jp, 202.93.91.141
ebay.com, 66.135.192.87
euba.sk, 193.73.87.15
fhi.euba.sk, 193.99.88.66
A key-value pair with the 'of.euba' key NOT FOUND.

[Execution time: 00:00:00.0000030, 0,003 ms]

```

```

Choose input file: ip_upr5.csv (insert: '1'), ip_upravene.csv (insert: '2') 1
The data will be load from the 'ip_upr5.csv' file.

Do you want to search for DNS items according to
URLs (insert: '1')
OR
IP addresses (insert: '2')? 2

Insert more IP addresses separated by ',' that will be used for searching for corresponding URLs
(e.g. '199.181.135.201, 64.233.167.99, 202.93.91.141, 66.135.192.87, 193.73.87.15, 193.99.88.66,
193.99.89.76, 193.99.87.75'):
66.135.192.87, 193.73.87.15, 193.99.88.66, 193.99.89.76, 193.99.87

***** Sequential search *****

(the number of ALL key-value pairs in an array: 9)
URLs for given IP addresses found (4) by 'SeqSearchSTarr.SearchValueSTarray':

66.135.192.87, ebay.com
193.73.87.15, euba.sk
193.99.88.66, fhi.euba.sk
193.99.89.76, of.euba.sk
A key-value pair with the '193.99.87' key NOT FOUND.

[Execution time: 00:00:00.0005414, 0,5414 ms]

URLs for given IP addresses found by (4) 'linkedLSTun.SearchValueSTlinklist':

66.135.192.87, ebay.com
193.73.87.15, euba.sk
193.99.88.66, fhi.euba.sk
193.99.89.76, of.euba.sk
A key-value pair with the '193.99.87' key NOT FOUND.

[Execution time: 00:00:00.0004627, 0,4627 ms]

```

Zdroj: Vlastné spracovanie

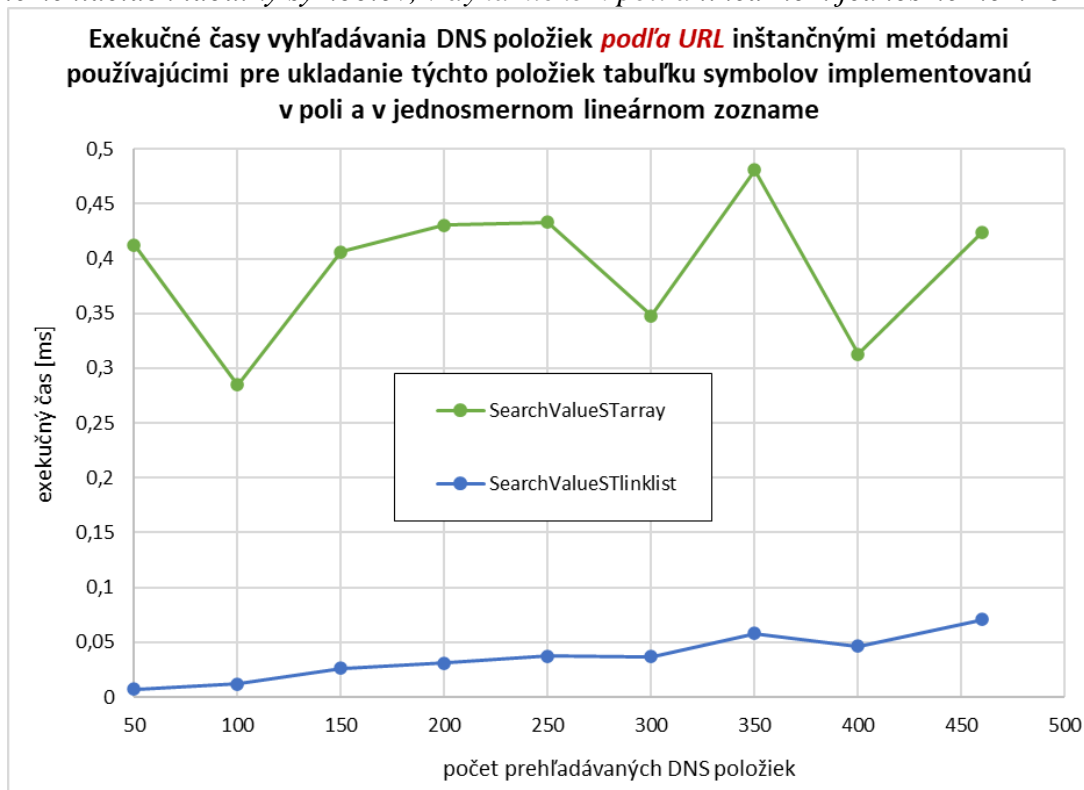
4 Experiment, jeho výsledky a ich krátka analýza

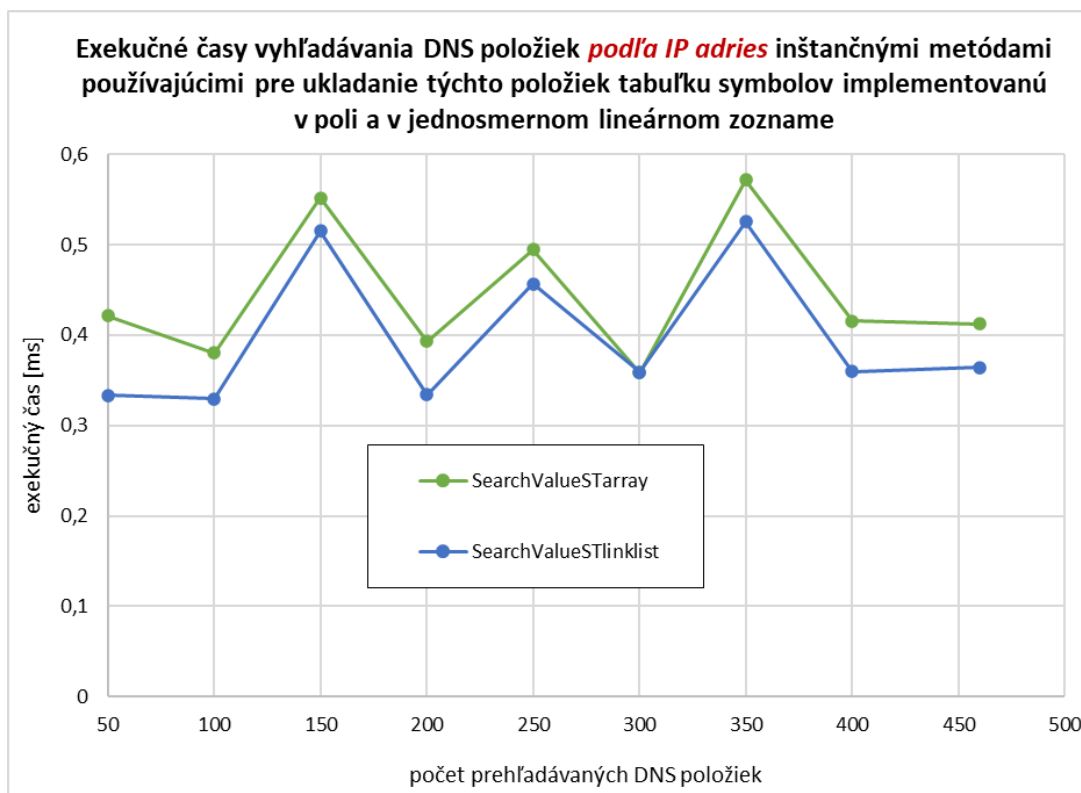
V experimente sme chceli overiť, či je pravdivá naša hypotéza, že implementácia tabuľky symbolov v neusporiadanom lineárnom jednosmernom zozname je exekučne efektívnejšia, ako implementácia tejto tabuľky v neusporiadanom dynamickom poli.

Na potvrdenie alebo vyvrátenie tejto hypotézy sme použili našu C# aplikáciu, ktorá implementuje tabuľku symbolov v neusporiadanom dynamickom poli objektov triedy *SeqSearchSTarr* s referenciou *refSeqSearchSTarr* a v neusporiadanom lineárnom jednosmernom zozname reprezentovanom objektom *linkedLSTun* triedy *LinkedLSTun*. Do oboch týchto implementácií aplikácia ukladá rovnaké páry kľúč - hodnota, v jej prípade sú to páry doménová adresa - IP adresa. C# aplikácia umožňuje pomocou inštančných metód *SearchValueSTarray* a *SearchValueSTlinklist* vyhľadávať v poli a v lineárnom jednosmernom zozname IP adresy podľa kľúčov doménová adresa, alebo doménové adresy podľa kľúčov IP adresa, pričom aplikácia meria exekučný čas každého vyhľadávania týmito inštančnými metódami v každej implementácii tabuľky symbolov. Pri každom vyhľadávaní hodnôt asociovaných s danými kľúčmi inštančné metódy *SearchValueSTarray* a *SearchValueSTlinklist* hľadali podľa rovnakých kľúčov k nim asociované hodnoty v rovnako početnej a obsahovo rovnakej sade párov kľúč - hodnota uloženej v oboch implementáciách tabuľky symbolov, v poli objektov a v lineárnom jednosmernom zozname. Obe tieto metódy prehľadávali rovnaké sady 50, 100, 150, 200, 250, 300, 350, 400 a 460 párov kľúč - hodnota.

Exekučné časy vyhľadávania IP adres podľa kľúčov doménová adresa a doménových adres podľa kľúčov IP adresa vo všetkých 9 sadách párov kľúč - hodnota v oboch implementáciách tabuľky symbolov oboma inštančnými metódami *SearchValueSTarray* a *SearchValueSTlinklist* sú zobrazené v nasledujúcich grafoch (obr. 6).

Obr. 6: Exekučné časy vyhľadávania IP adres podľa kľúčov doménová adresa (podľa URL) a doménových adres podľa kľúčov IP adresa dvomi inštančnými metódami v oboch implementáciách tabuľky symbolov, v dynamickom poli a lineárnom jednosmernom zozname





Zdroj: Vlastné spracovanie

Krátka analýza výsledkov experimentu.

Vykonaný experiment potvrdil našu hypotézu, inštančná metóda *SearchValueSTlinklist*, ktorá hľadala DNS položky podľa daných kľúčov doménová adresa (URL) a IP adresa v tabuľke symbolov implementovanej v neusporiadanom jednosmernom lineárnom zozname je exekučne efektívnejšia ako inštančná metóda *SearchValueSTarray*, ktorá vykonala rovnaké vyhľadávania, ale v tabuľke symbolov implementovanej v neusporiadanom dynamickom poli. Takže, implementácia tabuľky symbolov v neusporiadanom jednosmernom lineárnom zozname, aj keď je programovo a exekučne zložitejšia, poskytuje, oproti implementácii tabuľky symbolov v neusporiadanom dynamickom poli, C# aplikácii exekučne efektívnejšiu dátovú štruktúru pre prácu s tabuľkou symbolov.

Rozdiel medzi exekučnými časmi týchto dvoch vyhľadávacích metód bol výraznejší v prospech inštančnej metódy *SearchValueSTlinklist* pri hľadaní DNS položiek podľa daných kľúčov doménová adresa (URL). Spôsobovala to možno vyššia exekučná réžia inštančnej metódy *SearchValueSTlinklist* pri hľadaní DNS položiek podľa kľúčov IP adresa v tabuľke symbolov implementovanej v neusporiadanom jednosmernom lineárnom zozname.

5 Záver

Ako vyplýva z krátkej analýzy výsledkov experimentu, jeho výsledky potvrdili našu hypotézu. Implementácia tabuľky symbolov v neusporiadanom jednosmernom lineárnom zozname, aj keď je programovo a exekučne zložitejšia, poskytuje, oproti implementácii tabuľky symbolov v neusporiadanom dynamickom poli, C# aplikácii exekučne efektívnejšiu dátovú štruktúru pre prácu s tabuľkou symbolov. Z toho vyplýva, že pri výbere implementácie tabuľky symbolov pri vývoji C# aplikácie môžeme odporučiť použiť jednosmerný lineárny zoznam, čo je exekučne efektívnejšia alternatíva implementácie tejto tabuľky symbolov, oproti jej implementovaniu v dynamickom poli.

Literatúra

1. Microsoft Corp. (2022). *Microsoft documentation*. Retrieved October 15, 2022, from <https://docs.microsoft.com>.
2. Sedgewick, R. (1998). *Algorithms in C parts 1-4. Fundamentals, data structures, sorting, searching*. Addison-Wesley Publishing Company, Inc.
3. Sedgewick, R., Wayne, K. (2011). *Algorithms fourth edition*. Pearson Education, Inc.
4. Sedgewick, R., Wayne, K. (2017). *Computer Science: An Interdisciplinary Approach 1st Edition*. Retrieved October 15, 2022, from <https://introcs.cs.princeton.edu/java/44st/>.
5. Sedgewick, R. (2018). *Algorithms, 4th Edition*. Retrieved October 15, 2022, from <https://algs4.cs.princeton.edu/home/>.

Applying Machine Learning to Model Inflation on the Slovak Macroeconomic Data

Erika Mináriková¹, Miroslav Hudec²

Abstract

The last decade has witnessed a rapid development of artificial intelligence algorithms in many scientific and industry fields. In this work, the focus is on applying and evaluating these methods to model inflation in the Slovak Republic. Generated and explored machine learning methods were linear regression, RIDGE regression, LASSO regression, random forests, and neural networks to support predicting the course of inflation. To create these solutions, the public data set that comprises fifty monthly Slovak time series from January 2000 to December 2019 was used. The results are checked via the cross-validation and simulations using different training, validation, and test samples. The result supports the understanding for the further work on macroeconomic forecasting by deep learning models.

Key words

Linear regression, Random forest, Neural network, Inflation

JEL classification

C55, C63, E31

1 Introduction

The support for making economic and political decisions are data that help us to monitor and understand the macroeconomic developments. Methods for monitoring economic conditions analyzing big data have evolved over time, and econometric techniques have advanced in emulating, explaining, and automating the best practices of forecasters in investment markets, central banks, and other market monitoring tasks [4].

Machine learning techniques, such as decision trees, supporting vector machines, neural networks, deep learning, and the like enable efficient ways of modeling complex relationships [8, 14]. Even before the big data methods, manipulating large and complex data sets was a challenge that macroeconomists addressed in order to achieve real-time results. Nowadays, the use of large data is becoming increasingly popular. The big data topics with an emphasis on application on examples have been proposed in [26, 9]. From time immemorial, economists have been storing the historical data for supporting their decision. Initially, they used tables and spreadsheet programs, later on, relational databases for storing and selecting the relevant data [25]. Today, there are stored terabytes of data, for which the traditional processing of which is inefficient.

In this paper, the focus is on evaluating machine learning methods for modeling the inflation in Slovakia. In order to reach such a model, diverse approaches should be realized and evaluated. A similar approach has been realized in Japan [18], where they compared the results of individual data mining models to predict the economic developments over time. Forecast can be also modeled by learning and automatically generating results from the time series data and

¹ Ing. Erika Mináriková, University of Economics in Bratislava, Faculty of Economic Informatics, Department of Applied Informatics, Dolnozemska cesta 1, 852 35 Bratislava, Slovakia, erika.minarikova@euba.sk.

² doc. Dr. Ing. Miroslav Hudec, University of Economics in Bratislava, Faculty of Economic Informatics, Department of Applied Informatics, Dolnozemska cesta 1, 852 35 Bratislava, Slovakia, miroslav.hudec@euba.sk.

explain the achieved results [15, 16]. The methodology used by the New York Fed Staff Nowcast, which adopted big data to provide the timely estimates of the GDP growth, by a synthesis of a wide range of macroeconomic data has been proposed in [5]. Joint modeling of macroeconomic and financial conditions would provide an interface between finance and macroeconomics, providing a comprehensive framework for studying the mechanisms by which macroeconomic messages are transmitted to financial markets [25].

In this paper were created and examined the models using machine learning techniques for the construction of an automated platform for real-time data processing to monitor inflation.

The remainder of the article is organized as follows. Section 2 briefly explains the problem of modeling the inflation, used data and motivation. Section 3 is devoted to the introduction of used machine learning methods. Section 4 is focused on explaining results and comparing the models accuracy. Section 5 provides discussion, the comparison of the applied methods and an outlook on the future work. Finally, Section 6 concludes this work.

2 Inflation, Data and Motivation

In modern macroeconomics, the relevance of inflation forecasting cannot be overstated, given its prominent role in many practical situations. For instance, central banks in their decisions regarding the monetary policy require a thorough understanding of the inflation dynamics, without which it becomes unfeasible to derive links between inflation and the other macroeconomic variables to make accurate predictions [10]. Additionally, inflation forecasts are crucial for many firms when assessing the profitability of the long term investments. Banks and households also rely on such analysis for managing consumption, such as debts.

As the pertaining literature shows [3, 25], model the inflation is a challenging task and the consensus regarding the best econometric approach and model does not exist. Using machine learning models to predict macroeconomic variables is proven to be useful also from the other researches [20]. An example of using machine learning models for forecasting which used data from the Reserve Bank of New Zealand can be found in [24].

In this work, the accuracy of various types of machine learning methods were compared for one target variable: inflation, by using fifty monthly data series from 2000 to 2019. The used data are from the open database of the National Bank of Slovakia website. Our work had not been focused only on the traditional machine learning methods such neural networks (the most popular nowadays), but also on the other representative machine learning methods such as the regularized least squares methods (which include LASSO and RIDGE) as well as the ensemble learning based on regression trees (which includes bagging, random forests, and boosting).

The aim of our work is to model the inflation using the advanced machine learning methods based on big data for Slovakia. Another goal of the paper is to assess the explainability of individual models. The addition of this work is conducted comprehensive comparison of the machine learning methods using Slovak macroeconomic data.

For the data pre-processing, the Python libraries pandas and numpy were used. The used data were converted to float numbers and the null values were handled. Five time series were removed due to the high coloration. Data used in machine learning models were normalized by the module MinMaxScaler.

3 Regression by Machine Learning

In this section, regression and various methods are shortly introduced which deal with the prediction problem.

Regression estimates the relationships between a dependent variable and one or more independent variables [17]. It is used to predict a numerical value [23]. Each observation, record, consists of two or more features.

Regression was proven to be useful when forecasting a response using a new values of predictors (independent variables) [3, 22].

Generally, the predictors are marked as an input vector x of independent attributes and the target variable is marked as y . The linear relationship between y and x is [28]

$$y_j = a_0 + \sum_{i=1}^r a_i x_i + \varepsilon, j = 1, \dots, n \quad (1)$$

where index i stands for i th variable, index r stands for the number of predictors, a_0, a_1, \dots, a_r are the regression coefficients, and ε is the random error or an unknown noise source.

One of the most common metrics used for accuracy is the mean absolute error expressed as [17]

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n |\bar{y}_j - y_j| \quad (2)$$

where \bar{y}_j is the expected value and y_j is the calculated value, j denotes variable, n stands for the number of data points.

In the experiments, the relationship between the dependent feature inflation and forty five independent features ($r = 45$ in (1)) were estimated which are part of the following groups: output and income, labor market, housing, consumption, orders and inventories, money and credit, interest and exchange rates, employment and stock market. The total number of records was 241 ($n = 241$ in (2)).

Data set was split for training (70%) and testing (30%) to create a regression model and fit it with the existing data. The training and testing variables of both x and y are standardized using `StandardScaler()` object imported from the class `sklearn` as a preprocessing step. For learning the linear regression and random forest model the `sklearn` python library was used as for the neural network model the library `tensorflow` was used. After these preparations, the model was ready for predictions.

With respect to the training models, two major problems (overfitting and underfitting) can occur. Overfitting happens when the model performs well on the train data set, but not well on the test or new data [1]. Contrary, underfitting happens when the model neither performs well on the train nor on the test data. To avoid these problems, the different regularization techniques were implemented.

LASSO regression, least absolute shrinkage and selection operator, is a regularization technique used in the feature selection and shrinkage technique. RIDGE regression is also used as a regularization technique which puts a similar constraint on the coefficients by introducing a penalty factor. In many cases the regularization can improve the results and avoid some problems [21], however, in our case the calculated weights of the factors are low and the restrictions connected with the implementation of LASSO or RIDGE regression is causing that the results of the model are worse.

Decision trees are used for classification and for regression tasks. They visually flow like trees, starting with the root of the tree and follow splits based on variables values until a least node is reached and the result is given [7]. The random forest with only one tree most likely incline to the overfitting. It is the same as a single decision tree. When the trees are added to the random forest then the tendency to overfitting should decrease (thanks to bagging and

random feature selection) [12]. Bootstrapping is an example of an applied ensemble model, which is the process of using multiple models, trained over the same data. In this work, the sklearn module for training our random forest regression model was used, specifically the RandomForestRegressor function. The maximum possible depth of each tree in our work was set to 12. The bootstrap parameter was set to True. Loss function determined the outcome of the model was selected as a mean squared error (MSE). One of the drawbacks using random forest on a large data set is the potentially long training time.

The purpose of using artificial neural networks for regression over linear regression is that the linear regression can only learn the linear relationship between the input features and the target variable, and therefore cannot learn the complex non-linear relationship [19]. Artificial **neural networks** have the ability to learn the complex relationship between the input features and the target variable due to the presence of activation function in each layer. Artificial neural networks are one of the deep learning algorithms that simulate the workings of neurons in the human brain [17]. The artificial neural networks consists of the input layer, hidden layers, and output layer. The hidden layer can consist of a more complex structure of neurons. Each layer consists of a particular number of neurons. Each layer has an activation function associated with each of the neurons. Regularizers are responsible for preventing overfitting.

The entire code for the experiment was executed in Google Colab. To make a deep neural network there need to be defined a sequential model with added a dense layer. Creation steps for neural network model:

1. Creating model usinf the TensorFlow library. The activation function for the hidden layers was defined as relu, as a kernel initializer was used random uniform.
2. Compiling the model. For the loss function mean square error was used. The output layer consists of one node.
3. Splitting the dataset into training data (70%) and testing data (30%) using sklearn train_test_split method.
4. Training the model with initial epochs 1000 and batch size 10.
5. Predicting the inflation with the trained model.
6. Plot the outputs.

4 Results

This section focuses on the comparison of the accuracy of the evaluated models. The comparison of the mean absolute error (MAE) is in Table 1.

Tab. 1: The comparison of accuracy of the models by the mean absolute error

Model	MAE (on train)	MAE (on test)
LR	0.02375	0.04097
LR LASSO	0.20262	0.18799
LR RIDGE	0.20262	0.18799
RF	0.00688	0.01926
NN	0.001062	0.00191

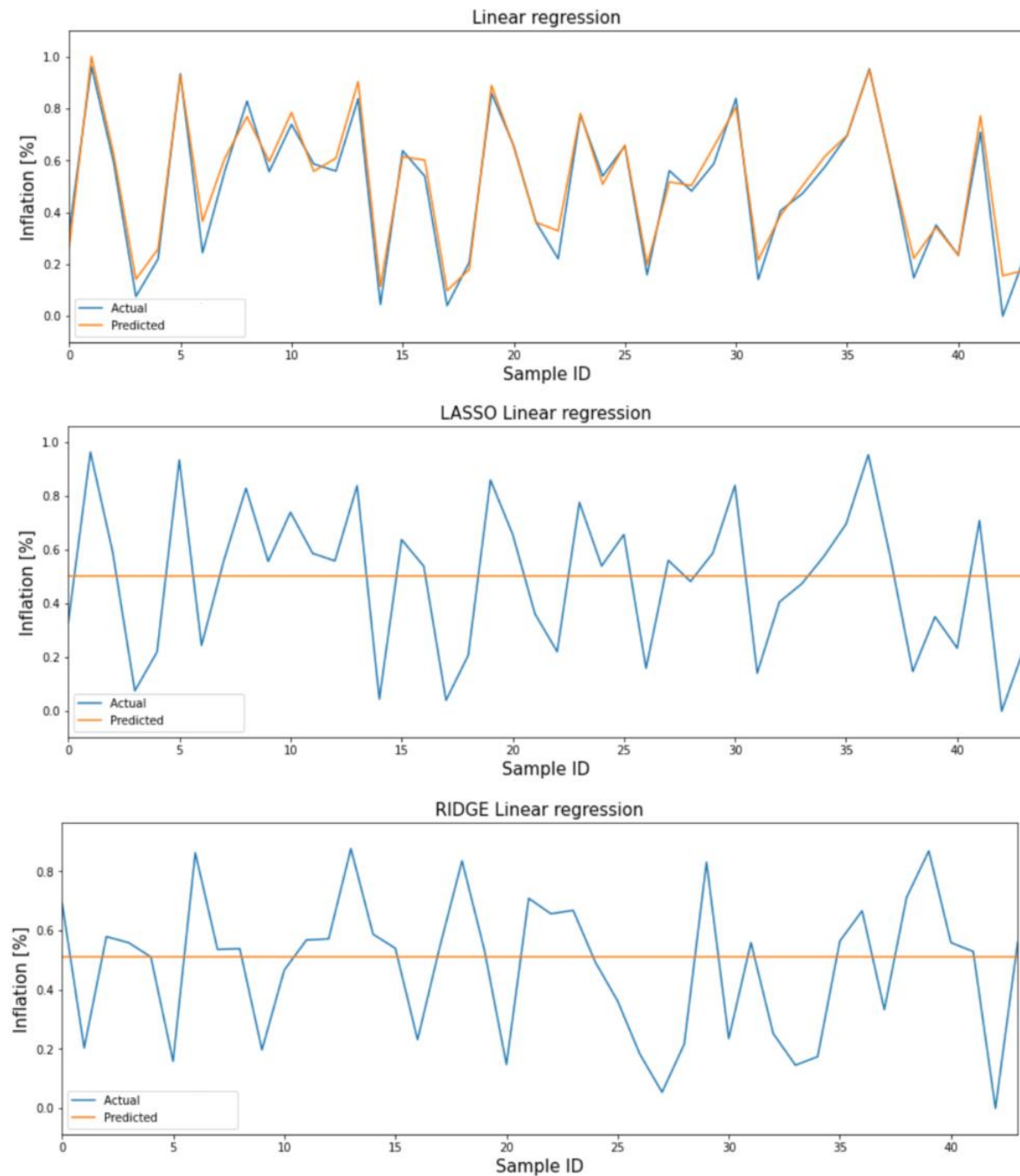
Source: Own processing

The model was validated by the testing data subset. In the figure 1 and figure 2 there is the comparison of predicted and actual values of inflation applying different methods. The predicted and actual inflation share the same pattern, where the main differences is in peaks. On the other hand, model is flexible and is not overfitted.

The accuracy of the regulations techniques (LASSO and RIDGE regression) compared to the traditional linear regression is worse as well as when compared to the other used models.

As the results for these two methods are almost the same, as can be seen in the Table 1, also the comparison between two different samples on training and testing for LASSO model and RIDGE model were used. As the figure 1 is showing, the blue curve representing the actual values and orange the predicted values. Poor results of the LASSO and RIDGE models can be easily seen graphically. The reason that the final values are in linear curve, as also explained in previous section, is because the regulation model extract the coefficients which weights are close to zero. It causes that almost none of the features influence the target value. The predicted inflation acquires the value of intercept. The example of the most relevant computed coefficients can be found in the table 2.

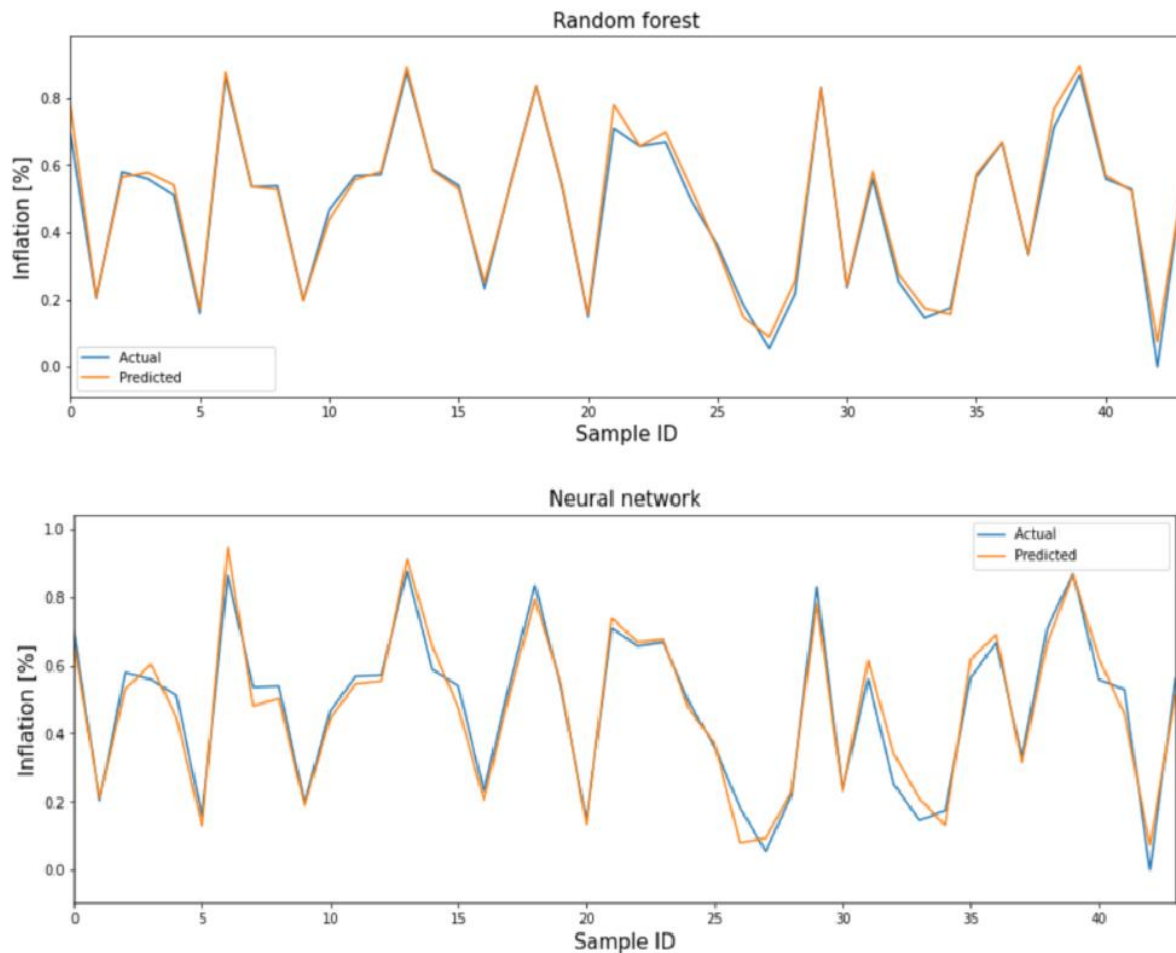
Fig. 1: Predicted and actual inflation by linear methods.



Source: Own processing

The accuracy of random forest is better than the linear regression, but on the other hand, it is less interpretable, because of the lack of coefficients. The learnt parameters from the linear regression model are intercept, which represents a_0 and coefficients, which represents a_1, \dots, a_r (1). Data driven approach quantify and predict the impact of positive and negative factors. Random forest also tent to be overfitted and as is seen in table 1, the prediction of train values is better than on the test data which can be dangerous in real cases.

Fig. 2: Predicted and actual inflation by random forest and neural network.



Source: Own processing

The best prediction is provided by neural networks. The drawback is that the solution is "back box" and it is hard to find and explain the pattern how the predicted value was calculated. The neural networks give us good results, but the solution is not explainable [2]. This is reason, why the prediction should be done with more methods and the final value should be analyzed and finally represented as an aggregated value of more results. To better explain the solution, other techniques can be used like linguistic summaries and fuzzy functional dependencies [27].

The results could be further improved by adding more time series and including data from another databases. Another possibility how to improve the trustworthiness is to include human-in-the-loop [13]. The expert can validate the used data and explain the relationships and the results.

Tab. 2: Example of computed coefficients (1)

Predictors	Coefficients
Loans and deposits	-0.28
Employment industry	-2.83
Employment industrial production	2.82
Mining	-0.11
Food production. beverages and tobacco products	-0.12
Textile production. Clothes. Leather and leather products	0.11
Production of wood and paper products. press	-0.11
Production of chemicals and chemical products	-0.50
Production of computer. electronic and optical products	0.18
Energy-related production	0.58
Construction production in the country	0.76
New construction. reconstruction and modernization	2.02
Repairs and maintenance	-2.57
Sale and repair of motor vehicles	-0.62
Accommodation	-0.15
Activities of restaurants and catering establishments	0.46

Source: Own processing

5 Discussion and Future Work

The main aim of this work was to compare the results from different machine learning approaches where focus was on the target value: inflation. The solutions from different machine learning models give us different results, how will the inflation rate change in the defined conditions. Methods with the smallest minimum absolute error are so-called black boxes, so the results are hardly explainable. In the future work, using fuzzy logic techniques could be considered, which have been shown as a promising approach for the explainable AI (XAI) [17]. Precisely, fuzzy functional dependencies [27] might be able to verify regression result and explain intensities linguistically, whereas linguistic summaries [6] can reveal intensities of dependencies among the subdomains of the considered features.

As the machine learning models are flexible, there can be easily added new data to the existing solutions and observe the changes of the result. The examined models can also be expanded to another countries or to another macroeconomic target variables. Created models are easily adaptable, thus it offer us a great possibility to explore another areas.

There is also a possibility to improve the performance of the examined models. For example, the other types of neural networks could be used, fine-tune the hyper parameters of the models or consider other methods. However, these models have been generally considered as “black boxes” due to their hidden structure. The main challenge is the lack of interpretability and explainability of the mechanism underlying the algorithms [11]. To add trustworthiness to results the comparison with traditional macroeconomic and statistical techniques is another possibility for the future work.

6 Conclusion

In this work, several machine learning approaches for predicting the target macroeconomic variable: inflation were examined. These methods are proven to be useful in

many fields, so they were applied on the real macroeconomic data from the Nation Bank of Slovakia. For the purposes of this work, three machine learning methods for regression were used to predict numerical value: inflation. Namely, linear regression, random forest and neural network were applied. Also adjusted models were applied to achieve better results and for this purpose different regularization techniques were used.

The best results were achieved by neural network model, poorer results were obtained from liner regression, whereas the worst results were from regularized techniques: LASSO and RIDGE regression. Even the results were the best from neural networks, the explanation is missing, so the results are hardly interpretable for the end users. On the other hand, linear regression is considered as an interpretable model. When the results are similar, the results from the deep learning can be used as support to explain the model thank to the learned coefficients by the linear regression.

As a results of our work were created models which could be expanded and further examined with additional data. To further confirm the results, other techniques can be applied. Each model was verified by the successive splits of the data set, conceiving a diverse collections of training, validation, and test samples with which models were adjusted. Hence, each model has been trained on the different samples, covering distinct periods of time, and also tested on the multiple settings. The models were not adjusted exclusively in a particular time window, or they did not depend on the business cycles or other exogenous variables.

The explainability and interpretability are important features for the systems, whenever the output should be trustworthy. Linear regression provides us with a quite good explanation which gives the results more confidence. To further examine the results and explain them, the human-in-the-loop would be helpful, or another techniques like linguistic summaries and fuzzy functional dependencies could be used.

Acknowledgments

This work is partially supported by the project KEGA No. 025EU-4/2021 entitled by the Ministry of Education, Science, Research and Sport of the Slovak Republic, and “Project of young teachers, researches and doctorate students” No. I-22-110-00 by the University of Economics in Bratislava.

References

1. Bashir, D., Montañez, G. D., Sehra, S., Segura, P. S., Lauw, J. (2020, November). An information-theoretic perspective on overfitting and underfitting. In *Australasian Joint Conference on Artificial Intelligence* (pp. 347-358). Springer, Cham.
2. Bataineh, M., Marler, T. (2017). Neural network for regression problems with reduced training sets. *Neural networks*, 95, 1-9.
3. Bhuriya, D., Kaushal, G., Sharma, A., Singh, U.: Stock market predication using a linear regression. In 2017 International conference of electronics, communication and aerospace technology (ICECA), Vol2., pp. 510–513. IEEE, Coimbatore (2017)
4. Blazquez D., Domenech J.: Big Data sources and methods for social and economic analyses. *Technological Forecasting and Social Change* 130,99-113 (2018)
5. Bok, B., Caratelli, D., Giannone, D., Sbordone, A. M., Tambalotti, A. (2018). Macroeconomic nowcasting and forecasting with big data. *Annual Review of Economics*, 10, 615-643.
6. Boran, F.E., Akay, D., Yager, R.R.: An overview of methods for linguistic summarization with fuzzy sets. *Expert Systems with Applications* 61, 356–377 (2016)
7. Bramer, M. (2020) *Principles of data mining*. Springer-Verlag, London.

8. Friedman, J., Hastie, T., Tibshirani, R. (2001). The elements of statistical learning (Vol. 1, No. 10). New York: Springer series in statistics
9. Garboden, F.(2019) Sources and Types of Big Data for Macroeconomic Forecasting by Philip ME Garboden in UHERO. Working Paper No. 2019-3 July 8, 2019
10. Giannone, D., Reichlin, L., Small, D. H. (2006). Nowcasting GDP and inflation: the real-time informational content of macroeconomic data releases.
11. Goebel, R., Chander, A., Holzinger, K., Lecue, F., Akata, Z., Stumpf, S., Kieseberg, P., Holzinger, A. (2018). Explainable AI: The New 42? In Machine Learning and Knowledge Extraction, Springer Lecture Notes in Computer Science LNCS 11015, Holzinger, A., Kieseberg, P., Tjoa A., Weippl, E. (eds.), pp. 295-303. Springer, Cham
12. Grushka-Cockayne, Y., Jose, V. R. R., Lichtendahl Jr, K. C. (2017). Ensembles of overfit and overconfident forecasts. *Management Science*, 63(4), 1110-1130.
13. Holzinger, A., Plass, M., Holzinger, k., Crisan, G.C., Pintea, C.M., Palade, V. (2017). A glass-box interactive machine learning approach for solving np-hard problems with the human-in-the-loop, arXiv:1708.01104.
14. James, G., Witten, D., Hastie, T., Tibshirani, R. (2013). An introduction to statistical learning (Vol. 112, p. 18). New York: springer.
15. Kacprzyk, J., Zadrozny, S.: Linguistic Database Summaries and Their Protoforms: Towards Natural Language Based Knowledge Discovery Tools. *Information Sciences* 173, 281–304 (2005)
16. Kacprzyk, J., Wilbik, A., Zadrozny, S. (2008). Linguistic summarization of time series using a fuzzy quantifier driven aggregation. *Fuzzy Sets and Systems*, 159(12), 1485-1499.
17. Keller, J., Deroung, L., Fogel, D.: Fundamentals of computational intelligence. IEEE Press Wiley, Hoboken (2016)
18. Maehashi, K., Shintani, M. (2020). Macroeconomic forecasting using factor models and machine learning: an application to Japan. *Journal of the Japanese and International Economies*, 58, 101104.
19. Marquez, L., Hill, T., Worthley, R., Remus, W. (1991, January). Neural network models as an alternative to regression. In *Proceedings of the Twenty-Fourth Annual Hawaii International Conference on System Sciences* (Vol. 4, pp. 129-135). IEEE.
20. McAdam, P., McNelis, P. (2005). Forecasting inflation with thick models and neural networks. *Economic Modelling*, 22(5), 848-867
21. Ogutu, J. O., Schulz-Streeck, T., Piepho, H. P. (2012, December). Genomic selection using regularized linear regression models: ridge regression, lasso, elastic net and their extensions. In *BMC proceedings* (Vol. 6, No. 2, pp. 1-6). BioMed Central.
22. Parbat, D., Chakraborty, M.: A python based support vector regression model for prediction of COVID19 cases in India. *Chaos, Solitons & Fractals* 138, id. 109942 (2020)
23. Raschka, S.: Python machine learning. Packt publishing ltd. (2015)
24. Richardson, A., van Florenstein Mulder, T., Vehbi, T. (2021). Nowcasting GDP using machine-learning algorithms: A real-time assessment. *International Journal of Forecasting*, 37(2), 941-948
25. Varian, H. R. (2014). Big data: New tricks for econometrics. *Journal of Economic Perspectives*, 28(2), 3-28.
26. Venables, W. N., Ripley, B. D. (2013). Modern applied statistics with S-PLUS. Springer Science & Business Media.
27. Vučetić, M., Brokešová, Z., Hudec, M., Pastoráková, E. (2022). Financial literacy and psychological disaster preparedness: applicability of approach based on fuzzy functional dependencies. *Information Processing & Management*, 59(2), 102848.
28. Young, D.S.: Handbook of Regression Methods. Taylor & Francis, New York (2017)



Princípy tvorby textových zadaní pre dosiahnutie žiadaných grafických výstupov s využitím neurónových sietí a strojového učenia

Principles of creating text prompts to achieve desired graphical outputs using neural networks and machine learning

Peter Procházka

Abstrakt

V súčasnosti sa s veľkou rýchlosťou rozvíjajú nové technológie v oblasti neurónových sietí a strojového učenia za využitia veľkých objemov dát, ktoré umožňujú vytváranie kvalitných obrázkov obyčajným definovaním v textovej forme toho, čo by mal obrázok znázorňovať. Tieto technológie na jednej strane nastolili mnoho etických otázok, na strane druhej však výrazne zľahčujú prácu počítačovým grafikom, návrhárom šiat, marketingovým pracovníkom, jednoducho každému, kto potrebuje rýchlo a účinne generovať nové nápady.

Článok v úvode prináša prehľad týchto technológií, v jadre sa zameriava na pochopenie toho, ako z užívateľského hľadiska správne definovať požiadavky pri využívaní konkrétnej služby a v závere opisuje niektoré negatíva tejto novej oblasti informatiky.

Kľúčové slová

Obrázok z textu, midjourney, stabilná difúzia

Abstract

Nowadays, new technologies in the field of neural networks and machine learning using big data are developing at a great speed, allowing the creation of high-quality images by simply defining in text form what the image should represent. On the one hand, these technologies have raised many ethical questions, but on the other hand, they have made the work of computer graphic designers, dress designers, marketers, just anyone who needs to generate new ideas quickly and efficiently, much easier.

The article starts with an overview of these technologies, focuses at the core on understanding how to properly define requirements from a user perspective when using a particular service, and concludes by describing some of the negatives of this new area of computer science.

Key words

Text to image, midjourney, stable diffusion

JEL classification

O31, O34

1 Úvod

V poslednom období, multimediálny svet zažíva obrovský prerod. Veci, ktoré boli doteraz doménou počítačových grafikov, video animátorov, umelcov, sa teraz vďaka technológii strojového učenia a prvkom umelej inteligencie stávajú dostupnými širokej verejnosti. Jedná sa o technológie Text to Image, Image to Image, Paint to Image, Text to Video, atď. V tomto príspevku sa zameriame na prvý z nich, teda na Text to Image.

Prvý moderný model prevodu textu na obraz, alignDRAW, predstavili v roku 2015 výskumníci z Torontskej univerzity. Hoci začiatky tejto technológie s využitím strojového učenia môžeme datovať približne od roku 2010. AlignDRAW rozšíril predtým zavedenú architektúru DRAW tak, aby bola podmienená textovými sekvenciami (Mansimov, 2015).

Obrázky generované modelom alignDRAW boli rozmazané a neboli fotorealistické, ale model sa dokázal zovšeobecniť na objekty, ktoré neboli zastúpené v trénoch, a vhodne si poradil s novými výzvami.

V roku 2016 Reed, Akata, Yan a kol. ako prví s modelmi natrénovanými na úzkych, doménovo špecifických dátových súboroch dokázali generovať "vizuálne vierohodné" obrázky vtákov a kvetov z textových nadpisov typu "úplne čierny vták s výrazným hrubým, zaobleným zobákom". Model vycvičený na rozmanitejšom súbore údajov COCO vytvoril obrázky, ktoré boli "z diaľky... povzbudivé", ale chýbala im súdržnosť v detailoch. (Reed, 2016)

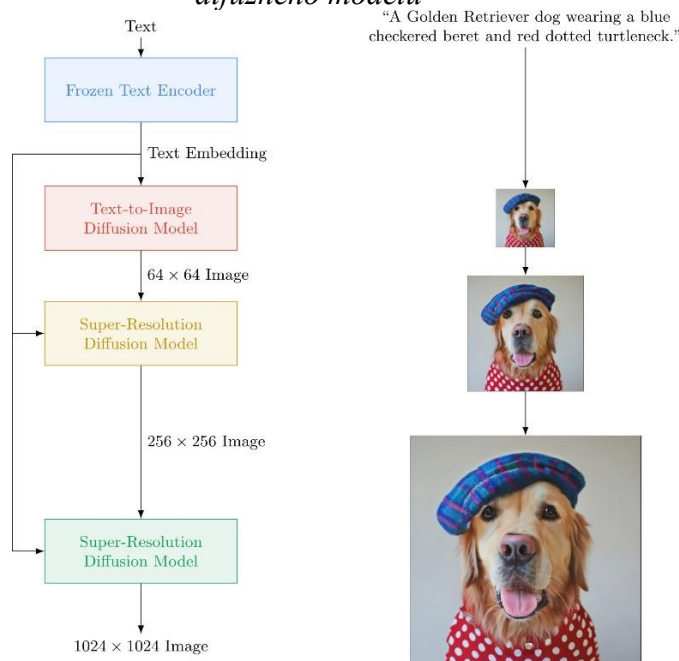
Jedným z prvých modelov premeny textu na obraz, ktorý vzbudil širokú pozornosť verejnosti, bol DALL-E od spoločnosti OpenAI, oznámený v januári 2021 (Coldewey, 2021)

Skutočný boom však prišiel rokom 2022, keď bol v apríli uvoľnený jeho nástupca schopný generovať zložitejšie a realistickejšie obrázky, DALL-E 2, ktorý umožňoval registráciu záujemcov len na pozvanie, sami sme boli na čakacej listine ale nikdy sme sa pozvánky nedočkali, lebo koncom leta bola čakacia listina odstránená a konečne mohol mať prístup ktokoľvek. Zároveň sa objavilo množstvo ďalších spoločností s vlastnými riešeniami. Na takomto projekte pracuje aj spoločnosť Google pod názvom Imagen, ďalej poznáme Midjourney, medzi neskoršie systémy patria XMC-GAN a GauGAN2 a v posledných mesiacoch sa veľmi obľúbenou stáva Stable Diffusion, keďže umožňuje inštaláciu na osobnom počítači užívateľov, pričom využíva potenciál ich počítača a nie je odkázaný len na pridelený čas na cloude. Zároveň tým odpadajú mesačné poplatky, ktoré za využívanie väčšiny ostatných musíme platiť.

2 Modely prevodu textu na obrázok

Modely prevodu textu na obrázok boli vytvorené s použitím rôznych architektúr, pričom v posledných rokoch sa do popredia dostali hlavne difúzne modely. Namiesto priameho tréningu modelu obrazu s vysokým rozlíšením sa využíva technika tréningu modelu na generovanie obrazov s nízkym rozlíšením a na jeho zvýšenie sa použije jeden alebo viac pomocných modelov hlbokého učenia, ktoré vyplnia jemnejšie detaily.

Obr. 1: Spôsob vizualizácie systémom Imagen od spoločnosti Google s použitím difúzneho modelu



Zdroj: <https://imagen.research.google/>

Modely prevodu textu na obrázok sa trénujú na veľkých súboroch dát dvojíc text a obrázok, ktoré sa často získavajú priamo z webu. Spoločnosť Google Brain pri svojom modeli Imagen 2022 zaznamenala pozitívne výsledky z použitia veľkého jazykového modelu natrénovaného samostatne na súboroch obsahujúcich len text a s využitím veľkého zmrazeného kódovača T5-XXL na zakódovanie vstupného textu, čím ukázali, že veľké predtrénované kódovače zmrazeného textu sú veľmi efektívne pre úlohu prevodu textu na obrázok (Saharia, 2022).

Častým spôsobom trénovania modelov Text to Image je využívanie súborov údajov, kde sú obrázky spárované s textovými popismi. Jedným zo súborov údajov, ktorý sa bežne používa na tento účel, je COCO (Common Objects in Context). Súbor COCO vydala spoločnosť Microsoft v roku 2014. COCO je rozsiahly súbor údajov na detekciu, segmentáciu a popisovanie objektov (Team COCO, 2022).

Má niekoľko funkcií:

- Segmentácia objektov
- Rozpoznávanie v kontexte
- Segmentácia superpixelových vecí
- 330 tisíc obrázkov (> 200 tisíc označených)
- 1,5 milióna inštancií objektov
- 80 kategórií objektov
- 91 kategórií vecí
- 5 titulkov na obrázok
- 250 000 ľudí s kľúčovými bodmi

Obr. 2: Prehľad najčastejších modelov využívajúcich alebo nevyužívajúcich COCO

Model	COCO FID ↓
Trained on COCO	
AttnGAN (Xu et al., 2017)	35.49
DM-GAN (Zhu et al., 2019)	32.64
DF-GAN (Tao et al., 2020)	21.42
DM-GAN + CL (Ye et al., 2021)	20.79
XMC-GAN (Zhang et al., 2021)	9.33
LAFITE (Zhou et al., 2021)	8.12
Make-A-Scene (Gafni et al., 2022)	7.55
Not trained on COCO	
DALL-E (Ramesh et al., 2021)	17.89
GLIDE (Nichol et al., 2021)	12.24
DALL-E 2 (Ramesh et al., 2022)	10.39
Imagen (Our Work)	7.27

Imagen attains a new state-of-the-art COCO FID.

Zdroj: <https://imagen.research.google/>

Významným hráčom v tejto oblasti sa tento rok stal aj malý tím nezávislého výskumného laboratória Midjourney, ktorý má len 11 platených zamestnancov, ale ako sami uvádzajú na svojej, inak veľmi strohej, webovej stránke, spolupracujú s ďalšími poradcami. Informácie o nich sa dozvedáme len z ich oficiálnych „tvítov“. Spoločnosť pracuje na zlepšovaní svojich algoritmov a vydáva nové verzie už niekoľko mesiacov. Verzia 2 ich algoritmu bola spustená

v apríli 2022 a verzia 3 v otvorenej beta verzii 12. júla 2022. Keďže nástroj sami intenzívne používame vo svojej každodennej práci v grafickej oblasti, môžeme konštatovať, že do dnešných dní doslova skokovo z mesiaca na mesiac zlepšuje svoju úroveň a dosahuje už veľmi realistické výstupy, ktoré sú závislé hlavne na správnom zadaní tzv. výzvy.

3 Spôsob zadania výzvy pre žiadaný výsledok

Midjourney je v súčasnosti prístupný iba prostredníctvom robota Discord na ich oficiálnom Discord účte. Na generovanie obrázkov musia používatelia zadať príkaz /imagine a následne sa zadáva výzva. Robot potom vygeneruje obrázok.

Vo verzii 3 sme po zadaní výzvy: „elegant blonde gothic female princess with flowing hair filigree details style of Karol Bak and Greg Rutkowski --ar 2:3“ dostali prvý výstup, ktorý vygeneroval 4 obrázky, pričom každý obrázok mal pomer strán 2:3, čo sme definovali parametrom na konci výzvy --ar 2:3, ktorý je odvodený od anglických slov pomer strán (aspect ratio). Zároveň sme do výzvy zadali mená umelcov, ktorých prácu by nám mal výsledný obrázok pripomínať, resp. prienik ich štýlov. Výsledok je zobrazený na obrázku 3.

Obr. 3: Midjourney v3, prvý výstup.



Zdroj: robot Midjourney

Ak sme s niektorým z výsledkov spokojní, môžeme pokračovať v jeho vylepšovaní, tak, že si vytvoríme jeho variácie, alebo môžeme všetko znova vygenerovať. V tomto prípade sme si z obrázka vľavo dole vygenerovali ďalšie variácie, pretože sme chceli výsledok, kde by bolo vidieť otvorené oči.

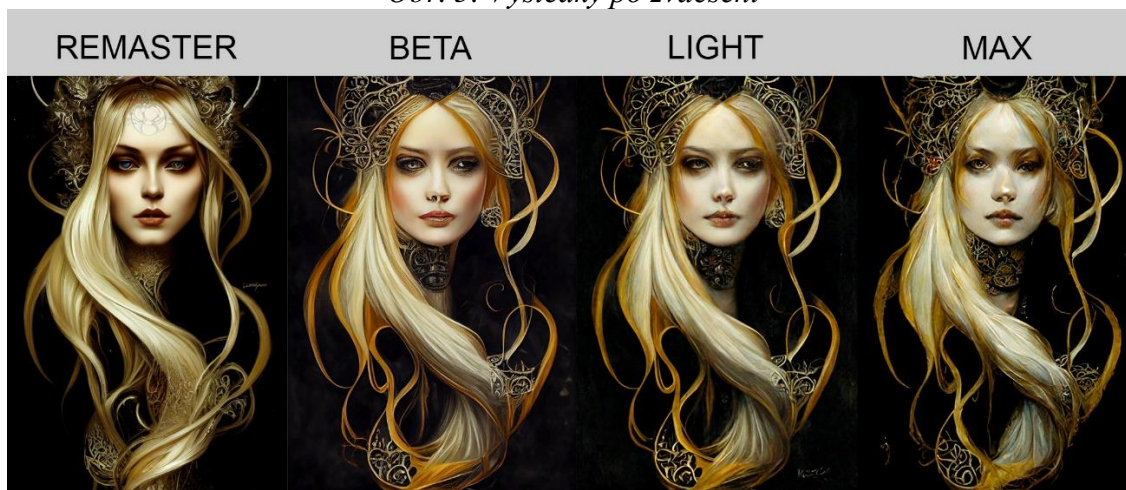
Obr. 4: Variácie



Zdroj: robot Midjourney

Znova sme si zvolili obrázok v ľavom dolnom rohu a zväčšili sme ho 4 dostupnými spôsobmi, ktoré nám Midjourney ponúka. Výsledok znázorňuje obrázok 5.

Obr. 5: Výsledky po zväčšení



Zdroj: vlastné spracovanie

Ako sme zistili, remaster sa vo verzii 3 hodí najviac na zobrazenie ľudí, je najrealistickejší. Beta, light a max zasa predstavujú dobré vstupy pre grafikov, ktorý svoje výstupy ďalej upravujú napríklad programom Photoshope, pričom beta obsahuje najmenej detailov a max najviac, zároveň množstvom detailov, hlavne pri spracovaní ľudí dochádza

k chybám v zobrazení. Z uvedeného dôvodu je dobré pri výslednom spracovaní obrázku vo Photoshope použiť niektoré časti z jedného a niektoré zasa z iného druhu zväčšenia, pre dosiahnutie najlepšieho výsledku.

Jedným z posledných vylepšení Midjourney je režim fotorealistických obrázkov, ktorý sa zameriava hlavne na generovanie realistických zobrazení ľudí. Od verzie 3 sa líši aj tým, že aj v prvom kroku generuje pre klasický fotografický pomer strán 2:3 len jeden obrázok. Pri použití tohto nastavenia sme dostali nasledujúci výsledok.

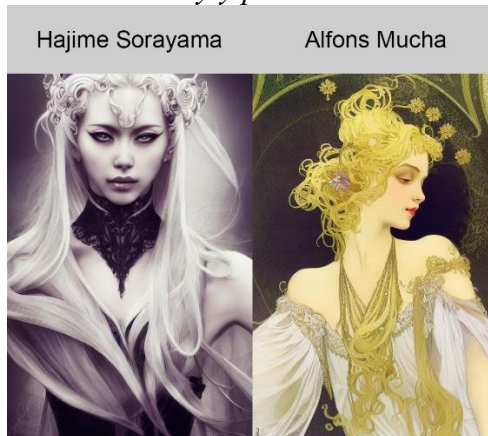
Obr. 6: Fotorealistický režim



Zdroj: robot Midjourney

Ďalej sme testovali už len tento režim práce a zmenili sme umelcov, ktorých by mal výsledok pripomínať. Urobili sme pre porovnanie dve nové výzvy, ktoré sa líšili len umelcami. Prvá mala tvar „elegant blonde gothic female princess with flowing hair filigree details style of Hajime Sorayama --ar 2:3“ a druhá „elegant blonde gothic female princess with flowing hair filigree details style of Alfons Mucha --ar 2:3“ Ako vidieť na obrázku 7, vygenerovali sa skutočne obrázky, ktoré pripomínajú rukopis umelcov uvedených vo výzvach na generovanie.

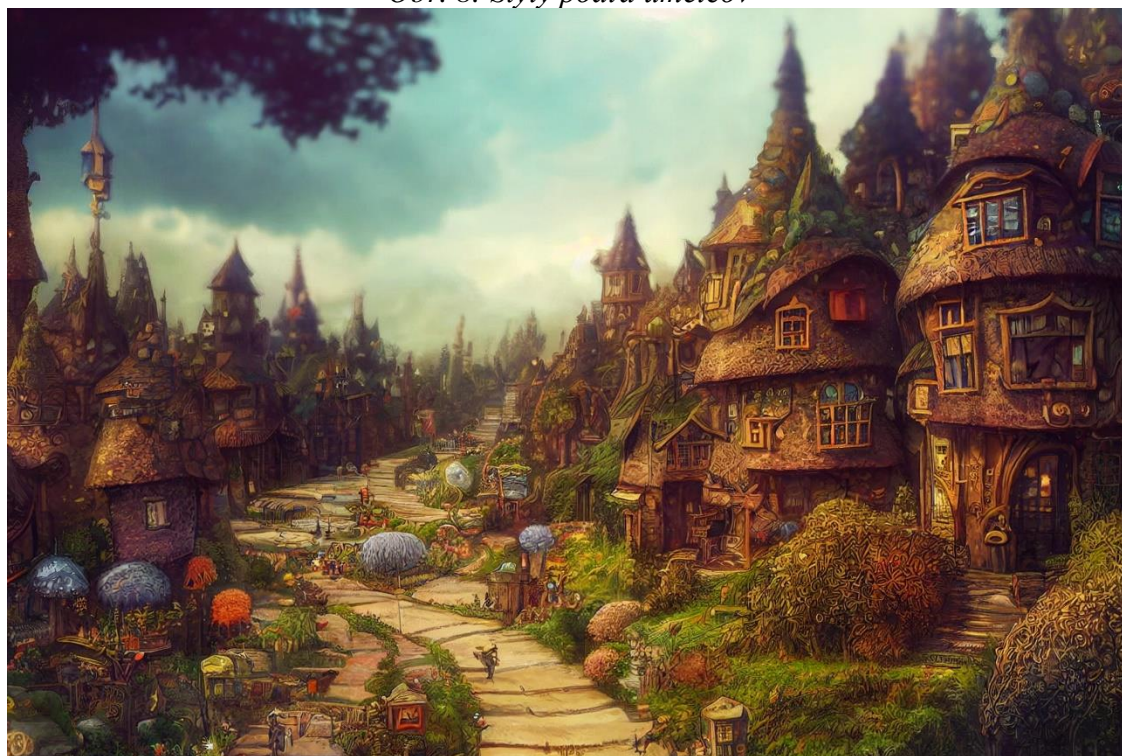
Obr. 7: Štýly podľa umelcov



Zdroj: robot Midjourney

Zadanie štýlu umelcov je jeden zo spôsobov, ako sa dajú požadované výstupy čo najviac ovplyvniť. Testovali sme aj ďalšie parametre ako sú rôzne témy, štýly dizajnu, výtvarné techniky, farby, materiály, na ktorých má byť obrázok zobrazený, fotografické nastavenia, ako sú napríklad hĺbky ostrosti, alebo ohnisková vzdialenosť, svetlá použité v scéne, kompozícia, spôsob renderovania, hĺbka realistického zobrazenia, atď. Nie je však možné všetky tieto spôsoby ukázať v rozsahu tohto príspevku. Preto si uvedieme aspoň jednu krajinku, ktorá bude obsahovať viac takýchto nastavení pre lepšie pochopenie. Výzva mala tvar „Beautiful Fantasy Gnome Steampunk Village, Hyperdetailed, colourful, Storybook illustration, Cylindrical Houses, Cascading, Lovely, Picturesque, Studio Ghibli, Jordan Grimmer, Fantasy forest, Path, Grass, Warm, Cozy, Beautiful cinematic morning light, Charming, Cute, Intricate Detail, Unreal engine 5 --ar 16:9“ a je zobrazená na obrázku 8.

Obr. 8: Štýly podľa umelcov



Zdroj: robot Midjourney

4 Záver

Mediálny priemysel rýchlo prijal nástroje AI pre generovanie obrázkov z textu, akými sú Midjourney, DALL-E, Stable Diffusion, atď. Tieto nástroje umožňujú vytvárať originálny obsah, preberať a generovať nové nápady, poskytujú nové príležitosti v oblasti dizajnu, reklamy, proste všade tam, kde sú potrebné grafické výstupy a zároveň výrazne urýchlili a zefektívniť prácu ľudí z týchto oblastí. Midjourney použil napríklad britský časopis The Economist na vytvorenie prednej obálky vydania v júni 2022. Popredné talianske noviny Corriere della Sera publikovali v auguste 2022 komiks vytvorený spolu s Midjourney spisovateľom Vanni Santonim. Zároveň však tieto nástroje kritizujú ľudia, ktorí majú pocit, že berie prácu umelcom.

Vo všeobecnosti existuje niekoľko etických výziev, ktorým čelí výskum v tejto oblasti. Keďže údaje sú získavané najčastejšie z webu môžu výsledné obrázky obsahovať širokú škálu nevhodného obsahu vrátane pornografických snímok, rasistických symbolov, škodlivých spoločenských stereotypov a podobne. Na internete sa objavujú obrázky skresľujúce realitu

a slúžiace vyslovene na propagandu, pričom ich spracovanie je tak kvalitné, že mnoho ľudí si myslí, že ide o realitu. Predbežné hodnotenie tiež naznačuje, že tieto nástroje kódujú niekoľko spoločenských predsudkov a stereotypov, vrátane celkovej zaujatosti smerom k vytváraniu obrázkov ľudí so svetleším odtieňom pleti a tendencie, aby sa obrázky zobrazujúce rôzne profesie zhodovali so západnými rodovými stereotypmi. S nepríliš pozitívnymi názormi sme sa stretli aj medzi umelcami, ktorí sa cítia byť týmito nástrojmi ohrození. Keďže tréningová súprava Midjourney obsahuje diela umelcov chránených autorskými právami, niektorí umelci obvinili Midjourney zo znehodnocovania pôvodnej tvorivej práce.

Napriek všetkým hrozbám, ktoré táto technológia so sebou priniesla, môžeme v závere konštatovať, že výrazne zvýšila produktivitu práce v oblastiach, kde sú požadované kvalitné grafické výstupy a veľmi rýchlo vytvorila novú oblasť grafikov a umelcov, ktorí svoje diela vytvárajú pomocou umelej inteligencie.

Literatúra

1. Coldewey, D. (2021, January 5). OpenAI's dall-e creates plausible images of literally anything you ask it to. TechCrunch. Retrieved November 4, 2022, from https://techcrunch.com/2021/01/05/openais-dall-e-creates-plausible-images-of-literally-anything-you-ask-it-to/?guccounter=1&guce_referrer=aHR0cHM6Ly9lbi53aWtpcGVkaWEub3JnLw&guce_referrer_sig=AQAAAB0L2iZhLTqAT0vwHw4YV4Hqd8whj-gDjiUrYQWSz_2iTC8p9Tz9EMGVLoU_n3Z4N3kRpBZ2cd6QANHTMExFPTxI2B4IQJnK0AU8v8lpqyM4MXjQRGERiVmZvDaYT56Ev1OYLVkcVHOFvKITLqxx_8mnV9DSNL13DOKyM3KgPRHE
2. Bartošovič, I. (2016). Some aspects of health status of the Gypsy population in Slovakia. *Bratislava Medical Journal - Bratislavské lekárske listy*, 117(1), 26-30. doi:10.4149/BLL__2016_006.
3. Mansimov, E., Parisotto, E., Ba, J. L., & Salakhutdinov, R. (2016, February 29). Generating images from captions with attention. arXiv.org. Retrieved November 4, 2022, from <https://arxiv.org/abs/1511.02793>.
4. Reed, S., Akata, Z., Logeswaran, L., Schiele, B., Lee, H. (June 2016). "Generative Adversarial Text to Image Synthesis" (PDF). International Conference on Machine Learning. <http://proceedings.mlr.press/v48/reed16.pdf>.
5. Saharia, C., & coll. (n.d.). Imagen. Retrieved November 4, 2022, from <https://imagen.research.google/>.
6. Team COCO. (n.d.). Common objects in context. COCO. Retrieved November 4, 2022, from <https://cocodataset.org/#home>.

Výhody využívania LMS systémov

The benefits of using LMS systems

Eva Rakovská¹

Abstrakt

Posledné dva roky poznačené pandémiou, nedostatok učiteľov a iné faktory spôsobujú problémy vo vzdelávaní. Napriek masívnemu využívaniu online učenia v poslednej dobe sa ukazuje, že výhody LMS systémov vo vzdelávaní nie sú naplno využívané a sú vnímané iba ako podporný nástroj vzdelávania. Tvorba kvalitných učebných materiálov a kurzov, ktoré by zodpovedali individuálnym potrebám študentov v zložitých časoch nie je jednorazovou záležitosťou, ale postupným vývojom plne automatizovaného kurzu s využívaním nových vlastností LMS alebo pomocou viacerých pluginov zakomponovaných priamo do kurzov. Príspevok sa venuje udržateľnosti vývoja elektronických kurzov, mapuje výhody využívania štandardov a nástrojov LMS Moodle pri tvorbe plne automatizovaného elektronického kurzu a poskytuje návod ako sledovať kvalitu výučby prostredníctvom modulu Analytík.

Kľúčové slová

vzdelávanie, LMS, e-learning, metodika vývoja e-learningu, udržateľnosť vzdelávania

Abstract

The last two years marked by pandemics, teacher shortages and other factors are causing problems in education. Despite the massive use of online learning in recent times, it appears that the benefits of LMS Systems in education are not being fully exploited and are only seen as a support tool for education. The creation of high-quality teaching materials and courses that would meet the individual needs of students in difficult times is not a one-time matter, but the gradual development of a fully automated course with the use of new LMS features or with the help of several plugins incorporated directly into the courses. The contribution is devoted to the sustainability of the development of electronic courses, maps the advantages of using LMS Moodle standards and tools in the creation of a fully automated electronic course, and provides guidance on how to monitor the quality of teaching through the Analytics module.

Key words

education, LMS, e-learning, e-learning development methodology, sustainability of education

JEL classification

JEL Code1, JEL Code2: I23, O32

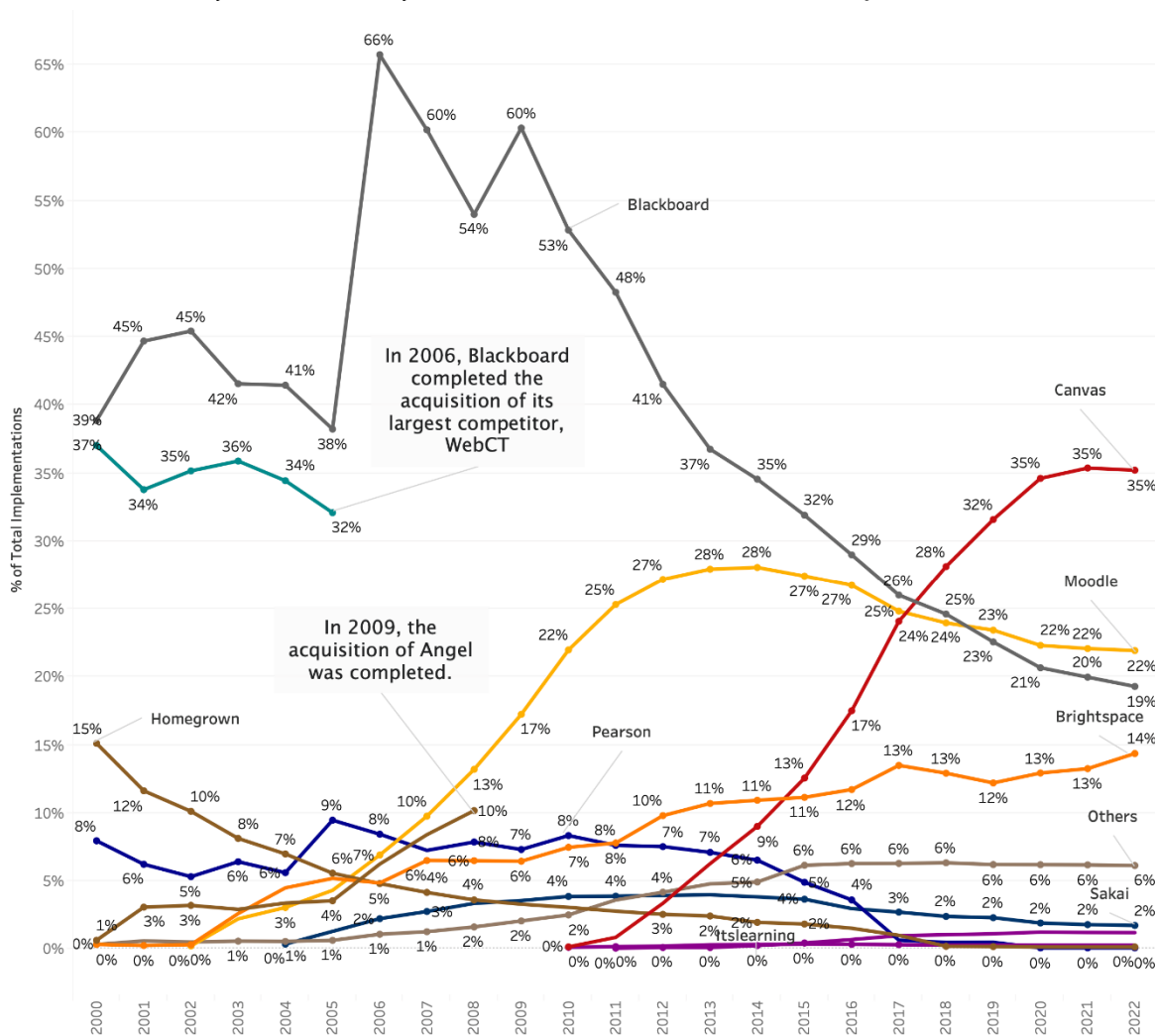
1 Úvod

Systémy na riadenie obsahu vzdelávania tzv. Learning management system (LMS) sú dobre známe najmä posledných dvadsať rokov. Avšak prvé pokusy o systémy na učenie boli už v roku 1924, kedy Sidney Pressey navrhol tzv. „Teaching machine“ na princípe písacieho stroja, kde jedno okienko ukazovalo na otázku a druhé na správnu odpoveď. Neskôr v roku 1956 bol navrhnutý adaptívny vyučovací systém, ktorý navrhoval otázky pre študenta podľa

¹ Eva Rakovská, RNDr., PhD., Ekonomická Univerzita v Bratislave, Fakulta hospodárskej informatiky, Katedra aplikovanej informatiky, Dolnozemska cesta 1/b, Bratislava, eva.rakovska@euba.sk.

úrovne jeho výkonu a nazýval sa SAKI (autorom bol Gordon Park and Robin McKinnon-Wood). V neskorších rokoch sa vývoj systémov riadenia výučby realizoval hlavne na amerických univerzitách s dôrazom na možnosti adaptívnosti, sledovania pokroku vzdelávania študenta a možnosti vývoja online kurzov. V roku 1970 do hry vstupuje Hewlett Packard s desktop počítačmi a s rozvojom TCP/IP protokolu sa postupne menil aj prístup k elektronickému a online vzdelávaniu. V roku 80-tych rokoch začali prvé online kurzy (USA, Nórsko) (Knowly, 2020). Následne v roku 1990 bol vyvinutý prvý softvér FirstClass od kanadskej firmy SoftArc, ktorý môžeme nazvať skutočným systémom riadenia vzdelávania. FirstClass je dodnes predávaný, ale pod názvom Open Text (SOFTARCH Inc.) a 90-te roky dali základ pre kolaboratívne vzdelávacie systémy (rôzne typy softvérov podporujúcich hlavne diskusie formou „board“ teda tabule). Od roku 2000 sa sféra vývoja systémov riadenia vzdelávania rapídne rozširovala nielen v USA, ale aj v Európe. Obr.1 ukazuje vývoj LMS v Severnej Amerike od roku 2000 a Obr.2 vývoj v Európe z roku 2016, kde zreteľne postupne dominuje LMS Moodle (Justin, 2022).

Obr. 1: Historický trh LMS vo vysokoškolskom vzdelávaní v Severnej Amerike (Feb. 2022)

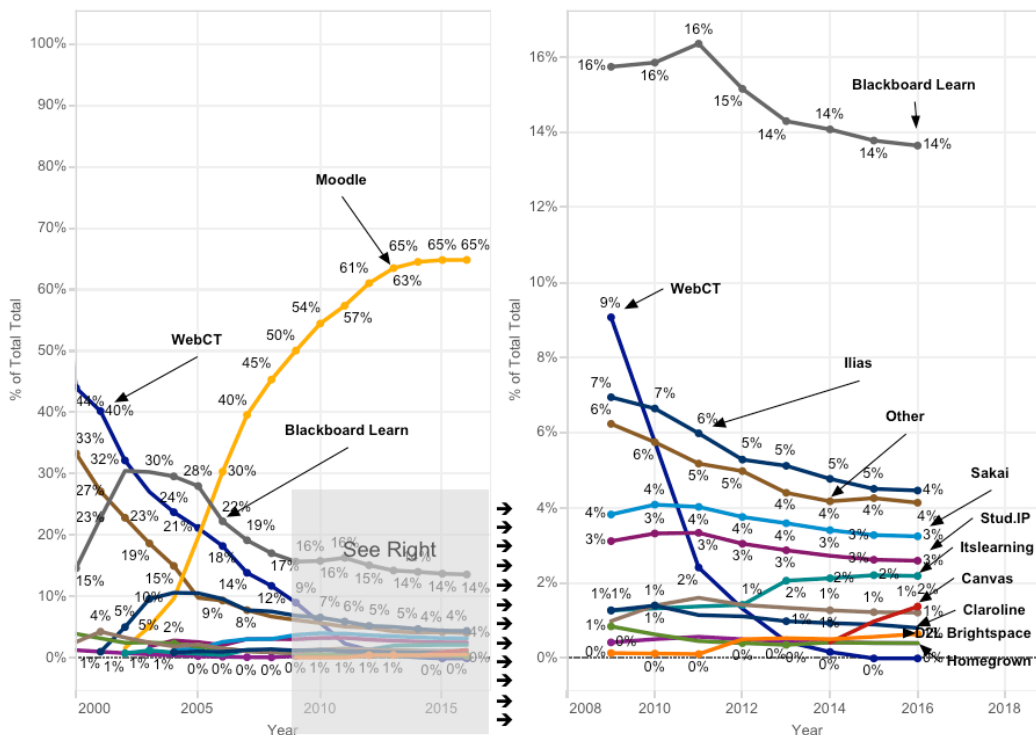


Zdroj: <https://listedtech.com/blog/brief-history-blackboard/>

Obr.2 je rozdelený na dve časti, kde v pravej strane je výrez grafu, ktorý ukazuje vývoj od roku 2008 pod 18%. V Európe sa do prieskumu zapojilo 1600 vysokých škôl a vo vývoji jasne dominuje LMS Moodle do roku 2015. Napriek tomu sa zdá, že trh s LMS systémami sa

ustálil a žiaden z produktov nezaznamenal za posledné roky zmenu. Okolo roku 2005 zaznamenal veľký úspech systém Blackboard ako aj na americkom, tak aj na európskom trhu, ale postupne strácal svoju pozíciu. Zdá sa, že európsky trh postupne sleduje americké trendy oneskorené o niekoľko rokov (príklad LMS Moodle, resp. trend LMS Canvas).

Obr. 2: Historický trh LMS vo vysokoškolskom vzdelávaní v Európe (2016)



Zdroj: <https://listedtech.com/blog/european-lms-market/>

Otázkou dnešných dní, kedy sa zdá, že na vzdelávanie vplyva veľa rôznych faktorov je, ako zabezpečiť prostredníctvom technológií kvalitné a udržateľné vzdelávanie. Faktory, ktoré v poslednej dobe vplyvajú na vzdelávanie sú predovšetkým:

- Pandémia, ktorá znemožnila na dlhú dobu prezenčnú výučbu;
- Vojny a krízy v mnohých krajinách a s tým súvisiaca migrácia aj detí a mládeže;
- Ekonomická kríza, kde nedostatok financií pre školy neumožňuje často zabezpečiť komfort vzdelávania či zaplatiť kvalitných učiteľov;
- Nedostatok učiteľov spôsobený nízkou atraktivnosťou povolania, nízkym finančným ohodnotením a spoločenským uznaním, či častejšími psychickými a zdravotnými poruchami detí a mládeže;.
- Masifikácia vysokoškolského vzdelávania s vysokým nárastom študentov. Predpoklad Calderona (Calderon, 2012) bol v roku 2012 "...že počet študentov zapísaných do vysokoškolského vzdelávania do roku 2030 vzrastie z 99,4 milióna v roku 2000 na 414,2 milióna v roku 2030, čo predstavuje nárast o 314 %.", (následne autor porovnáva rast aj v jednotlivých regiónoch sveta);
- Zmena štýlu vzdelávania sa mladých ľudí, podliehanie trendom a neovereným informáciám, ktoré ponúka priestor internetu,

Je na mieste zaoberať sa otázkou ako pomocou LMS systémov budovať atraktívne, trvalo udržateľné vzdelávanie, ktoré nestráca na kvalite tým, aby bolo postavené iba na memorovaní a ponúkaní vzdelávacích textov, ale napomáhalo k snahe kreatívne pristupovať k vzdelávaniu nielen na strane študujúceho, ale aj na strane učiteľa.

Príspevok ponúka pohľad na význam používania LMS pre vzdelávanie z hľadiska udržateľnosti vzdelávania v krízových situáciách, poskytuje návod ako postupovať pri tvorbe e-learningového kurzu s využitím metodiky e-learningového inžinierstva a zaoberá sa aj potrebou nastavenia politiky elektronického vzdelávania na univerzite.

2 Vnímanie prípravy kurzov elektronického vzdelávania pred pandémiou

Autorky (Kanáliková, Rakovská, 2018) sa vo svojom prieskume zamerali na vnímanie potreby e-learningových kurzov, LMS a na skúsenosti pri ich tvorbe. Napriek tomu, že dotazník bol zasielaný vyše dvesto respondentom, mnohí neodpovedali, ale viacerí napísali iba mailom, že nepoužívajú e-learningové kurzy ani online učenie. Dôvody boli:

- nevyžívam e-learning, môj predmet nie je možné vyučovať e-learningom (matematika, štatistika, programovanie, logika a pod.);
- nepoužívam e-learning, nijako neprispieva k aktualizácii alebo rozšíreniu znalostí týkajúcich sa môjho predmetu;
- som z IT sektora a mám svoj spôsob výučby (programovanie, rôzne projektové vyučovanie a pod.).

Prieskumu sa nakoniec zúčastnilo 55 respondentov zo stredných a vysokých škôl na Slovensku a v ČR. Primárnym cieľom prieskumu bolo zistiť, či učitelia vnímajú rozdiely v tom, aké typy vedomostí učia v predmetoch, čo ich odrádza od používania e-learningových kurzov, čo očakávajú od používania kurzov, čo vedia o vývoji kurzov a čo im môže pomôcť pri tvorbe kurzov, ak sa rozhodnú si ho samostatne pripraviť. Dôvody, prečo už nevyžívajú niektorí učitelia e-learningové kurzy sú, že si myslia, že ich predmet sa nedá vyučovať prostredníctvom e-learningového kurzu alebo, že tvorba materiálov pre kurz trvá príliš dlho. Jedna z otázok prieskumu sa venovala aj zisteniam, kto školil, či pripravoval učiteľov na tvorbu e-learningových kurzov. Prieskum ukázal, že ide predovšetkým o svojpomocné „školenia“ medzi učiteľmi navzájom a len 6 učiteľov vyplnilo, že boli školení certifikovanými školiteľmi. Na otázku, ktorá sa týkala výberu viacerých foriem a technológií, ktoré by boli vhodné pre daný typ predmetu a vyučované vedomosti skoro 47 učiteľov odpovedalo (85%), že súbory typu PDF alebo prezentácie. Nasledovali elektronické skriptá a učebnice a spolu s nimi tlačené verzie učebníc. V týchto odpovediach sa odzrkadlilo vnímanie e-learningu len ako podpora vzdelávania alebo zverejňovanie študijných materiálov. Súvisí to predovšetkým s tým, že učitelia neboli školení profesionálmi a často využívaný LMS Moodle (vid' Obr.2) je robustný otvorený softvér, pri ktorom nie je jednoduché využívanie všetkých modulov a pluginov.

V ďalšom sa prieskum zamerl na zisťovanie aké typy vedomostí učia tí učitelia, ktorí využívajú e-learningové kurzy. Išlo predovšetkým o učiteľov, ktorí učia logické či praktické poznatky. Napriek tomu sa pri tvorbe kurzov ukázalo, že štruktúru kurzov a využívanie rôznych pluginov si učitelia sami nevytvárajú, väčšinou ju majú striktne predpísanú administrátorom a využívanie niektorých nástrojov je zakázané administrátormi. Učitelia sa vyjadrili, že väčšinou na príprave kurzu participujú dvaja alebo viacerí kolegovia, ktorí učia ten istý predmet a venujú sa príprave obsahu a nie tvorbe štruktúry kurzu. Na záver prieskumu autorky zisťovali, či učitelia poznajú nejakú metodiku alebo rámec na tvorbu e-learningových kurzov a 40% učiteľov napísalo, že pozná metodiku a 60%, že nepozná. Pri otázke na konkrétny metodický rámec ADDIE (Rimmer, 2016) len štyria učitelia poznali tento rámec. A koho by učitelia radi zapojili do tvorby kurzov? Experta na obsah predmetu, administrátora kurzu (tútora), ktorý je zapojený do implementácie kurzu, dizajnéra kurzu zodpovedného za stratégiu kurzu, ktorý má znalosť z pedagogiky a aj skúsenosti s prácou s mediálnymi a dizajnovými prvkami a v neposlednej miere aj podporu IT zamestnancov na školách. Posledná otázka sa týkala prieskumu, čo by najviac pomohlo učiteľom pri tvorbe e-learningových kurzov. Odpoveď „Spolupráca s IT profesionálom, ktorému ja poskytnem len podklady a on kurz vytvorí a ja ho

len opraviť“ bola najčastejšia a bola nasledovaná odpoveďami, kde učitelia chceli buď video tutoriál alebo vypracovanie metodiky a poskytnutie textového manuálu s relevantnými obrázkami.

Z celého tohto prieskumu, ktorý bol vykonaný pred pandémiou sa ukázalo, že vytváranie a využívanie e-learningových kurzov, či akýchkoľvek elektronických materiálov sa na Slovensku používalo veľmi živelne a málokteré školy sa venujú systematickému vývoju a podpore e-learningových kurzov. A to z viacerých dôvodov:

- Elektronické formy výučby boli považované len za podporné formy hlavne na zverejňovanie materiálov;
- Sám učiteľ mal nedostatok času, aby bol samoukom a aj vývojárom kurzu, ktorý by bol kreatívny a podporoval by rôzne formy vzdelávania;
- Neexistovala systematická podpora zo strany IT, či metodická podpora a nastavovanie korektných politík pre používanie e-learningových kurzov na univerzitách či stredných školách.

Samozrejme, dôvodov by sa našlo podstatne viac, ale tieto tri dominovali pred pandémiou. Pandemická doba však ukázala dôležitosť toho, aby študijné materiály a celé kurzy boli založené na princípoch samo-vzdelávania sa a automatizácie procesu učenia sa. A zároveň, aby bola dobre pripravená metodika a správna politika poskytovanie e-learningového vzdelávania. Prínosom pandemickej éry je, že sa začali robiť školenia, hlavne zo strany Microsoftu, či sa narýchlo vytvárali manuály a semináre na školách, alebo sa hľadali možnosti ako prepojiť online učenie s viacerými IT nástrojmi.

Avšak nebol čas a priestor venovať sa práve nastavovaniu politík a metodikám tvorby e-learningových kurzov alebo zapojenia profesionálov, teda dizajnérov LMS kurzov, IT zamestnancov, ktorí sú kvalifikovaní práve na tvorbu elektronických kurzov.

3 Udržateľný vývoj e-learningových kurzov, štandardy, nástroje a nastavenie politiky využívania LMS na univerzite

Chaotický prístup k elektronickému vzdelávaniu počas pandémie na Slovensku prinášal veľa názorov, narýchlo pripravované školenia pre učiteľov zo strany ministerstva, snaha nastaviť postupy ako vzdelávať nebola systematická a tak nepriniesla žiadany efekt. Podobne ako na Slovensku bolo aj vo viacerých krajinách vnímané prezenčné vyučovanie v čase pandémie ako bezpečnostná hrozba a bolo zavádzané tzv. núdzové elektronické vzdelávanie (Murphy, 2020). Mnohé štúdie od roku 2020 sú venované rôznym aspektom elektronického vzdelávania počas pandemickej doby, avšak väčšinou riešia dopad na vzdelávanie, či psychiku študentov a nevenujú sa samotnej kvalite či udržateľnosti e-learningu.

Pre e-learning existuje viacero definícií. Jednou z výstižných je charakteristika (Shon, 2002): „...e-learning je nová paradigma vzdelávacieho systému používajúca informačné technológie. Poskytuje kybernetický priestor, kde učitelia a študenti môžu výchovne interagovať kdekoľvek a kedykoľvek chcú“. Podobne (Shon, 2002) píše „E-learningový systém operuje na infraštruktúre (alebo nazývanej ako platforma), ktorá je nazývaná ako jedna z nasledujúcich Learning management system (LMS), Knowledge management system (KMS) alebo Learning content management system (LCMS)“. Akýkoľvek názov dáme tejto infraštruktúre, vždy obsahuje niekoľko vzdelávacích častí ako sú nástroje na tvorbu obsahu, nástroje na kolaboráciu, plány učebných osnov, personalizované aplikácie, nástroje na analýzu výkonov, odhaľovanie nedostatkov vo vzdelávaní, skvalitnenie učenia a pod.

Pre vzdelávacie platformy, či už LMS, KMS alebo LCMS platia štandardy, ktoré majú základ v štandardizačnej subkomisii ISO IEC JTC/ SC36 Information Technology for Learning, Education and Training, ktorej členom je aj Slovensko (ISO). Tieto štandardy sa venujú oblasti informačných technológií pre vzdelávanie, učenie sa a odbornú prípravu na

podporu jednotlivcov, skupín alebo organizácií a na umožnenie interoperability a opätovného využitia zdrojov a nástrojov. Štandardy nie sú zamerané na kultúrne zvyklosti, obsah vzdelávania, vzdelávacie kompetencie, či ciele vzdelávania. Taktiež v niektorých prípadoch sú štandardy subkomisie identické s niektorými ISO normami a štandardami.

Potreba udržateľnosti vzdelávacieho obsahu a jeho prenositeľnosti na rôzne platformy je v súčasnosti viac než žiaduca a preto referenčný model Shareable Content Object Reference Model (SCORM) je praktickou formou ako zabezpečiť všetky potrebné štandardy navrhované americkou iniciatívou ADL (Advanced Distributed Learning Initiative) ako sú podľa (Shon, 2002): prístupnosť, interoperabilita, trvanlivosť, znouvupoužiteľnosť, adaptabilita, cenová dostupnosť.

Avšak ako vybrať LMS tak, aby podporoval SCORM nie je jednoduché. Existujú tri úrovne LMS a to také (Kolinsky, 2022)

- LMS, ktoré sú v súlade so SCORM (conformant);
- LMS, ktoré vyhovujú SCORM (compliant);
- LMS, ktoré sú certifikované pre SCORM (certified).

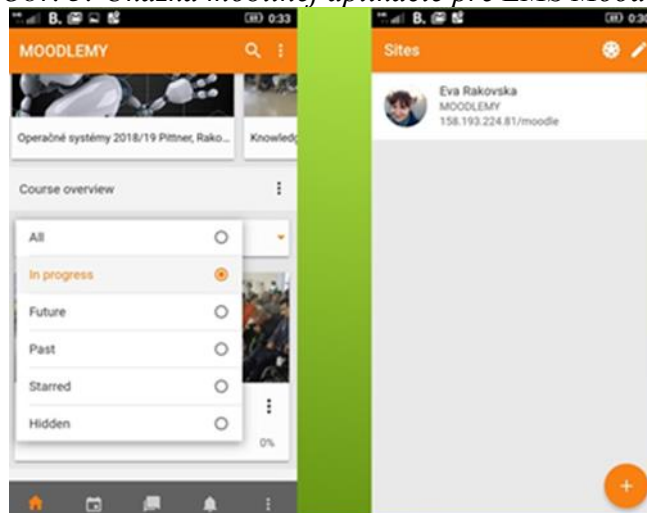
Na prvý pohľad sa bežnému užívateľovi môže zdať, že pre jeho prácu nevidieť žiaden rozdiel v práci s LMS aj pri rozličných úrovniach podpory SCORM. Avšak podstatný rozdiel je v tom, že každá úroveň podporuje iný počet počítačom riadených inštrukcií (CMI), čo znamená, že ide o rozdielny počet typov údajov, ktoré sa ukladajú a rozdielny počet inštrukcií, ktoré LMS dokáže vykonať. V dnešnej dobe sa najčastejšie používajú referenčné rámce SCORM 1.2 a SCORM 2004, kde sú presne vymedzené rozdiely v oblastiach ako určenie hodnoty statusu (kompletný/nekompletný; prešiel/zlyhal; neznámy a pod.) a veľkosť limitov na ukladanie dát, (Kolinsky, 2022). Autorka (Kolinsky, 2022) ponúka pri výbere SCORM niekoľko základných otázok, na ktoré je dobré odpovedať si aj vzhľadom k LMS a uvádza, že v súčasnosti „SCORM je však akýmsi predchodcom novších eLearningových štandardov: xAPI (Experience API alebo Tin Can) a cmi5. Tieto formáty umožňujú pohodlnejšiu prácu na mobilných zariadeniach a poskytujú podrobné štatistiky.“

Vzhľadom k tomu, že väčšina slovenských univerzít využíva LMS Moodle je potrebné vedieť, akú úroveň a verziu SCORMu podporuje LMS Moodle, aby bolo možné ho použiť. Moodle podporuje verziu SCORM 1.2 už od verzie Moodle 2.1 a prešiel všetkými testami v testovacej sade ADL Conformance 1.2.7 pre SCORM 1.2. Nepodporuje SCORM 2004, ale niektoré jeho časti môžu byť implementované, keďže Moodle je softvér s otvorenou licenciou. Do novších verzií LMS Moodle je možné implementovať pluginy tretích strán podporujúcich nový štandard Tin Can (Moodle). Z hľadiska úrovne podpory ide o LMS, ktorý vyhovuje SCORMu (compliant). Teda z hľadiska štandardov a udržateľnosti obsahu kurzu je vhodné používať referenčný model SCORM pre prípad, že by sa univerzita rozhodla zmeniť typ LMS.

Väčšina učiteľov však má problémy s vytvorením SCORM balíčka, či už z nedostatku skúseností s prácou s LMS alebo z nedostatku času pripraviť si pre predmety balíčky (napr. častá zmena vyučovaných predmetov alebo rýchle zmeny v obsahu predmetov). Z toho dôvodu väčšina učiteľov využíva v LMS Moodle hlavne nástroje na tvorbu obsahu kurzu v týždennom alebo tématickom formáte, využívajú pridávanie zdrojov (podstránky, súbory, nadpisy, URL) a iba obmedzenú časť aktivít, ktoré Moodle ponúka (odovzdanie zadaní, testy, ankety, prieskumy a diskusné fóra). Aktivity, ktoré vyžadujú viacero nastavení, sú menej využívané, pretože pochopenie nastavení nie je vždy jednoduché, najmä pre učiteľov, ktorí nie sú z odboru IT. V neposlednom rade, rozšírenie a implementácia kurzov o rôzne pluginy tretích strán a doprogramovanie si potrebných nástrojov nie je často v kompetencii učiteľa. Práve vytváranie štruktúry kurzov je priestor pre to, aby škola venovala pozornosť aj funkcii IT špecialistu pre dizajn a tvorbu štruktúry e-learningových kurzov. Práve táto požiadavka bola vyjadrená v prieskume (Kanálíková, Rakovská, 2018). Novšie verzie LMS Moodle ako napríklad 3.11,

ktorú využíva aj Ekonomická Univerzita v Bratislave podporuje aj implementáciu platforiem na učenie online (video konferenčné nástroje) a využívanie aj mobilnej aplikácie, ak ju administrátor povolí. Častým problémom pri využívaní LMS Moodle na školách je zlá alebo nekvalifikovaná práca administrátora, ktorý robí reštrikcie práve vo využívaní dodatočných pluginov a nástrojov, ktoré podporujú komplexný prístup k e-learningu.

Obr. 3: Ukážka mobilnej aplikácie pre LMS Moodle



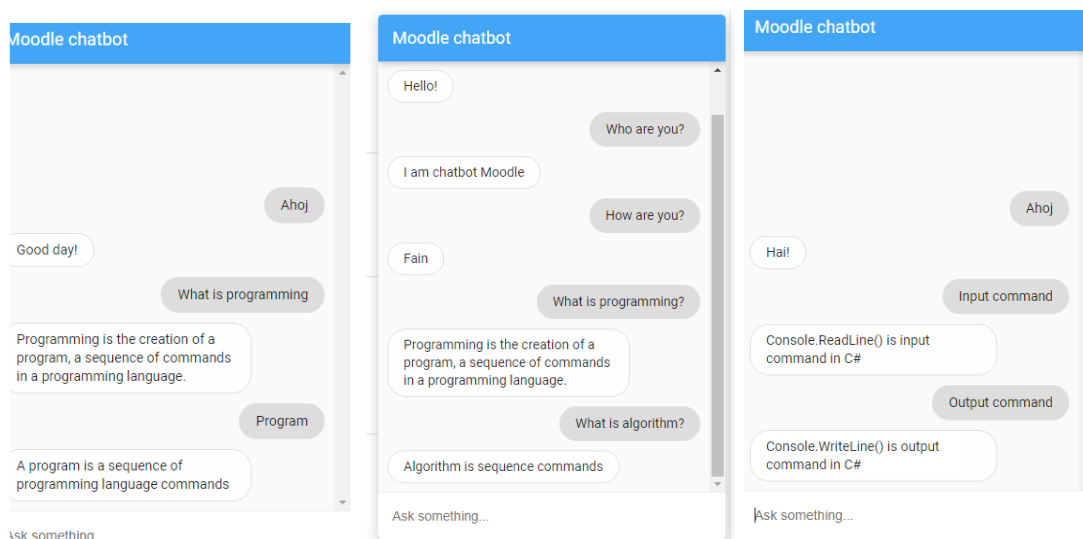
Zdroj: (Kanáliková, Rakovská, 2019)

Zmenou štýlu získavania informácií a znalostí u mladých ľudí je nanajvýš potrebné umožniť práve podporu mobilnej aplikácie pre LMS Moodle, vloženie nástrojov na online vzdelávanie (Zoom, BigBlueButton a pod.) priamo do kurzov, resp. umožniť integráciu MS Teams s LMS Moodle (DaniEASmith). Na Obr.3 je vizualizácie mobilnej aplikácie LMS Moodle (Kanáliková, Rakovská, 2019) , ktorá sa jednoducho inštaluje a podporuje mobile learning.

Inou formou učenia sa, ktorú často mladí ľudia využívajú, je získavanie informácií a znalostí prostredníctvom nástrojov wiki, výkladových slovníkov, četov, diskusných fór, kde hľadajú často hotové riešenia, návody ako riešiť úlohy. Formy tvorby wiki, workshopov, diskusií (rôzne typy diskusných fór), blogy, slovníky sú aktivity, ktoré LMS Moodle má integrované, čím sa môže stať forma učenia sa oveľa atraktívnejšia. Na druhej strane priamo do kurzov v LMS Moodle je možné implementovať vyhľadávanie na webových stránkach alebo „chatbot“ (konverzačný softvérový robot), ktorý je vhodný na zodpovedanie častých otázok. „Chatbot“ je možné využiť na organizačné otázky k predmetu (tie sú často kladené), ale aj na otázky týkajúce sa pojmov a definícií (napríklad pri kybernetickej bezpečnosti je potrebné zvládnuť veľa základných pojmov z rôznych oblastí ako operačné systémy, počítačové siete, databázy a pod.). Obr.4 je ukážkou vloženia konverzačného softvérového robota do kurzu programovania v jazyku C#.

Výzvou elektronického vzdelávania je ako podporiť kreativitu prostredníctvom IT nástrojov tak, aby sa online vzdelávanie nestalo „prednášaním a rozprávaním“ do monitora a elektronické kurzy sa nestali iba úložiskom učebných materiálov a miestom na testovanie študentov, či odovzdávanie seminárnych prác. Pedagogické umenie je aj umením rozumieť IT nástrojom pre vzdelávanie a vedieť navrhnúť správny nástroj pre daný typ rozvoja zručností a znalostí študentov. Ako postupovať pri tvorbe e-learningového kurzu? Z vyššie spomínaného prieskumu sa ukázalo, že väčšina učiteľov tvorí kurz intuitívne, resp. dodržiava pokyny administrátora nastavené školou, čo neumožňuje kreativitu a jednoduchú aktualizáciu kurzu pripraveného na LMS Moodle.

Obr. 3: Chatbot DialogFlow a webový prehliadač implementovaný v LMS Moodle



Tvorba e-learningových kurzov je v mnohom podobná so softvérovým inžinierstvom, kde je možnosť využiť tzv. vodopádový životný cyklus a použiť napríklad metodiku ADDIE (Analysis, Design, Development, Implementation, Evaluation/Control) (Rimmer, 2016). Ide o klasický prístup pôvodne z roku 1975 a ešte je využívaný návrhármi výučby (Instructional designers) v tradičných hierarchických organizáciách. Avšak pri jednotlivých fázach sa požaduje, aby predchádzajúce boli úspešne ukončené. Takýto prístup má nedostatky ako nedostatok času na testovanie alebo málo priestoru na komunikovanie požiadaviek zákazníka (napr. učiteľa) smerom k návrhárovi kurzu (Rimmer, 2016). Problém s časom na testovanie pri metodike ADDIE je v prípade, ak si sám učiteľ tvorí kurz.

Cyklický prístup poskytuje metodika SAM (Successive Approximation Model), (Allen Interactions), ktorá sa zaraďuje medzi agilné metodiky vývoja, postupuje cyklicky a má dve úrovne: pre jednoduchšie projekty je to metodika SAM1, ktorá obsahuje tri klasické kroky hodnotenie, návrh a vývoj, ktoré sa cyklicky opakujú pri prototypovaní. Pre komplexnejšie projekty je metodika SAM2, pozostávajúca z ôsmich cyklických krokov návrhu výučby rozložených do troch fáz projektu: príprava, iteračný návrh a iteračný vývoj.

Pre tvorbu kurzov v prostredí LMS na univerzitách a v školách je výhodnejšie používať agilné metódy vývoja kurzov. V univerzitnom prostredí ide často o netradičný spôsob tvorby kurzov, kde málokedy môžeme hovoriť o projektovom tíme, lebo najčastejšie si kurz robia učители sami (jeden, dvaja, zriedkavo viac). V týchto podmienkach je agilný prístup nanajvyš vhodný pretože:

- Skracuje čas na rýchlu prípravu obsahu kurzu a jeho jednotlivých častí nezávisle od seba
- Často učiteľ pripravuje predmet tzv. „just-in-time“, najmä pri nedostatku učiteľov a zmene vyučovaného predmetu
- Je možné začať vývoj od jednoduchých foriem v LMS kurze
- Umožňuje cyklicky pridávať moduly a nástroje, ktoré rozširujú kvalitu vzdelávania na základe sledovania analytík vzdelávania (kvalita testu na základe štatistických ukazovateľov, pokrok študentov vo vzdelávaní, monitorovanie činnosti študentov v počte prístupov, resp. využitie notifikácie prostredníctvom AI, ktorá monitoruje študentov, ktorí by mohli dosiahnuť veľmi zlé výsledky a pod.)

- Dáva príležitosť budovať kurz postupne tak, že skutočne sa vyvíja každá obsahová zložka nezávisle v čase tj. napríklad postupne zdokonaľujete prednášky, formy pre cvičenia samostatne, testy samostatne a podobne.
- Umožňuje po každom cykle, v ktorom vytvoríme prototyp využívať analytické moduly na hodnotenie prototypu a následne jeho skvalitnenie

Pri využívaní agilného vývoja LMS kurzov je však potrebné robiť správne a pravidelne zálohu, aby sa nestratili už vytvorené prvky LMS kurzu. Z hľadiska ďalšieho rozvoja kurzov prostredníctvom agilného vývoja je potrebné mať aj správne nastavenú celkovú politiku riadenia e-learningového vzdelávania na univerzite. Politika riadenia obsahuje niekoľko kategórií, ktoré je potrebné spravovať: účty používateľov, obsah kurzov, vlastníctvo, podpora, ochrana a prístup používania (Turnbull, 2022). Každá kategória má svoj význam a úlohy, ktoré je potrebné zabezpečiť v politike. Z hľadiska udržateľnosti vzdelávania prostredníctvom LMS je dôležité práve pozrieť sa na podmienky prístupu, s ktorými súvisí aj ochrana intelektuálneho vlastníctva (strata kurzu) pri nesprávnej administrácii. V prípade nesprávne zvolenej politiky napríklad zmazanie kurzov po akademickom roku sa môže stať, že ak učitelia neurobili zálohy kurzu, stratia svoju prácu a svoje explicitne uložené vedomosti. Aj v prípade, že si robili zálohu celého kurzu v LMS Moodle nemusí to znamenať, že uložili všetko potrebné z kurzu (nastavenia pre zálohovanie nie sú jednoduché). Na druhej strane, pri zálohe na vlastný počítač z LMS Moodle sa neukladajú väzby na študentov, ktoré sú uložené na serveri, kde sa LMS nachádza. Teda nie je možné späť dohľadať výsledky testov pre jednotlivých študentov, ani väzbu študent-zadanie-hodnotenie a iné. Politika správy LMS systémov by mala sledovať napr. pravidlá uchovávaní skúšok, zadaní, ktoré sú určované buď univerzitou alebo ministerstvom školstva. Na druhej strane, by mal byť prístup ku kurzom pre všetkých študentov, ktorí sú aktívni na danom stupni štúdia a potrebujú si znova obnoviť a zopakovať svoje vedomosti (napríklad pred štátnicami). Ak by sa však uchovával kurz napríklad tri roky počas bakalárskeho štúdia, tak by v kurze bolo prihlásených príliš veľa študentov a kurz by sa stal neprehľadný (aj v prípade práce so skupinami). Nastavenie politiky práce s LMS je v kompetencii samotnej univerzity a každá univerzita (či krajina) kladie dôraz na rôzne prvky LMS politiky (Turnbull, 2022). Základom každej politiky je ale dobrá spolupráca a komunikácia zo strany IT podpory pre vzdelávanie a správna administrácia LMS.

4 Záver

V posledných rokoch je potrebné sa zaoberať udržateľnosťou vzdelávania z dôvodov uvedených v úvode. Práve vytvorenie kompletných elektronických kurzov na platformách LMS je vhodnou formou ako riešiť krízové situácie, ktoré nemusia súvisieť práve s pandemiou či vojnou. Krízové situácie môžu vzniknúť aj nedostatkom, zvýšenou chorobnosťou učiteľov a podobne. LMS poskytujú možnosť vytvárania a aktualizácií komplexných e-learningových kurzov. K tomu, aby kurzy neboli len úložiskom študijných materiálov a sadou testov, je potrebné poznať možnosti využívania LMS. Štatistiky ukazujú, že najpreferovanejším LMS v Európe je LMS Moodle. Moodle má sieť 104 certifikovaných partnerov - IT firiem (Cheung), ktoré poskytujú mnohé služby (vývoj, konzultácie, integráciu s inými systémami, cloudové riešenia a pod.). To poskytuje dobrý predpoklad na profesionálnu podporu na rôznej úrovni (podľa potreby a finančných možností). Keďže Moodle je softvér s otvorenou licenciou, ktorý prešiel vývojom od roku 2002, tak má aj dobre vybudovanú dokumentáciu, ktorá je dobre čitateľná. Pre jeho udržateľnosť je dôležitá aj podpora štandardov a prenositeľnosť, ktorá je podporovaná používaním referenčného rámca SCORM 1.2 a poskytuje aj možnosti integrácie prvkov SCORM 2004. Napriek tomu sa zdá vývoj kurzov náročný pre jedného učiteľa, keďže zväčša na slovenských univerzitách nie je dostatočná IT podpora. Z toho dôvodu je dobré vytváranie obsahu a štruktúry kurzu cyklicky s postupným zapájaním jednotlivých modulov

(od jednoduchších až po integrovanie s inými výučbovými platformami). Postupné budovanie obsahu spojené s najnovšími technológiami a možnosťami nastavenia podmienok pre splnenie jednotlivých úloh študentami, či automatickým otváraním jednotlivých заданий, úloh, testov a pod. je možné vytvoriť presný študijný postup, ktorý musí študent absolvovať. Tým je zaručené, že prejde študent všetky požadované časti predmetu, za ktoré môže byť hodnotený (buď automaticky – kontrolné testy, samo-testovanie, alebo môže len zbierať „odznaky“ za dosiahnutie určitej vedomostnej úrovne, či môže mať nastavenú len slovnú spätnú väzbu). LMS Moodle poskytuje sadu analytických nástrojov na sledovanie pokroku študentov, ale aj na zlepšovanie kvality vzdelávania (sledovanie štatistických ukazovateľov pre konzistenciu testov), čím je umožnené po každom cykle vývoja kurzu sledovať efektivitu použitých nástrojov a zaujímavosť obsahu.

V neposlednom rade pri používaní e-learningových kurzov na platformách LMS je potrebné nastaviť správnu politiku pre archivovanie a prístupňovanie kurzov tak, aby zodpovedal požiadavkám na archiváciu skúšok, pre potreby riešenia sporných prípadov počas štúdia a pri práci s veľkým množstvom študentov a kurzov. Jednou možnosťou nastavenia politiky je uchovávanie zložiek na archiváciu tak, aby mali prístup do kurzov aj študenti ročníkov, ktorí už kurzy absolvovali pre možnosť vzdelávania sa napríklad na štátnice. To si však vyžaduje serióznu administráciu LMS Moodle, ktorý je robustný a je potrebné mať výborné znalosti práce s LMS Moodle, ale aj rozumieť pedagogickým postupom či štýlom učenia.

Príspevok bol spracovaný v rámci riešenia grantovej úlohy KEGA 025EU-4/2021 Získavanie znalostí z dát pre podnikovú prax

Literatúra

1. Allen Interactions, Inc., A. I. (n.d.). Rapid Instructional Design & Development with SAM | Allen Interactions. Retrieved November 1, 2022, from <https://www.alleninteractions.com/allen-interactions-rapid-instructional-design-and-development-with-sam?hsCtaTracking=a1632f8b-2a37-4127-83ed-cf5c4942bd54%7C3c414182-c3f3-4600-8498-90f730495bd9>
2. Calderon, A. (2012, September 2). Massification continues to transform Higher Education. University World News. (n.d.). Retrieved November 1, 2022, from <https://www.universityworldnews.com/post.php?story=20120831155341147>
3. Cheung, K. (n.d.). Find your Moodle partner - Moodle - LMS for Schools & Enterprise. Moodle. Retrieved November 3, 2022, from <https://moodle.com/solutions/certified-service-providers/>
4. DaniEASmith et al. (2022, July, 14). Install Moodle integration with Microsoft Teams - Microsoft teams. Install Moodle integration with Microsoft Teams - Microsoft Teams | Microsoft Learn. Retrieved November 3, 2022, from <https://learn.microsoft.com/en-us/microsoftteams/install-moodle-integration>
5. eLearning Infographics, (2017, September 13). The history of Learning Management Systems infographic - e-learning infographics. e. Retrieved October 25, 2022, from <https://elearninginfographics.com/the-history-of-learning-management-systems-infographic/>
6. ISO/IEC JTC 1/SC 36 - information technology for learning, education and training. ISO. (2022, November 5). Retrieved October 25, 2022, from <https://www.iso.org/committee/45392.html>
7. Justin. (2022, March 21). A brief history of blackboard. ListEdTech. Retrieved October 25, 2022, from <https://listedtech.com/blog/brief-history-blackboard/>

8. Knowly, W. by. (2020, July 8). Knowly. (Learning Management Systems) | Easy LMS. Retrieved November 1, 2022, from <https://www.easy-lms.com/knowledge-center/lms-center/history-of-lms/item10401>
9. Kolinski, H. (2022, August 10). How to choose a SCORM-compliant LMS - the 2022 checklist. Explore the eLearning world with us. Retrieved November 1, 2022, from <https://www.ispringsolutions.com/blog/scorm-compliant-lms>
10. Lodge, D. (2022, October, 12). Top eLearning Trends Influencing Education In 2022 - And Beyond. Retrieved November 3, 2022, from <https://www.elearnmagazine.com/outcomes/top-elearning-trends/>
11. Moodle, Documentation. SCORM FAQ - MoodleDocs. (n.d.). Retrieved November 3, 2022, from https://docs.moodle.org/400/en/SCORM_FAQ#SCORM_Information
12. Murphy, M.P.A. (2020, March, 30). COVID-19 and emergency eLearning: Consequences of the securitization of higher education for post-pandemic pedagogy, *Contemporary Security Policy*, 41:3, 492-505, DOI: 10.1080/13523260.2020.1761749
13. Rakovská, E., Kanáliková, A. (2018). Development and Implementation of E-learning Course by Using Knowledge Engineering and Software Engineering Methods , 73-97, ISBN 978-80-86302-83-6. Retrieved October 20, 2022 from <https://disconference.eu/wp-content/uploads/2017/01/DisCo-2018-Overcoming-the-Challenges-and-Barriers-in-Open-Education-13th-conference-reader-1.pdf>
14. Rakovská, E., Kanáliková, A. (2019). Learning management systems as a gate to new experience in education for disabled students, 387-405, ISBN 978-80-86302-85-0, Retrieved October 20 from https://disconference.eu/wp-content/uploads/2017/01/DisCo-2019-_E-learning-_Unlocking-the-Gate-of-Education-around-the-Globe_14conference-reader-1.pdf
15. Rimmer, T. (2016), An introduction to SAM for instructional designers - E-learning heroes. Retrieved November 1, 2022, from <https://community.articulate.com/articles/an-introduction-to-sam-for-instructional-designers>
16. SOFTARC Inc. - Computer Software - overview, competitors, and employees. Apollo.io. (n.d.). Retrieved November 1, 2022, from <https://www.apollo.io/companies/SoftArc-Inc-/54a241a47468693825a87c1a>
17. Shon, J. (2002). Standardization for e-Learning. Department of computer science, Korea national open university. Retrieved November 3, 2022, from https://www.researchgate.net/profile/Jin-Shon/publication/228532288_Standardization_for_e-Learning/links/00b7d51ae9e8a939a9000000/Standardization-for-e-Learning.pdf
18. Turnbull, D., Chugh, R., & Luck, J. (2022, July 5). An overview of the common elements of learning management system policies in Higher Education Institutions - TechTrends. SpringerLink. Retrieved November 3, 2022, from <https://link.springer.com/article/10.1007/s11528-022-00752-7>



Sieťové vyučovanie nie je len e-learning a MOOC Network teaching is not only e-learning and MOOCs

Peter Schmidt¹, Pavol Jurík², Jaroslav Kultán³

Abstrakt

Spoločenské zmeny, veľký rozvoj IT sietí, sociálnych sietí a globalizácia v ekonomike, sociálnej a vzdelávacej oblasti nastolili nové problémy vo vzdelávaní mladých ľudí, v postgraduálnom a celoživotnom vzdelávaní. Mení sa obsah, nástroje, metodika a princíp vzdelávania. Na smenu klasickým vzdelávacím formám, metódam a didaktickým postupom prichádzajú celkom nové. Mení sa miesto vzdelávania, trvácnosť získaného vzdelania, zdroje a spôsoby získavania nových poznatkov a tiež aj metódy a formy komunikácie medzi vyučujúcim a študujúcim.. Nový jav – *sieťové vyučovanie* – síce využíva nástroje e-learningu, MOOC, dištančného a priameho vyučovania ale je to omnoho širší systém, ktorý aktívne využíva aj sociálne siete, sieťovú komunikáciu, umelé neurónové siete a iné technológie. Príspevok je zameraný na analýzu vlastností novodobých vzdelávacích technológií založených na využívaní moderných IS.

Kľúčové slová

e-learning, MOOC, sieťové vzdelávanie, globalizácia, dištančné vzdelávanie

Abstract

Social changes, the great development of IT networks, social networks and globalization in the economy, social and educational fields have raised new problems in the education of young people, in postgraduate and lifelong learning. The content, tools, methodology and principle of education are changing. Classic educational forms, methods and didactic procedures are being replaced by entirely new ones. The place of education, the durability of the acquired education, the sources and methods of acquiring new knowledge, as well as the methods and forms of communication between the teacher and the student are changing. The new phenomenon - network teaching - although it uses the tools of e-learning, MOOC, distance and direct teaching, but it is a much broader system that also actively uses social networks, network communication, artificial neural networks and other technologies. The article is focused on the analysis of the characteristics of modern educational technologies based on the use of modern IS.

Key words

e-learning, MOOC, network education, globalization, distance education

JEL classification

JEL Code1, A2, I21

¹ Ing. Mgr. Peter Schmidt, PhD., Ekonomická univerzita, Fakulta hospodárskej informatiky, Katedra aplikovanej informatiky, peter.schmidt@euba.sk.

² Ing. Pavol Jurík, PhD., Ekonomická univerzita, Fakulta hospodárskej informatiky, Katedra aplikovanej informatiky, pavol.jurik@euba.sk.

³ doc. Ing. Jaroslav Kultán, PhD., PhD., Ekonomická univerzita, Fakulta hospodárskej informatiky, Katedra aplikovanej informatiky, jkultan@gmail.com.

1 Úvod

Sociálno-ekonomické a sociálno-kultúrne zmeny, ktoré prebiehajú v posledných rokoch v celej Európe, ale aj po celom svete, si vyžadujú rôzne významné inovácie v pedagogickej teórii a praxi. Nemáme na mysli významné presadzovanie gender ideológie a tým vznikajúce pnutie v spoločnosti, ale skôr vzd'alo vanie sa od bežných princípov sociálnej komunikácie a prechod sociálnych interakcií do virtuálneho sveta. Osobitný význam v tomto ohľade má vzdelávanie dospelých a najmä, rekvalifikácie a rozvoj zručností. Musíme si pritom uvedomiť, že v Európe sa dospievanie mládeže spomalilo a kým pred 30. rokmi boli už 20 roční chlapi aj fyzicky aj mentálne dospelí, dnes sa táto hranica posunula o 5-6 rokov vyššie. Na Slovensku sa už niekoľko rokov rozbieha projekt duálneho vzdelávania, ktorý tu pred 25 rokmi pekne fungoval. Žiaľ po revolúcii sa od neho upustilo, čo viedlo ku kritickému nedostatku zručných odborníkov, ktorí okrem manuálnych zručností musia mať aj pokročilé odborné znalosti.

Na smenu klasickým vzdelávacím formám, metódam a didaktickým postupom prichádzajú celkom nové. Mení sa miesto vzdelávania, trvácnosť získaného vzdelania, zdroje a spôsoby získavania nových poznatkov a tiež aj metódy a formy komunikácie medzi vyučujúcim a študujúcim. V mnohých prípadoch sa stiera hranica medzi postavením vyučujúceho a študujúceho. Vyučujúci už nie je jediným zdrojom správnej informácie ale skôr sprievodcom a metodikom pre študujúceho. Veľký vplyv internetu a rôznych zdrojov informácií nachádzajúcich sa na ňom dáva vzdelávaniu novú formu.

Práve nové postupy, poznatky, formy, metódy vzdelávania, nové informačné technológie, programové a údajové prostriedky dali vznik rôznym vzdelávacím postupom, v ktorých je potrebné zaviesť jasný prehľad. Nový jav – sieťové vyučovanie – síce využíva nástroje e-learningu, MOOC, dištančného a priameho vyučovania ale je to omnoho širší systém, ktorý aktívne využíva aj sociálne siete, sieťovú komunikáciu, umelé neurónové siete a iné technológie.

Uvedený príspevok je zameraný na analýzu spoločných a rozdielnych vlastností novodobých vzdelávacích technológií založených na využívaní moderných informačných systémov.

2 Úloha sietí vo vyučovaní

V rámci profesijného rozvoja má subsystem vzdelávania dospelých, špeciálne postavenie, nakoľko musí pružne reagovať na požiadavky spoločnosti. V súčasnosti sa kľúčovým rysom stáva rozvoj postgraduálneho vzdelávania. Jednotlivé inštitúcie sa snažia svoje vzdelávacie aktivity postaviť takým spôsobom, aby v čo najväčšej miere umožnili poslucháčom slobodne sa rozhodovať pri voľbe zamerania, obsahu či organizačnej formy ďalšieho vzdelávania s ohľadom na ich profesijné záujmy a osobné schopnosti.

Vychádzajúc z uvedených faktov môžeme konštatovať, že jedným z najdôležitejších rysov tvorby moderného vzdelávacieho systému je jeho otvorenosť k ďalším zmenám. Tieto zmeny majú poslúžiť ako prostriedok vlastného rozvoja, aby študenti intenzívnejšie premýšľali o svojich vlastných profesijných a životných dráhach. Je nutné, aby dospelí študenti prevzali na seba zodpovednosť za svoju kariéru ešte pred ukončení svojho štúdia, resp. v tomto duchu by mali aj študovať. Typickým javom na Slovensku je rapidný nárast nezamestnanosti po skončení školského roka, čo je v poriadku. Za problém už môžeme považovať stav, keď významné percento čerstvých magistrov a inžinierov, nie je schopné si nájsť zamestnanie. To sú práve tí, ktorí až v tom čase pochopili, že sú zodpovední za svoje profesijné osudy.

V posledných dvoch desaťročiach dvadsiateho storočia, prebehli hlavne v Európe, významné spoločenské zmeny, ktoré ovplyvnili celý svet. Okrem pádu komunizmu v Európe, nesmieme zabudnúť ani na ďalší faktor, ktorý ovplyvnil vznik nového druhu spoločenského zriadenia – globalizovanej spoločnosti, a spoločnosti často označovanej aj ako „sieťová

spoločnosť“ založenej na rozvoji informačných a komunikačných technológií. V súčasnej dobe búrlivého rozvoja informačných technológií a sociálnych sietí predstavujú tieto zmeny podstatne silnejší vplyv na život ľudí ako príchod technológií spojených s priemyselnou revolúciou či informačnou revolúciou. Postupne, ako sa internet stáva univerzálnym nástrojom pre interaktívnu komunikáciu, technológie sa posunuli od centralizovaných, k decentralizovaným až distribuovaným technológiám.

Informačné a komunikačné technológie vytvorili nové prístupy k vzdelávaniu, ktoré poskytujú alternatívne možnosti pre šírenie poznatkov, nezávisle od vzdialenosti, času či technického vybavenia. V súčasnosti máme k dispozícii technológie, ktoré zavádzajú prvok interaktivity, čím dané médium „ožíva“. Interaktívne televízne a rozhlasové relácie sa rozšírili najmä po rozšírení mobilnej komunikácie. Masmediálna komunikácia nabrala nevídané rozmery po rozšírení internetu. V súčasnosti je pre mladých nepredstaviteľné, aby neboli on-line vždy a všade.

Sieťové informačné technológie môžeme vo vzdelávaní využiť práve kvôli ich vlastnostiam, ako sú:

- **interaktivita** – poskytovanie voľného prístupu k informáciám a ich prenos od zdroja k publiku, rovnako ako vytváranie možnosti vzdialenej vzájomnej komunikácie. Priame pripojenie multimediálnych rozhraní k internetu umožňuje pre ľudí komunikovať v reálnom čase, nielen písmom, ale aj so zvukom a obrazom;
- **decentralizácia** – prejavuje sa prevahou horizontálnych prepojení nad vertikálnymi, vytváranie komunit, ktoré sú založené na vzájomnej dôvere bez prvkov podradenosti či nadradenosti;
- **rovnoprávnosť medzi účastníkmi** – každý účastník vzdelávacieho procesu má právo na prístup k informáciám, môže slobodne vyjadriť svoje názory, ako aj využívať poskytované informácie;
- **dočasné líderstvo** – každý účastník môže vynikať v inej oblasti, v ktorej sa môže stať dočasným lídrom, pričom v inej oblasti, v ktorej nevyniká, je len obyčajným účastníkom procesu (podobnosť s technológiou peer-to-peer nie je náhodná);
- **voľný vstup do informačného priestoru** – na uspokojenie svojich potrieb (informácie, komunikácia, atď.) a sebarealizáciu;
- **neformálne vzťahy** – medzi členmi danej siete existujú neformálne vzájomné väzby;

S rozvojom internetu a špecializovaných sietí sa rozvíjajú aj komunikačné možnosti a schopnosti ich používateľov. Toto podčiarkuje aj skutočnosť, že študenti nie sú pasívnymi konzumentmi a úplne nezávisle sa môžu pridať k vybranej virtuálnej komunite. Najlepším príkladom môžu byť diskusné fóra a komunity na sociálnych sieťach. Vytváranie neformálnych skupín vo virtuálnom prostredí zlepšuje podmienky pre tímovú spoluprácu a spoločnú akvizíciu nových poznatkov. Vzdelávanie, ktoré bolo dlho obmedzené len na špeciálne miesta, ako sú školy, vysoké školy, inštitúty pre ďalšie vzdelávanie, firemné školiace centrá, sa za veľmi krátky čas môže zmeniť vytvorením virtuálneho vzdelávacieho priestoru.

Zmeny, ktoré dnes vnímame vo vzdelávacom systéme modernej spoločnosti sa vyznačujú prechodom od vzdelávania v uzavretom prostredí k vzdelávaniu v otvorenom prostredí založenom na "znalostných sieťach". Jedným zo špecifických vlastností siete je jeho schopnosť prispievať k riešeniu akýchkoľvek problémov. Možnosť vytvoriť príspevok, zároveň vytvára príležitosť k výmene príspevkov a šíreniu myšlienok.

Sieťové vyučovanie, sieťová výučba, sieťové učenie sa v odbornej literatúre popisuje spravidla z troch pohľadov.

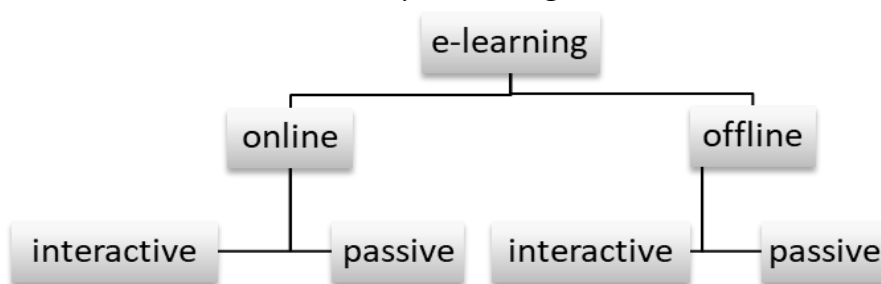
Prvý pohľad môžeme nazvať psychologicko-biologický. Ide o modelovanie mozgovej činnosti pomocou tzv. neurónových sietí, ktoré sú svojou štruktúrou veľmi podobné nervovému systému človeka. Skúmanie vzruchov a ich prenosov po nervových dráhach a ich aktivity v

mozgu, a ich následné modelovanie pomocou neživých neurónových sietí sa tiež často nazýva sieťové učenie.

Druhý pohľad je zameraný na využívanie internetu na dolovanie informácií na spestrenie klasického vyučovania, alebo aj na zabezpečenie celého rozsahu učiva. V tomto prípade majú žiaci prístup ku kompletnému učivu v danom predmete a v danom ročníku v elektronickej forme. V súčasnosti sa viaceré firiem snaží prostredníctvom rozšírenej reality (AR) spestriť vyučovací proces. Pripravujú učebnice a aplikácie, pomocou ktorých sa vie mobilný telefón zmeniť na zobrazovacie médium, ktoré statický obraz z učebnice doplní krátkym videom či audio ukážkou, čím sa pre žiakov a študentov stáva učenie zábavnejším.

Tretí pohľad je úplne odlišný. Sieť sa chápe ako médium na prenos informácií od lektora k študentom a opačne, a medzi študentmi navzájom. Sem by sme mohli zaradiť aj veľmi populárny e-learning.

Obr. 1: Režimy e-learningového vzdelávania



Zdroj: Vlastné spracovanie

Samozrejme, nemôžeme dať znak rovná sa medzi e-learning a sieťové vzdelávanie, nakoľko pri sieťovom vzdelávaní sa počíta aj s inými elektronickými zdrojmi mimo LMS. Množstvo elektronických zdrojov a služieb je obrovské a väčšina je dostupná cez web na internete.

Medzi najobľúbenejších služby internetu slúžiace na výmenu informácií sú fóra, diskusné skupiny a komunity na sociálnych sieťach, ktoré umožňujú získať potrebnú znalosť /vedomosť pomerne rýchlo. **Fórum** je vlastne špecializovaný softvér resp. modul webových stránok, ktorý má na starosti organizáciu príspevkov komunikujúcich návštevníkov. Fóra ponúkajú rad sekcií pre diskusiu. Tieto fóra sú založené na vzájomnej dôvere a jednoduchých pravidlách. Vychádza sa z predpokladu, že „môj problém“ už niekto predtým riešil a s riešením sa podelil. Ak som ja prišiel na riešenie problému, patrí sa s ním tiež podeliť. Zaujímavé na týchto fórach je fakt, že spravidla prispievajú členovia z celého sveta, nezávisle na vzdelaní, farbe pleti či vierovyznaní, „tmelom“ medzi nimi je problém, ktorý chcú vyriešiť.

Diskusné skupiny sú spravidla tvorené spontánne a najčastejšie sa zvyknú tvoriť ako reakcia na článok, publikovaný na niektorom spravodajskom portáli. Na rozdiel od bežného fóra, kde je spravidla cieľ účastníkov rovnaký, pri diskusných skupinách spravidla dochádza k pomerne vážnym stretom názorov. Bežne sa používajú urážky a nadávky medzi diskutujúcimi a často musí zasiahnuť aj správca daného webu. Pri zasahovaní do diskusie určitou autoritou, môže dochádzať ku skrytej cenzúre a preto sa tieto diskusné skupiny nedajú vyhodnotiť ako mienkotvorné, ani ako reprezentatívne.

Konferenčný hovor (tele-konferencia), videokonferencia, web-konferencia sú síce rozdielne technológie, ale všetky majú spoločné to, že vytvárajú živé prepojenie obrazu aj zvuku medzi účastníkmi. Obsah komunikácie, či ide o výmenu názorov, diskusiu, prednášku či konferenciu, je nateraz nepodstatné.

Hlavné požiadavky na efektívne využívanie týchto technológií sú:

- technické
 - tvorba a vývoj technológie na zabezpečenie vizuálnej komunikácie,
- netechnické
 - schopnosť viesť konštruktívny dialóg v obmedzenom čase,
 - schopnosť argumentovať a vyhodnotiť vyhlásenia,
 - naučiť sa počúvať a porozumieť problému v inom jazyku a byť schopný pomôcť riešiť, alebo dať odpoveď v inom jazyku.

Tele-konferencia je udalosť, pri ktorej prebieha komunikácia medzi geograficky rozptýlenými účastníkmi. Tele-konferencia sa vykonáva na základe využitia kompatibilného softvéru a hardvéru u všetkých účastníkov, ktoré zabezpečuje ich spoľahlivé prepojenie. Táto technológia spravidla využíva špeciálny hardvér aj softvér a nie je technologicky viazaná na internet. Vzhľadom na jej pomerne vysokú finančnú náročnosť, je využívaná v ozbrojených silách a v multinacionálnych firmách. Využívanie v iných organizáciách je zriedkavé a na vzdelávanie aj nevhodné.

Videokonferencie predstavujú formu audio-vizuálnej komunikácie niekoľkých osôb v rôznych geograficky vzdialených miestach prostredníctvom využívania komunikačných systémov a počítačových technológií. V závislosti od použitej technológie sa môže používať špeciálny hardvér a softvér. Softvér si vyžaduje inštaláciu vo forme klienta, preto sa predpokladá podpora rôznych operačných systémov.

Web-konferencia sa od predchádzajúcich systémov odlišuje hlavne tým, že nevyžaduje žiadny špeciálny hardvér ani softvér. Využíva štandardné technológie internetu, vďaka čomu je platformovo nezávislá. Spravidla postačuje kamera a reproduktor notebooku a webový prehliadač. Web-konferencie môžu byť buď moderované, alebo nemoderované. Pri moderovaných web-konferenciách moderátor zapína jednotlivých prednášajúcich diaľkovo. Pri nemoderovaných môžeme skôr hovoriť o webinároch čiže seminároch na webe. Pri webinároch má kontrolu v rukách lektor a účastníci, študenti sa pripájajú k webináru buď na základe povolenia alebo voľne, keď je daný webinár otvorený.

Webináre sú v našich zemepisných šírkach najvhodnejšie na externé formy vzdelávania. Pred troma rokmi si pod externou, diaľkovou, alebo dištančnou formou vzdelávania väčšina ľudí predstavila vysokoškolača, ktorý cez týždeň pracuje a cez víkend chodí do školy. Vhodnejšie delenie by však bolo nasledovné:

▪ Externá forma vzdelávania

- **Prezentačná** (face-to-face), keď sa študent nachádza v rovnakom čase na rovnakom mieste ako lektor.
- **Dištančná**, keď sa študent v rovnakom čase nenachádza na rovnakom mieste ako lektor a na vzájomnú komunikáciu využívajú vymoženosti súčasnej techniky.
 - **On-line**, môžu komunikovať naživo.
 - **Off-line**, študent pristupuje ku študijným materiálom v ľubovoľnom čase, bez možnosti priamej konzultácie s lektorom (bežné LMS).

Nie je možné jednoznačne vyhlásiť, že tá či oná forma je lepšia alebo horšia, všetko to závisí od preferencií. Jednoznačne ale môžeme povedať, že si externí študenti, dištančnú, on-line formu pochvalujú.

Prepuknutím pandémie Covid-19 a prechodom na dištančné vzdelávanie sa prestala riešiť efektívnosť on-line vzdelávania, nakoľko to bola jediná možnosť, aby sa vzdelávací proces úplne

nezastavil. Prerušenie vzdelávania na všetkých stupňoch vzdelávania čo i len na rok, by mohlo mať dlho trvajúce následky a všetky štáty by sa z toho veľmi dlho spamätávali.

Web-konferencie (WK) a webináre (WB), vzhľadom na svoju nenáročnosť na strane používateľa, majú obrovskú šancu presadiť sa aj v iných oblastiach mimo školstva. Web-konferenčné služby a webináre môžu byť pre niektoré podniky a organizácie dobrou investíciou. Avšak pre niektoré organizácie to nie vždy musí byť prínosom. Hlavnými kritériami, ktoré ovplyvňujú vhodnosť a využiteľnosť WK a WR sú:

- veľkosť organizácie (počet zamestnancov),
- zameranie organizácie (odvetvie),
- regionálna rozptýlenosť organizačných celkov,
- náklady na bežné podnikové vzdelávanie,
- náklady na prevádzku WK alebo WR.

Z uvedených bodov je evidentné, že tieto komunikačné systémy sú predurčené nevýrobným organizáciám napr. organizáciám verejnej správy či územnej samosprávy. V komerčnej oblasti budú web-komunikačné systémy najzaujímavejšie pre nadnárodné korporácie a organizácie tvoriace nehmotný produkt, napr. softvérové firmy, banky, poisťovne alebo podniky služieb. Využitím služieb satelitných operátorov sa dajú realizovať videokonferencie prakticky na celom svete. Napriek tomu, že je prenájom satelitných kanálov drahý, úspory cestovných nákladov, ubytovacích nákladov, diet a v neposlednom rade úspora času ďaleko prevyšujú náklady na prenos. V našich zemepisných šírkach, kde máme prakticky celé územie štátu pokryté signálom je základná požiadavka na realizáciu web-konferencií či webinárov splnená.

Vychádzajúc z doterajších skúseností, hlavne zahraničných odborníkov, možno využívanie nových informačných technológií, založených na sieťach, orientovaných na vytvorenie optimálneho prostredia na učenie, rozdeliť do niekoľkých skupín. Tieto skupiny sa vyznačujú snahou udržiavať a rozvíjať prostredie zamerané na:

- študenta,
- na poznávanie,
- rozvíjanie zručností,
- upevnenie komunity.

Súčasnú zameranie sa na nové technológie s cieľom zlepšovať kvalitu vzdelávania, jej otvorenosť, dostupnosť, mobilitu, často naráža na problémy rôzneho charakteru. Slovensko sa v posledných rokoch zaradilo medzi štáty s veľmi dobrou dostupnosťou internetu, čo viedlo nevýrobné spoločnosti, aby presunuli veľkú časť svojich zamestnancov na „home office“, čím si znížili svoje náklady samozrejme na úkor zamestnancov.

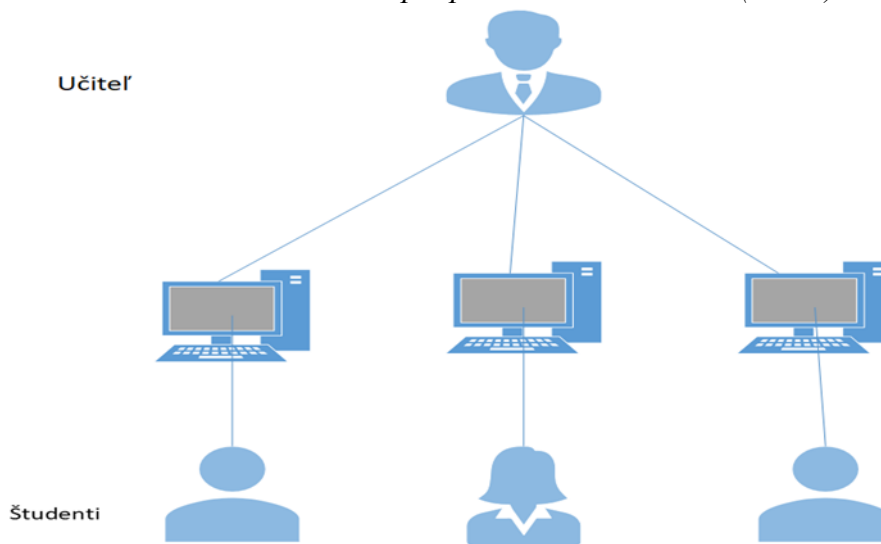
3 Myšlienka konektivismu

Konektivismus je nový trend v teórii učenia, ktorý bol vyvinutý kanadskými vedcami Geomeom Siemensom (George Siemens) a Stephenom Downesom (Stephen Downes).

Autori teórie connectionism zvanej "konektivismus - teória učenia v digitálnom veku", určili za kľúčové body. Vzdelávanie ako proces tvorby siete, čiže "previazanie špecializovaných jednotiek, zdrojov informácií". Konektivismus sa vzťahuje na všetky druhy väzieb vyskytujúce sa v procese vzdelávania, ako spojnic medzi jednotlivými bodmi siete, ktoré spravidla predstavujú buď počítače s pripojením na internet, alebo samotných používateľov, nositeľov znalostí. V ľudskom mozgu ide o prepojenie medzi neurónmi a v internete o sociálne väzby medzi členmi siete.

V začiatkoch, keď sa PC začali používať vo vzdelávaní, sme mohli hovoriť o počítačom podporovanom vzdelávaní. Tento prístup bol typický v časech, keď siete predstavovali len budúcnosť a údaje sa medzi počítačmi prenášali fyzicky na rôznych médiách, napr. na floppy diskoch.

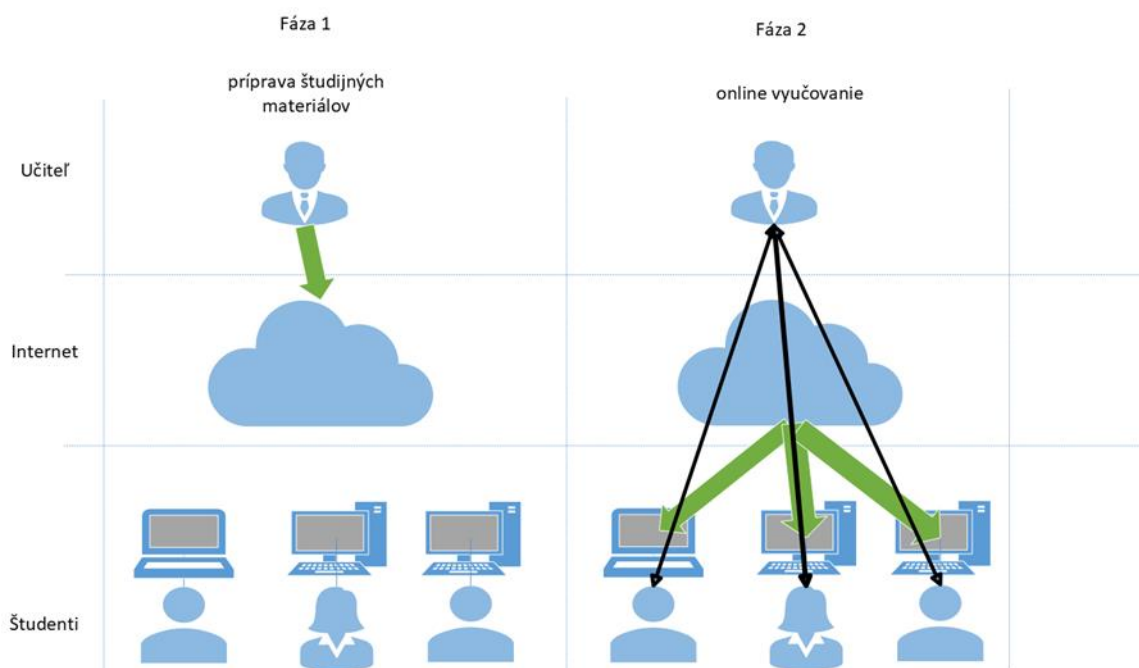
Obr. 2 Počítačom podporované vzdelávanie (CAEd)



Zdroj: Vlastné spracovanie

Postupným vytváraním počítačových sietí a rozvojom internetu (posledná dekáda 20. storočia) umožnila prejsť k sieťovej podpore vzdelávania (NAEd – Network Aided Education), ktorá sa najčastejšie reprezentovala ako e-learning. V rámci NAEd, čiže e-learningového vzdelávania môžeme rozoznávať niekoľko rôznych prístupov, ako je uvedené vyššie napr. na obr. 1.

Obr. 3 Aktívny režim sieťovej podpory vzdelávania NAEd interactive

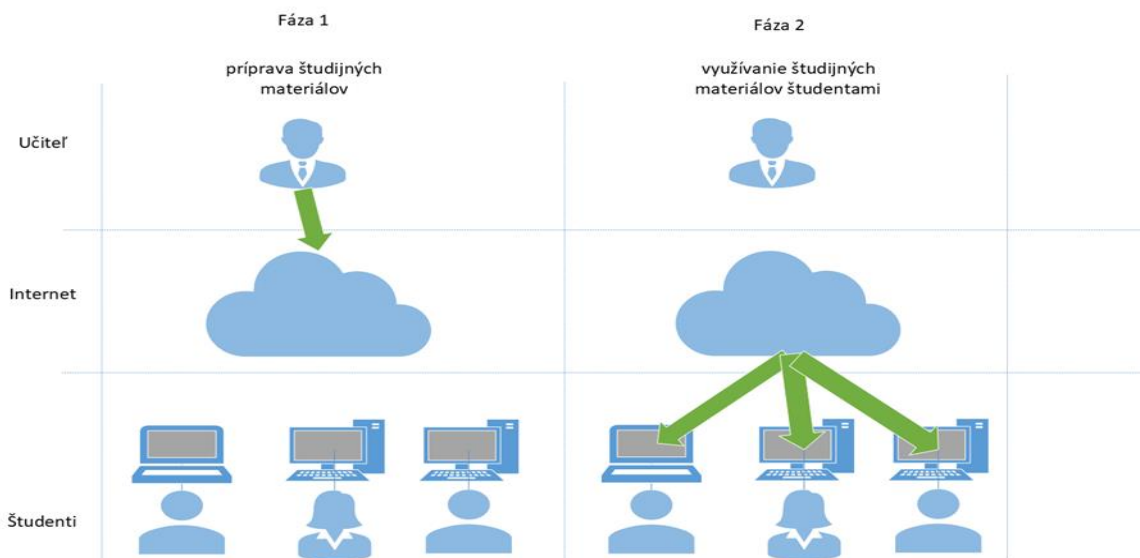


Zdroj: Vlastné spracovanie

Režim on-line interactive je znázornený na obr. 3. Ide o najpoužívanejší spôsob on-line vzdelávania, keď sa sieť využíva ako médium na prenos obrazu, zvuku a študijných materiálov, pričom učiteľ aj študenti môžu medzi sebou komunikovať v reálnom čase

Jednoduchšou formou, ako po technickej stránke tak aj po procesnej, bolo využívanie LMS, ktoré v tom čase ešte okrem kategorizovania a poskytovania určitých súborov viac funkcií veľmi nemali. Na obr. 4 je znázornený proces využívania týchto zdrojov na vzdelávanie, ktoré poznáme ako samoštúdium.

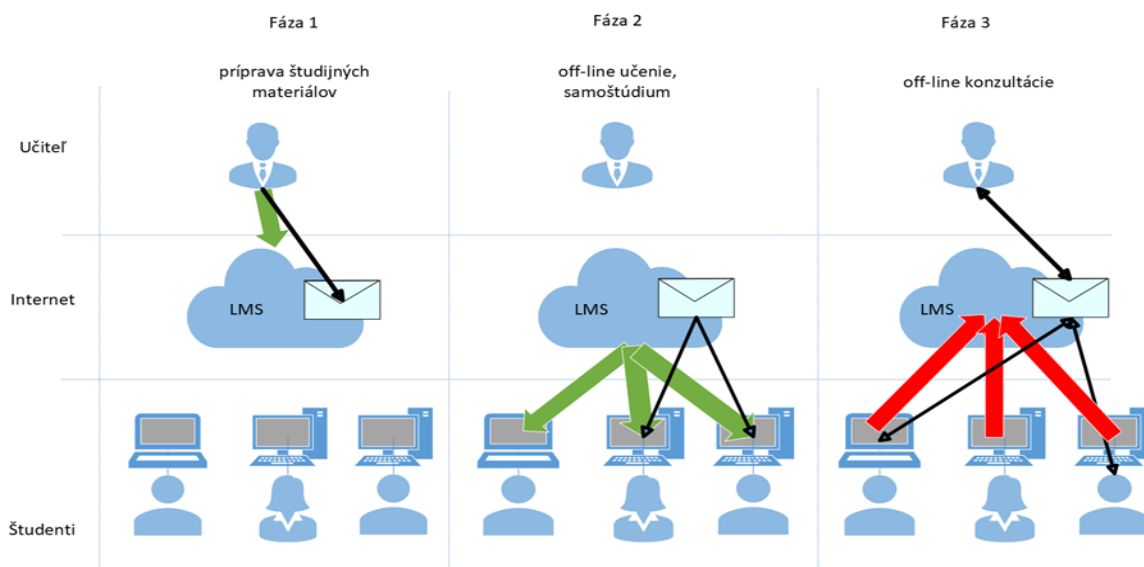
Obr. 4 Pasívny režim sieťovej podpory vzdelávania NAEd passive



Zdroj: Vlastné spracovanie

Pri e-learningu v off-line režime nemusí ísť vždy o sieťou podporované vzdelávanie, nakoľko materiály sa distribuovali aj vo forme výučbových CD alebo DVD. Špeciálnu kategóriu tvorili také výučbové materiály, ktoré umožňovali určitú mieru interaktivity, čím sa dali efektívnejšie využívať, keď už študent určité znalosti v danej oblasti mal.

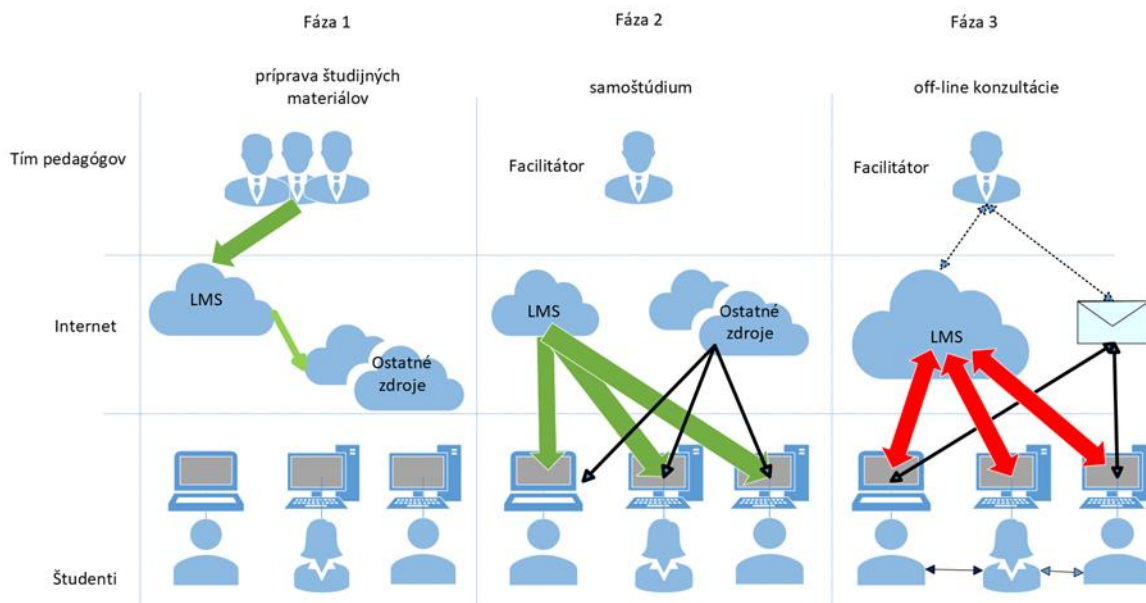
Obr. 5 Pasívny režim sieťovej podpory vzdelávania NAEd passive s off-line konzultáciami



Zdroj: Vlastné spracovanie

Na obr. 5 vidíme zobrazenie ako sa off-line režime dajú využiť rôzne nástroje, hlavne LMS systémy, ktoré v súčasnosti už umožňujú lepšie manažovať všetky podporné činnosti výučbového procesu. Ich úlohou nie je už len archivovanie a poskytovanie študijných materiálov ale aj zber vypracovaných projektov, vyhodnocovanie testov a pod. umožňujú tiež off-line komunikáciu medzi vyučujúcim a študentami, resp. na túto komunikáciu môžu študenti aj učiteľ využívať niektorú poštovú službu. Ide de facto o off-line konzultácie, nakoľko vyučujúci nemusí okamžite reagovať na e-mailové dopyty.

Obr. 6 NAEd passive pri MOOC



Zdroj: Vlastné spracovanie

Z pohľadu teórie konektivismu sa najviac k tejto teórii blíži sieťová podpora vzdelávania v pasívnom režime, kde je navyše „potlačená“ úloha učiteľa, typická pre kurzy MOOC. Čiže učiteľ nevystupuje ako „zdroj informácií“, ale len ako facilitátor, ktorý dohliada na celkový spontánny rozvoj a myšlienkové pochody účastníkov vzdelávania, a v prípade, že sa „dostanú do slepej uličky“, ich na túto skutočnosť upozorní. Úloha facilitátora je dôležitá, aby sa proces nezasekol, ale nemôže študentov viesť po správnej ceste. Tú si musia nájsť študovaním predpísaných a odporúčaných materiálov a vzájomnými konzultáciami medzi sebou, čiže sa dôraz kladie na horizontálnu komunikáciu, ktorá samozrejme tiež prebieha v prostredí internetu. Facilitátor komunikuje len formou off-line správ. Je zřejmé, že tento postup je pomerne zdĺhavý a často študijná skupina ani nedospeje do cieľa, lebo skorej to jej členovia vzdajú, než by mali čo i len malý pocit úspechu. Toto je aj dôvodom, nepresadenia sa MOOC vo veľkom meradle. Konektivismus má s MOOC veľa spoločného, jedným z najdôležitejších podmienok úspešnosti týchto prístupov je veľmi vysoká motivovanosť študentov, čo je pomerne ťažké dosiahnuť a udržať ešte ťažšie.

4 Záver

Ak chceme vo vzdelávacom procese použiť sieťové informačné technológie, je nevyhnutnosťou, aby boli pedagogickí pracovníci náležite vyškolení. Nie je žiadnou výnimkou, keď žiaci a študenti vysvetľujú pedagógom ako sa s danou technikou narába, na čo sa dajú využívať niektoré softvérové produkty. Ide hlavne o pedagógov, ktorí sa do praxe dostali ešte pred rokom 2000. Samozrejme, pracuje aj silná skupina pedagógov, neinformatickov, ktorí pochopili podstatu informačnej doby a výhody informačných sietí.

Vyznať sa v terminológii je tiež pomerne zložité, nakoľko vznikajúce nové postupy a trendy sa začleňovali pod zberný názov e-learning, čo viedlo k tomu, že si v súčasnosti pod pojmom e-learning každý predstaví niečo iné. V článku sme sa snažili priblížiť jednotlivé prístupy a vniesť trošku poriadku aj do terminológie sieťového vzdelávania.

Príspevok bol spracovaný v rámci riešenia grantovej úlohy KEGA Projekt č. 019EU-4/2020 Podpora dištančného vzdelávania prostredníctvom virtuálnej katedry

Literatúra

1. National Research Council. 2000. *How People Learn: Brain, Mind, Experience, and School: Expanded Edition*. Washington, DC: The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/9853>.
2. Kršjak, M. (2008). Neurónové siete so štatistickým určením v ekonomike. *Ekonomika a Informatika*, 6(2), 282–284.
3. Rakovská, E. (2008). Komparácia vybraných e-learningových prostredí. *Inovačný Proces v e-Learningu*, 90–95.
4. Schmidt, P. (2015). MOOC – budúcnosť vzdelávania alebo bublina. *Inovačný proces v e-learningu*, 1-7.
5. Schmidt, P., & Pittner, J. (2013). Smart off-line webinar for distant education. *Otkrytoje Obrazovanie : Naučno-Praktičeskij Žurnal*, 5, 64–66.
6. Schmidt, P. & Beňadik, M. (2012). Webináre a videokonferencie vo vzdelávaní. *Inovačný proces v e-learningu*, 1-5.
7. Siemens, G. (n.d.). *Knowing knowledge*. Google Books. Retrieved November 2, 2022, from https://books.google.com/books/about/Knowing_Knowledge.html?id=Pj41TomgKXY
8. Szivósová, M. (2013). *Celoživotné vzdelávanie formou dištančného vzdelávania a jeho možnosti*. Vydavateľstvo EKONÓM.
9. Tassina, Z. & Ganievna, B. G. (2011). The use of videoconferencing in education. *Trends and Innovations in E-business and Education*.

Použitie lingvistických súhrnov vo webovej aplikácii

Using linguistic summaries in web application

Pavol Sojka¹, Peter Procházka²

Abstrakt

V súčasnosti sme čím ďalej tým viac zaplavovaní dátami, ktoré vznikajú pri každodennej bežnej činnosti človeka a okrem našich vlastných údajov sme zahltení aj dátami z iných zdrojov. Väčšina ľudí nemá možnosti na efektívne spracovanie dát a taktiež nedisponuje dostatočnými znalosťami štatistických metód a iných príbuzných vied. Táto práca formalizuje integráciu kvantifikovaných súhrnov a kvantifikovaného hodnotenia do konceptu databázových dotazov, aby sa umožnila ich flexibilita, napríklad pomocou vnorených kvantifikovaných podmienok dotazu na hierarchické dátové štruktúry. Neskôr v našej práci sme náš výskum prispôbili praktickej aplikácii. Vytvorili sme softvérové prostredie na vyhodnocovanie údajov na základe súboru údajov získaných zo Štatistického úradu SR. Tieto dátové súbory sú zamerané hlavne na krajinné charakteristiky, ako je nadmorská výška, rozloha miest a obcí a podobné parametre. Na základe preferencií používateľov náš systém odporučí najvhodnejšie miesto na strávenie dovolenky.

Kľúčové slová

spracovanie dát, fuzzy logika, lingvistické súhrny, webové technológie

Abstract

Nowadays, we are more and more inundated with data, which is created during the daily normal activity of a person, and in addition to our own data, we are also overwhelmed by data from other sources. Most people do not have the ability to efficiently process data and also do not have sufficient knowledge of statistical methods and other related sciences. This work formalizes the integration of quantified summaries and quantified evaluation into the concept of database queries to enable their flexibility, for example by using nested quantified query conditions on hierarchical data structures. Later in our work, we adapted our research to a practical application. We have created a software environment for evaluating data based on a set of data obtained from the Statistical Office of the Slovak Republic. These datasets are mainly focused on landscape characteristics such as altitude, area of towns and villages and similar parameters. Based on user preferences, our system will recommend the most suitable place to spend your vacation.

Key words

data processing, fuzzy logic, linguistic summaries, web technologies

JEL classification

M15

¹ Ing. Pavol Sojka, PhD., Ekonomická univerzita v Bratislave, Fakulta hospodárskej informatiky, Katedra aplikovanej informatiky, Dolnozemska cesta 1, 852 35 Bratislava, pavol.sojka@euba.sk.

² Ing. Peter Procházka, Ekonomická univerzita v Bratislave, Fakulta hospodárskej informatiky, Katedra aplikovanej informatiky, Dolnozemska cesta 1, 852 35 Bratislava, peter.prochazka@euba.sk.

1 Úvod

Na základe nášho predchádzajúceho výskumu (Sojka et al., 2020) sme sa rozhodli aplikovať našu prácu na scenár reálneho sveta opísaný ďalej v tomto článku. Dátové množiny v databázach zvyčajne obsahujú veľké množstvo entít a ich atribútov. Formálne môže byť súbor údajov vyjadrený ako súbor párov (Skowron et al., 2015):

$$T_p = (U_p, A_p) \quad (1),$$

kde, U_p je univerzum entít (záznamov) a A_p je množina atribútov v tabuľke T_p , $p=1, \dots, n$. V takýchto tabuľkách sú riadky označené entitami a stĺpce atribútmi. Vo všeobecnosti používateľov údajov zaujímajú dva typy dopytov, ktoré môžu byť vyjadrené ako vertikálne a horizontálne agregácie (Rakovská a Hudec, 2019). V prvom prípade sa na vysvetlenie atribútov entít s ohľadom na množinu entít U (1) používajú štatistické funkcie, ako sú priemery, odchýlky a distribúcie, napr. priemerná nadmorská výška všetkých obcí je m , zatiaľ čo štandardná odchýlka je s , kde $m, s \in R$. V druhom prípade sa používatelia zaujímajú o entity, ktoré najlepšie vyhovujú zloženému predikátu, t. j. o nájdenie najlepších entít s ohľadom na predikáty umiestnené na podmnožine atribútov A (1), ako je nadmorská výška MEDZI (1 000, 1200) a znečistenie ≤ 50 a hustota obyvateľstva < 100 a počet slnečných dní ≥ 120 a percento ornej pôdy ≥ 20 . Pri takýchto dopytoch musia používatelia vyjadriť požiadavky číslami, aj keď sa môžu objaviť neistoty týkajúce sa hraničných prípadov (Keefe, 2000). V treťom prípade môžu vnorené poddotazy na základe vzťahov 1 : N (napr. medzi vzťahmi okres a obec) vyžadovať zlúčenie horizontálnych a vertikálnych agregácií, ako sú napríklad vybrané okresy, kde je *miera nezamestnanosti* ≥ 30 a *percento respiračných ochorení* > 25 a priemerné znečistenie v ich obciach je vyššie ako limitná hodnota. Pre používateľov údajov je prirodzený spôsob vyjadrenia požiadaviek prostredníctvom jazykových výrazov. To isté platí pre interpretáciu súhrnov, kde sú napriek širokému využitiu štatistických funkcií vhodné pre doménových expertov s určitou úrovňou štatistickej gramotnosti (Hudec et al., 2018).

Literatúra už rozpoznala obmedzenia klasických alebo dvojhodnotových prístupov a poskytla riešenia pre rôzne situácie. Vertikálna agregácia bola posilnená takzvanými lingvistickými súhrnmi, ktoré pôvodne navrhol Yager (Kacprzyk et al., 2002) a zdôraznili (Boran et al., 2016), že súhrny by nemali byť také stručné ako prostriedky. Odvtedy bola teória lingvisticky zhrnutých viet rozsiahlo skúmaná mnohými vedcami a aplikovaná v rôznych oblastiach. Podrobný, aj keď nie najnovší prehľad, možno nájsť v Boran et al. (2016). Z takejto sumarizácie môžu profitovať menej štatisticky gramotní používatelia (napr. experti na iné domény a široká verejnosť) (Hudec et al., 2018; Schield, 2011). Prostredníctvom tohto prístupu dokážeme poskytnúť celkový prehľad o jednom atribúte alebo vzťahoch medzi viacerými atribútmi v súbore údajov, napríklad *približne polovica obcí má hustotu obyvateľstva okolo strednej hodnoty, alebo väčšina mladých zákazníkov nakupuje tovar neskoro večer*. Takéto zhrnutia môžu napríklad zlepšiť informatívnosť strategických informačných panelov.

Dopyt na údaje uložené v databáze poskytuje formálny popis entít, ktoré sú zaujímavé pre používateľa, ktorý kladie tento dopyt (Hudec a Vučetić, 2015; Kacprzyk et al., 2000). Obmedzenie dvojhodnotovej logiky v podmienkach dopytovania na databázu bolo zmiernené prístupmi fuzzy dopytovania ako (Tamani a kol., 2011; Hudec, 2009; Kacprzyk a Zadrožny, 2001; Wang a kol., 2007). Týmto spôsobom sa získajú najrelevantnejšie entity s ohľadom na potreby používateľov spolu s ich stupňom zhody, t. j. blízkosť k úplnému uspokojeniu. Príkladom takéhoto dopytu sú napríklad *vybraní zákazníci s vysokým počtom objednávok a nízkym oneskorením platieb*. Ďalej by používatelia mohli zaujímať entity, ktoré spĺňajú väčšinu požiadaviek. Takáto otázka sa týka štruktúry, z ktorej by mala byť splnená väčšina atomických požiadaviek $\{P_1 \dots P_n\}$ (Kacprzyk a Zadrožny, 2013). Tento prístup však nedokáže rozlíšiť povinné a nepovinné požiadavky. Ďalej jazykové súhrny ukázali svoju použiteľnosť ako

vnorené dopyty v hierarchických dátových štruktúrach, napríklad *vybrané regióny, kde väčšina obcí spĺňa požiadavku P* (Hudec, 2016). Zložitejšie vnorené dopyty vyžadujú integráciu vertikálnych a horizontálnych agregácií. Základom všetkých vyššie uvedených prístupov je teória fuzzy množín zavedená Zadehom (Dubois a Prade, 2012), teória fuzzy logiky založená na teóriách mnohohodnotových logík a fuzzy množín a teória agregačných funkcií zhrnutá v (Dubois a Prade, 2004), (Beliakov et al. 2007). Metodológia našej práce je teda založená na kľúčových zisteniach v týchto oblastiach. Výskumné otázky v tejto práci sú nasledovné: problém zlúčenia horizontálnej a vertikálnej agregácie a formalizácia povinných a fakultatívnych predikátov v kvantifikovaných dopytoch a následný návrh vhodnej integrácie. Týmto prístupom môžeme zakryť medzeru v spájaní kvantifikovanej sumarizácie s hodnotením. Okrem toho, keď konjunktívne vyjadrená podmienka dopytu pozostáva z väčšieho počtu predikátov, môže sa objaviť prázdna odpoveď. Navrhovaná agregácia fuzzy kvantifikátorom je väčšinou sémanticky odlišným príspevkom ako existujúce prístupy pokrývajúce problém prázdnych odpovedí (Bosc et al., 2009, 2008, 2007; Smits et al., 2014), a preto rozširuje zavedené postupy.

2 Lingvistické súhrny

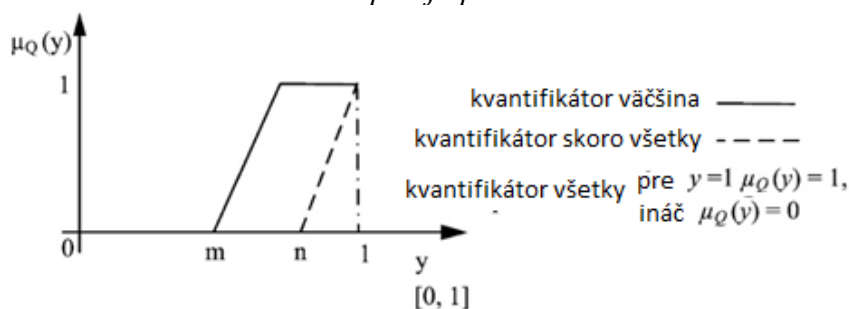
Táto časť popisuje príslušné teoretické aspekty súhrnov údajov pomocou krátkych kvantifikovaných viet prirodzeného jazyka. Základná štruktúra takejto vety má formu Q entít v množine údajov: P , kde Q je lingvistický kvantifikátor, napríklad *väčšina, polovica a málo*, a P je elementárny alebo zložený predikát. Pravdivostná hodnota (alebo platnosť) sa vypočíta nasledujúcim spôsobom (Yager, 1982):

$$v(Q_x(P(x))) = \mu_Q\left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \mu_P(x_i)\right) \quad (2)$$

kde n je počet entít alebo skalárna mohutnosť množiny údajov (univerzum entít U_p (1)), $\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \mu_P(x_i)$ je podiel entít v množine údajov, ktorá spĺňa predikát P , $\mu_P(x_i)$ je stupeň zhody entity x_i s predikátom P a μ_Q je funkcia príslušnosti zvoleného relatívneho kvantifikátora. Pravdivostná hodnota v preberá hodnoty z intervalu jednotiek. Formalizáciu fuzzy relatívnych kvantifikátorov možno vykonať pomocou troch metód: sigma-počty (Farnadi et al., 2014), operátor Ordered Weighted Averaging (OWA) (Yager a Kacprzyk, 2012) a agregáciu konkurenčných typov (Xu a Zhou, 2011). Pre túto prácu sa používa metóda sigma-počty, pretože umožňuje modelovať kvantifikátory a predikáty rovnakým spôsobom, čo zjednodušuje použiteľnosť, a preto je intuitívnejšia pre rôznych používateľov. V rámci tejto metódy je kvantifikátor *väčšina* formalizovaný rastúcou (zvyčajne lineárnou) funkciou. Môže byť konštruovaný nezávisle pomocou rovníc definovaných v Kacprzyk a Zadrozny (2013) alebo ako jedna časť z rodiny rovnomerne distribuovaných relatívnych kvantifikátorov zostrojených na intervale $[0,1]$ (Hudec, 2016). Keď sú vyjadrené aj s parametrami, kvantifikátor *väčšina* vyzerá nasledovne (viď aj obrázok 1), kde $0,5 \leq m \leq n \leq 1$. Keď $m=n=1$, kvantifikátor sa stane ostrým kvantifikátorom *všetky*, zatiaľ čo keď napr. $0,8 \leq m < n=1$, kvantifikátor vyjadruje výraz *takmer všetky*. Formalizovaný zápis vyzerá nasledovne:

$$\mu_Q(y) = \begin{cases} 1 & y \geq n \\ \frac{y-n}{n-m} & m < y < n \\ 0 & y \leq m \end{cases} \quad (3)$$

Obr. 1: Parametrizovaný lingvistický kvantifikátor väčšina, kde y je podiel entít, ktoré spĺňajú predikát P



Source: Sojka et al. (2020)

3 Hodnotenie atomických podmienok kvantifikovanými súhrnmi

Táto časť sa zaoberá lingvistickými súhrnmi používanými ako agregácie základných požiadaviek pri hodnotení subjektov.

Hodnotenie voliteľných atomických podmienok

Pri databázových dopytoch sa bežný spôsob výberu relevantných entít realizuje prostredníctvom podmienok vyjadrených konjunkciou (operátor *AND*) a disjunkciou (operátor *OR*). Prvý nemôže pokrývať súhrn povinných a nepovinných požiadaviek, pretože všetky požiadavky sú povinné. Ak je zamietnutá iba jedna atomická podmienka z väčšej sady, celkový stupeň zhody je nula (nula je absorbujúci prvok v spojení).

Pripomeňme si štandardnú klasifikáciu agregáčnych funkcií (Dubois a Prade, 2004). Konjunktívne agregáčne funkcie sú charakterizované $A(x) \leq \min(x)$, disjunktívne $A(x) \geq \max(x)$, spriemerované pomocou $\min(x) \leq A(x) \leq \max(x)$ a zostávajúce agregáčne funkcie sú nazývané zmiešané, kde x je vektor, $x=(x_1, \dots, x_n)$. Pri konjunktívnej agregácii sa teda môžu objaviť nasledujúce problémy. Po prvé, povinné a voliteľné požiadavky, boli riešené asymetrickou konjunkciou *AND IF POSSIBLE* (Dujmović, 2007; Bosc a Pivert, 2012) a axiomatizované v Hudec a Mesiar (2020). Po druhé, vyššie uvedený problém s prázdnu odpoveďou, t. j. prípady, keď ani jeden záznam nespĺňa väčší súbor atomických podmienok. Po tretie, všetky atomické predikáty môžu byť voliteľné, kde platí zásada čím viac, tým lepšie, t. j. entita je uprednostňovaná pred inou, ak spĺňa viac predikátov. Na vylúčenie slabo výkonných entít a na druhej strane na zmiernenie problému s prázdnu odpoveďou je teda konjunkcia uvoľnená kvantifikátorom väčšiny, to znamená, že väčšina atomických predikátov by mala byť splnená. Zvoľnenie dotazu fuzzy relatívnym kvantifikátorom: *väčšina atomických podmienok by mala byť splnená* pôvodne navrhli Kacprzyk a Zadrozny (2013). Formalizované sú kvantifikovanými súhrnmi (2), (3) takto:

$$v(x) = \mu_Q\left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \mu_{P_i}(x)\right) \quad (4)$$

kde n je počet atomických predikátov umiestnených na podmnožine atribútov A (1), $\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \mu_{P_i}(x)$ je podiel atomických predikátov P_i , ktoré sú splnené hodnotenou entitou x a μ_Q je formalizáciou väčšiny kvantifikátora. Pravdivostná hodnota v preberá hodnoty z intervalu jednotiek.

4 Hodnotenie povinných a nepovinných atomických podmienok

V mnohých prípadoch je niekoľko atomických požiadaviek povinných, zatiaľ čo ostatné sú voliteľné, a navyše, ak je splnený vyšší podiel voliteľných požiadaviek, potom je entita vhodnejšia. Aby sme pokryli túto požiadavku na agregáciu, upravili sme rovnicu (4) nasledujúcim spôsobom

$$v(x) = \bigwedge_{i=1}^r P_i(x) \wedge \mu_Q\left(\frac{1}{s} \sum_{j=1}^s \mu_{P_j}(x)\right) \quad (5)$$

kde r je počet povinných požiadaviek a s je počet nepovinných požiadaviek (zvyčajne $r \ll s$) a x je hodnotená entita.

Vhodnou metódou na formalizáciu *AND* spojky (konjunkcie) vo fuzzy logike sú trojuholníkové normy (alebo v skratke *t-normy*), kvôli požadovaným vlastnostiam (monotónnosť, asociativita, symetria a prítomnosť neutrálneho prvku) (Hájek, 2013). Štyri základné *t-normy* sú (Klement et al., 2005): minimová *t-norma*, súčinnová *t-norma*, Łukasiewiczova *t-norma* a drastický súčin. Najmenej vhodný je drastický súčin pre jeho veľmi obmedzujúci charakter a nenáväznosť. Súčinnová *t-norma* a Łukasiewiczova *t-norma* majú vlastnosť zosilnenia smerom nadol, zatiaľ čo minimálna *t-norma* má vlastnosť idempotencie (Beliakov et al., 2007). Napríklad pri použití Łukasiewiczovej *t-normy* je riešenie väčšie ako nula, keď sú výrazne splnené povinné aj kvantifikované časti. V rovnici (5) máme dve konjunkcie – medzi povinnými a medzi povinnými a kvantifikovanými požiadavkami. Okrem toho existujú konjunktívne funkcie, ktoré nespĺňajú všetky axiomy *t-norm*, napr. $C(a,b)=av \cdot bw$ (Beliakov et al., 2007; Hudec a Vučetić, 2019), kde $v > 1$ a $w > 1$ označujú dôležitosť predikátov. Pre $v=w=1$ dostaneme súčinnovú *t-normu* a pre $v < 1$, $w < 1$ a $v+w=1$ dostaneme geometrický priemer. Hoci by sa dali preskúmať aj ostatné funkcie, táto práca je zameraná na minimovú *t-normu*.

5 Integrácia modelu do prostredia aplikácie

Pri tvorbe modelov sa ich autorom často vytýka, že mnohé modely sú nedostatočne odskúšané a tým nepoužiteľné v aplikačnej praxi. Autori často skúšajú model na teoretických a malých vzorkách údajov. Náš model sme testovali najskôr v malom meradle, aby sme odhalili a odstránili nedostatky, ktoré sa dajú ľahšie odhaliť na menších vzorkách údajov. Po testovaní modelu na dátach v programe Microsoft Excel sme prešli na implementáciu modelu v prostredí nami vyvinutej aplikácie. Naše prostredie zahŕňa používanie databázového servera Oracle MySQL, je možné použiť aj verziu Open Source (Open Source - Open source softvér, často s bezplatným šírením a distribúciou) MariaDB, ktorá je vyvinutá na základoch servera MySQL, a preto sú tieto dva databázové systémy kompatibilné. Ako prezentačnú vrstvu sme použili webový server Apache od Apache Foundation spolu so skriptovacím jazykom PHP. Používateľ zadá adresu do internetového prehliadača, kde sa následne načíta obsah stránky, kam môžu používatelia vkladať svoje súbory s údajmi vo formáte CSV (Comma Separated Value). Následne náš systém automaticky spracuje dáta a za chodu vytvorí všetky požadované štruktúry v databáze. Výhodou tohto prístupu je, že náš systém dokáže dynamicky spracovať premenlivý počet vstupných atribútov. Používateľ tak nemusí manuálne definovať štruktúry tabuliek v databáze, a to počet stĺpcov a ich názvy, čo je relevantná vlastnosť pre používateľov, ktorí nie sú oboznámení s procesmi tvorby databáz a tabuliek a to je ďalšia výhoda našej aplikácie. Systém umožní používateľom po načítaní s týmito údajmi pracovať. Pre koncového používateľa, od ktorého sa neočakáva hlbšia znalosť metód štatistického spracovania údajov, fuzzy logiky alebo iných matematických modelov, je rozhranie jednoduché, intuitívne a vyžaduje minimálnu interakciu na každej z niekoľkých obrazoviek aplikácie. Na nasledujúcej obrazovke si užívateľ vyberie, o ktoré parametre z vložených údajov má záujem. Následne pokračuje do ďalšej časti aplikácie, kde si posuvníkom vyberie hodnotu predtým zvolených parametrov. Systém udáva minimálnu, maximálnu a priemernú hodnotu parametra pre základnú orientáciu v daných hodnotách. Používateľ môže alebo nemusí meniť hodnoty parametrov. Keď hodnoty zostanú nezmenené, systém použije preddefinované.

Obr. 2: Jemné dolad'ovanie zvolených atribútov

Nadmorská_výška_obce	<input type="checkbox"/> Povinná podmienka
Min: 97	<input type="text" value="308"/>
Max: 1109	<input type="range" value="308"/> okolo hodnoty ▾
Avg: 308	spodny int. <input type="text" value="0.8"/> → <input type="text"/> horny int. <input type="text" value="1.2"/> → <input type="text"/>

Zdroj: vlastné spracovanie

Systém automaticky generuje takzvané dynamické SQL dopyty, ktorých dolad'ovanie bolo pomerne náročné, pretože pri tomto type vytvárania dopytov môže dochádzať v špeciálnych prípadoch k ťažko predvídateľným chybám. Po spustení výpočtu používateľ pokračuje na poslednú obrazovku, kde systém po ukončení výpočtu zobrazí výsledné hodnoty. Do databázy sme vložili údaje získané zo Štatistického úradu SR, ktoré popisujú jednotlivé obce na Slovensku z hľadiska ich polohy podľa nadmorskej výšky, rozlohy a podielu výmery poľnohospodárskej pôdy na celkovej výmere obce. Po vyhodnotení údajov sa vráti výsledok (obrázok 3) a ukazuje, ktoré jednotlivé obce s akou intenzitou spadajú do nášho preferenčného výberu. Obce sú následne prepojené s mapami Google (obrázok 4), čo je pridaná hodnota, používateľ po kliknutí na názov obce hneď vidí, kde sa nachádza. Do takýchto rozhraní je možné implementovať aj ďalšie funkcie, ktoré napríklad zobrazujú základné informácie o obci, možnosti trávenia voľného času v okolí, potenciálne kultúrne a športové možnosti a iné. Vďaka hypertextovým odkazom na webové stránky iných systémov, ako je napríklad Wikipedia, je to už možné a umožňuje vám to nájsť ďalšie informácie na prepojených webových stránkach.

Obr. 3: Prvé dva nájdené záznamy obcí

Rabča	obec 820	1.00 Takmer všetky atribúty spĺňajú zadané kritériá.
Huty	obec 852	1.00 Takmer všetky atribúty spĺňajú zadané kritériá.

Zdroj: vlastné spracovanie

Dynamicky generovaný SQL dotaz je rovnako aj pohodlný, pretože nie je fixovaný na názvy stĺpcov (atribúty, predikáty) databázovej tabuľky, takže používateľ môže použiť tento nástroj ako univerzálnu knižnicu na vyhodnocovanie záznamov a v konečnom kroku je možné

výsledky interpretovať podľa vstupných dát ako napríklad vidíme na obrázku 3. Výňatok z kódu pre generovanie SQL príkazu:

```
$sql="{ $brace[$key]} `{$cols_names[$key]}` >= { $nums[$key]}*{$low[$key]}
{$logical[$key]} ";
```

Týmto spôsobom tvorba príkazu SQL prechádza niekoľkými krokmi, kým sa nedosiahne konečný formulár, ktorý sa odošle serveru na vykonanie vytvoreného databázového dopytu. Tento spôsob vytvárania SQL dotazu je pomerne náročný, pretože je potrebná detailná presnosť pri vytváraní premenných, zátvoriek, operátorov a potrebných komponentov takéhoto dopytu. Implementácia matematicky formalizovaného dopytu je realizovaná ako funkcia jazyka PHP, ktorý sa volá v prípade potreby na výpočet stupňa intenzity.

Obr. 4: Po kliknutí na prvý vrátený výsledok nás systém presmeruje na mapy od Google



Zdroj: vlastné spracovanie

Ako sme videli z vyššie uvedeného príkladu, tento prístup možno aplikovať pri rozhodovaní na strednej alebo nižšej manažérskej vrstve vo firme, ktorá sa zaoberá vývojom a výstavbou budov určených na bývanie alebo na rekreačné účely, a tento nástroj môže uľahčiť rozhodovanie pri snahe nájsť vhodné miesta v celej krajine napríklad definovaním požadovaných charakteristík okolitého terénu.

6 Záver

V našej, na dátach založenej, modernej spoločnosti čelíme problémom rôznorodých potrieb agregácie atomických požiadaviek na hodnotenie entít a na vysvetlenie súhrnných informácií. Aby sme k tejto problematike prispeli, nastolili sme výskumnú otázku zlúčenia kvantifikovaného hodnotenia a kvantifikovanej sumarizácie, ako aj agregácie povinných a fakultatívnych kvantifikovaných predikátov vo fuzzy prostredí, kde sú požiadavky vyjadrené prostredníctvom fuzzy množín.

Odpoveď je, že kvantifikované vyhodnotenie (horizontálna kvantifikovaná agregácia) a sumarizácia údajov (vertikálna agregácia) sú podporované fuzzy relatívnymi kvantifikátormi, a preto ich možno priamo zlúčiť, aby zodpovedali na rôzne otázky v rámci dodaných dátových setov. V tejto práci sú relatívne kvantifikátory formalizované sigma-počtami, a preto sú kvantifikátory a predikáty modelované rovnakou metódou, čo zjednodušuje použiteľnosť a je pre používateľov intuitívnejšie.

Pre kvantifikované hodnotenie by sme mali zvážiť prípady, keď sú niektoré z atomických požiadaviek povinné. V tomto prípade by sme mali povinné a nepovinné kvantifikované požiadavky agregovať pomocou konjunktívnej funkcie. Konjunkcia v našom príspevku je realizovaná minimovou t-normou. Budúci výskum zváži použitie aj iných konjunktívnych funkcií na pokrytie ďalších aspektov agregácie povinných a nepovinných kvantifikovaných

požiadaviek. Kvantifikovaná agregácia atomických predikátov je uvoľnením konjunkcie, ktorá rozširuje existujúce prístupy na zmiernenie problémov s prázdnyimi odpoveďami.

Navrhovaný prístup je demonštrovaný na príkladoch s cieľom ilustrovať rôznorodé potreby používateľov. Z výsledkov tejto práce môžu mať úžitok aj ďalšie úlohy v reálnom svete, ako sú flexibilné odporúčania, informovanie a vyhľadávanie v inteligentných mestách a informačné panely v rámci business intelligence.

Literatúra

1. Beliakov, G., Pradera, A., Calvo Sánchez, T. (2007). *Aggregation Functions: A Guide for Practitioners*. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg.
2. Boran, F.E., Akay, D., Yager, R.R. (2016). An overview of methods for linguistic summarization with fuzzy sets. *Expert Systems with Applications*, 61, 356–377.
3. Bosc, P., Pivert, O. (2012). On four noncommutative fuzzy connectives and their axiomatization. *Fuzzy Sets and Systems*, 202, 42–60.
4. Bosc, P., Hadjali, A., Pivert, O. (2007). Weakening of fuzzy relational queries: and absolute proximity relation-based approach. *Mathware and Soft Computing*, 14, 35–55.
5. Bosc, P., Hadjali, A., Pivert, O. (2008). Empty versus overabundant answers to flexible relational queries. *Fuzzy Sets and Systems*, 159, 1450–1467.
6. Bosc, P., Brando, C., Hadjali, A., Jaudoin, H., Pivert, O. (2009). Semantic proximity between queries and the empty answer problem. In: *Joint 2009 International Fuzzy Systems Association World Congress and 2009 European Society of Fuzzy Logic and Technology Conference*, Lisbon, pp. 259–264.
7. Dubois, D., Prade, H. (2004). On the use of aggregation operations in information fusion processes. *Fuzzy Sets and Systems*, 142, 143–161.
8. Dubois, D., Prade, H. (2012). *Fundamentals of Fuzzy Sets*. Springer Science & Business Media.
9. Dujmović, J. (2007). Continuous Preference Logic for System Evaluation. In: *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, vol. 15, no. 6, pp. 1082–1099, Dec. 2007, doi: 10.1109/TFUZZ.2007.902041.
10. Farnadi, G., Bach, S.H., Moens, M.F., Getoor, L. & De Cock, M. (2014). Extending PSL with fuzzy quantifiers. In: *Proceedings of the 13th AAAI Conference on Statistical Relational AI (AAAIWS'14-13)*. AAAI Press, 35–37.
11. Hájek, P. (2013). *Meta Mathematics of Fuzzy Logic*. Springer-Science+Business media, B.V.
12. Hudec, M. (2009). An approach to fuzzy database querying, analysis and realization. *Computer Science and Information Systems*, 6, 127–140.
13. Hudec, M. (2016). *Fuzziness in Information Systems – How to Deal with Crisp and Fuzzy Data in Selection, Classification, and Summarization*. Springer, Cham.
14. Hudec, M., Mesiar, R. (2020). The axiomatization of asymmetric disjunction and conjunction. *Information Fusion*, 53, 165–173.
15. Hudec, M., Vučetić, M. (2015). Some issues of fuzzy querying in relational databases. *Kybern*, 51, 994–1022.
16. Hudec, M., Vučetić, M. (2019). Aggregation of fuzzy conformances. In: *10th International Summer School on Aggregation Operators, AGOP 2019, Olomouc, Czech Republic*.
17. Hudec, M., Bednářová, E., Holzinger, A. (2018). Augmenting statistical data dissemination by short quantified sentences of natural language. *Journal of Official Statistics*, 34, 981–1010.

18. Kacprzyk, J., Pasi, G., Vojtáš, P., Zadrožny, S. (2000). Fuzzy querying: issues and perspectives. *Kybernetika*, 36, 605–616.
19. Keefe, R. (2000). *Theories of Vagueness*. Cambridge University Press, Cambridge.
20. Kacprzyk, J., Yager, R. R., & Zadrožny, S. (2002). Fuzzy Linguistic Summaries of Databases for an Efficient Business Data Analysis and Decision Support. In *Knowledge Discovery for Business Information Systems* (pp. 129–152). Kluwer Academic Publishers. https://doi.org/10.1007/0-306-46991-x_6
21. Kacprzyk, J., Zadrožny, S. (2001). SQLf and FQUERY for Access. *Proceedings Joint 9th IFSA World Congress and 20th NAFIPS International Conference* (Cat. No. 01TH8569), 2001, pp. 2464–2469 vol.4, doi: 10.1109/NAFIPS.2001.944459.
22. Kacprzyk, J., Zadrožny, S. (2013). Comprehensiveness of Linguistic Data Summaries: A Crucial Role of Protoforms. In *Computational Intelligence in Intelligent Data Analysis* (pp. 207–221). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-32378-2_14
23. Kacprzyk, J., Zadrožny, S. (2013). Compound bipolar queries: combining bipolar queries and queries with fuzzy linguistic quantifiers. *Proceedings of the 8th conference of the European Society for Fuzzy Logic and Technology (EUSFLAT-13)*. <https://doi.org/10.2991/eusflat.2013.125>
24. Klement, E.P., Mesiar, R., Pap, E. (2005). Triangular norms: basic notions and properties. In: Klement, E.P., Mesiar, R. (Eds.), *Logical, Algebraic, Analytic, and Probabilistic Aspects of Triangular Norms*. Elsevier, Amsterdam, pp. 17–60.
25. Rakovská, E., & Hudec, M. (2019). Two approaches for the computational model for software usability in practice. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 191–202. doi:10.1007/978-3-030-18058-4_15
26. Schield, M. (2011). Statistical literacy: a new mission for data producers. *Statistical Journal of the IAOS*, 27, 173–183.
27. Skowron, A., Jankowski, A., Swiniarski, R.W. (2015). Foundations of rough sets. In: Kacprzyk, J., Pedrycz, W. (Eds.), *Handbook of Computational Intelligence*. Springer, Berlin, Heidelberg, pp. 331–348.
28. Smits, G., Pivert, O., Hadjali, A. (2014). Fuzzy cardinalities as a basis to cooperative answering. In: Pivert, O., Zadrožny, S. (Eds.), *Flexible Approaches in Data, Information and Knowledge Management*. *Studies in Computational Intelligence*, Vol. 497. Springer, Cham, pp. 261–289.
29. Sojka, P., Hudec, M., Švaňa, M. (2020). Linguistic Summaries in Evaluating Elementary Conditions, Summarizing Data and Managing Nested Queries. In *Informatica : An International Journal*. Vilnius : Vilnius University. Vol. 4, 31, 841–856.
30. Tamani N., Liétard L., Rocacher D. (2011) Bipolar SQLf: A Flexible Querying Language for Relational Databases. In: Christiansen H., De Tré G., Yazici A., Zadrožny S., Andreasen T., Larsen H.L. (eds) *Flexible Query Answering Systems*. FQAS 2011. *Lecture Notes in Computer Science*, vol 7022. Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-24764-4_41
31. Wang, T-C., Lee, L.H-D., Chen, C-M. (2007). Intelligent queries based on fuzzy set theory and SQL. In: *39th Joint Conference on Information Science*, Salt Lake City, pp. 1426–1432.
32. Xu, J., Zhou, X. (2011). Fuzzy-Like Multiple Objective Decision Making. In *Studies in Fuzziness and Soft Computing*. Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-16895-6>
33. Yager, R.R., Kacprzyk, J. (2012). *The ordered weighted averaging operators: theory and applications*. Springer Science & Business Media.



Prediction of results of financial statements companies in automotive industry in Slovakia after COVID-19 pandemic

Martina Ballova¹

Abstract

Paper focuses on results of financial statements companies in automotive industry and prediction of future results as the result of the end of COVID-19 pandemic. Slovakia is the biggest car producer per citizen in the world and as the automotive represents 50 % of all industrial production in Slovak Republic it is important for whole economic of country. Regression analysis provides method for analysing and prediction of future results of financial statements companies. This method a set of statistical methods used for the estimation of relationships between a dependent variable and one or more independent variables.

Key words

financial statements, pandemic, automotive, COVID-19, regression analysis

JEL classification

M410, C130

1 Introduction to automotive industry in Slovakia

The automotive industry in Slovakia has a long history from the time of dividing of Czechoslovakia. First car manufacturer was Volkswagen, then KIA and manufacturer with new name Stellantis and the latest Jaguar Land Rover. Country has half industrial production connected to automotive. Which provides need to focus on changes in automotive on global level around the world and predict the impact on economic of Slovak Republic. There is also need for adaptation of latest trends as are electronification of car.

The latest impact on automotive around the world and in Slovakia had world pandemic caused by virus COVID-19. From financial statements published by car manufactures is possible to see the affect on revenues and profit. Following analysis provides insight to result and comparison with fiscal year 2019, before the pandemic.

This article provides analysis of automotive industry before and after spreading of virus COVID-19 which caused pandemic and had affect on people as employees in car manufacturers. As automotive industry represents 50% of industrial production of Slovakia it is essential element in economy of country. It is important to monitor increases and decreases of performance of this part of industry due to effect on all economy (Pelle, Tabajdi, 2021), (Lovciova, 2018), (Paksiova, Lovciova, 2018). Slovakia has 4 main car manufacturers which are Volkswagen, Stellantis, KIA and Jaguar Land Rover. In July 2022 Volvo announced that they will be the fifth major car producer in Slovakia and will build new factory. As all manufactures have headquarters outside of Slovakia, they are reporting financial statements according to IFRS (Tumpach, Juhaszova, Kubascikova, Kriskova, 2021), (Tumpach, Surovicova, Juhaszova, Marci, Kubascikova, 2020). Also neighbouring country Czech Republic has large car production and academics provide research and monitoring of performance of this production (Tousek, Malinska, Prokop, Prochazka, 2021). Monitoring of automotive industry in countries outside of Europe, for example in Australia provides significant information on prediction of future processes (Conley, 2022). The objective of this

¹ Ing. Martina Ballová, PhD., University of Economics in Bratislava, Faculty of Economic Informatics, Department of Accounting and Auditing, martina.ballova@euba.sk.

article is to determine if all main manufacturers have decrease in revenues from operating revenues, operating costs, labor costs, stocks, pretax profit, and profit after tax.

In the Slovak Republic are currently four car manufacturers Volkswagen, Stellantis, KIA, Jaguar Land Rover. Production of all these companies provides the highest percentage of produced cars per citizen on the world. Which makes Slovakia the biggest car producer on the world. The proportion automotive on all industrial production is 50 %. There are also subcontractors, which provide automotive parts for automotive. The impact on Slovak economy is significant which also creates concerns. If there is small or bigger deviation in car production, it has impact on 50 % of industrial production. The latest effect on manufacturing has had world pandemic caused by virus COVID-19 which affected fiscal year 2020.

2 Methodology

For the purposes of this article, empirical research was carried out based on our own database of the largest car manufacturers in Slovakia - VOLKSWAGEN SLOVAKIA, as., Kia Slovakia s.r.o., Jaguar Land Rover Slovakia s.r.o. and Stellantis Slovakia, which are represented in Slovakia by the automobile company PCA Slovakia, s.r.o. The financial statements of automobile manufacturers are published in the Register of Financial Statements, 2022). The applied research method was essentially a quantitative descriptive analysis of a coded database of qualitative inputs. The financial statements were subjected to this analysis, for the period before the COVID-19 crisis, i.e. 2019 and during the COVID-19 pandemic, i.e. for the period 2020 and 2021, while the monitored attributes were the average recalculated number of employees and the number of employees as of the date on which the accounting financial statements for the period 2019 - 2021 in absolute terms. For prediction of financial results were used regression analysis which provides method for analysing and prediction of future results of financial statements companies. This method a set of statistical methods used for the estimation of relationships between a dependent variable and one or more independent variables.

3 Results

The first car producer which came to market after the revolution was VOLKSWAGEN SLOVAKIA, a.s. This company is reporting financial statements according to IFRS. From published documents coronavirus affected numbers for year 2020. Following table provides analysis of numbers from financial statements from year 2019 and year 2021.

Table 1: Volkswagen financial statements

Year	Revenues from operating activities	Operating costs	Stocks	Labor costs	Pretax profit	Profit after tax
2021	9 557 386 000	9 279 493 000	414 051 000	450 178 000	263 844 000	191 704 000
2020	9 785 290 000	9 492 843 000	268 968 000	453 822 000	277 842 000	206 684 000
2019	10 396 766 000	10 075 717 000	301 832 000	511 242 000	319 672 000	447 572 000

Source: Own processing based on information from the financial statements of VOLKSWAGEN SLOVAKIA, as from the Register of Financial Statements 2019, 2020 and 2021

In year 2019, before coronavirus, the revenues from operating activities were 10 396 766 000 Eur, operating costs 10 075 717 000 Eur, stocks 301 832 000 Eur, labor costs 511 242 000 Eur, pretax profit 319 672 000 Eur, profit after tax 447 572 000 Eur. In year 2020 the revenues from operating activities were 9 785 290 000 Eur, operating costs 9 492 843 000 Eur, stocks

268 968 000 Eur, labor costs 453 822 000 Eur, pretax profit 277 842 000 Eur, profit after tax 206 684 000 Eur. The difference between year 2020 and 2019 in the revenues from operating activities were 611 476 000 Eur, operating costs 582 874 000 Eur, stocks 32 864 000 Eur, labor costs 57 420 000 Eur, pretax profit 41 830 000 Eur, profit after tax 240 888 000 Eur. In percentage the difference was in the revenues from operating activities were -5,88 %, operating costs -5,78 %, stocks -10,89 %, labor costs -11,23 %, pretax profit -13,09 %, profit after tax -53,82 %.

Pandemic had also affected the employees whose amount had to be reduced. Mostly were lowered contractor employees and core employees were paid around 70 % of their wage with financial help from the government.

Table 2: Volkswagen employees

Employees	2021	2020	2019
Average recalculated number of employees	11 228	11 280	13 231
The number of employees as of the date for which the financial statements are drawn up	11 465	11 473	12 383

Source: Own processing based on information from the financial statements of VOLKSWAGEN SLOVAKIA, as from the Register of Financial Statements 2019, 2020 and 2021

In year 2019 had Volkswagen 11 473 employees and in year 2020 had 12 383 employees. Which was decrease 910 employees. As the result of pandemic on financial situation of Volkswagen it is possible to see decrease in revenues and in profit after tax which decreased more than in half compared to 2019.

Kia Slovakia s. r. o. is manufacturer which seats in northern part of Slovakia and origins in South Korea. Bellow analysis in the table shows the results of financial statements in years 2019 and 2020.

Table 3: KIA financial statements

Year	Revenues from operating activities	Operating costs	Stocks	Labor costs	Pretax profit	Profit after tax
2021	5 568 170 000	5 292 816 000	466 537 000	126 971 000	281 093 000	221 680 000
2020	4 589 391 000	4 433 938 000	375 922 000	106 672 000	134 352 000	105 894 000
2019	5 647 860 000	5 245 000 000	476 429 000	125 016 000	403 815 000	318 613 000

Source: Own processing based on information from the financial statements of Kia Slovakia, s.r.o. from the Register of Financial Statements 2019, 2020 and 2021

KIA in year 2019, before coronavirus, had the revenues from operating activities 5 647 860 000 Eur, operating costs 5 245 000 000 Eur, stocks 476 429 000 Eur, labor costs 125 016 000 Eur, pretax profit 403 815 000 Eur, profit after tax 318 613 000 Eur. In year 2020 the revenues from operating activities were 4 589 391 000 Eur, operating costs 4 433 938 000 Eur, stocks 375 922 000 Eur, labor costs 106 672 000 Eur, pretax profit 134 352 000 Eur, profit after tax 105 894 000 Eur. The difference between year 2020 and 2019 in the revenues from operating activities were 1 058 469 000 Eur, operating costs 811 062 000 Eur, stocks 100 507 000 Eur, labor costs 18 344 000 Eur, pretax profit 269 463 000 Eur, profit after tax 212 719 000 Eur. In percentage the difference was in the revenues from operating activities were -18,74 %, operating costs -15,46 %, stocks -21,10 %, labor costs -14,67 %, pretax profit -66,73 %, profit

after tax -66,76 %. KIA had to also decrease the number of employees by amount 142 comparing years 2019 and 2020.

Table 4: KIA employees

Employees	2021	2020	2019
Average recalculated number of employees	3 460	3 520	3 677
The number of employees as of the date for which the financial statements are drawn up	3 466	3 469	3 611

Source: Own processing based on information from the financial statements of Kia Slovakia, s.r.o. from the Register of Financial Statements 2019, 2020 and 2021

Impact of pandemic on financial situation of KIA had been on decrease in revenues -18,74 % and in profit after tax which decreased -66,76 % compared to 2019.

PCA Slovakia, s.r.o. has headquarters in Slovakia next to town Trnava and produces here cars Citroen and Peugeot. At the end of 2019, news from China regarding the COVID-19 virus appeared for the first time. In the first months of 2020, it spread worldwide and appeared in many countries. For this reason, the Company suspended production from March 19 to May 12, 2020. The Company applied strict hygiene measures and returned to the pre-crisis pace from June 6, 2020.

Table 5: Stellantis financial statements

Year	Revenues from operating activities	Operating costs	Stocks	Labor costs	Pretax profit	Profit after tax
2021	3 402 449 000	3 334 373 000	36 886 000	96 773 000	73 788 000	58 208 000
2020	3 459 932 000	3 405 913 000	27 218 000	107 205 000	53 294 000	41 424 000
2019	3 228 401 000	3 170 017 000	62 150 000	111 107 000	59 462 000	65 331 000

Source: Own processing based on information from the financial statements of Stellantis Slovakia (PCA Slovakia, s.r.o.) from the Register of Financial Statements 2019, 2020 and 2021

Stellantis had in year 2019, before coronavirus, the revenues from operating activities 3 228 401 000 Eur, operating costs 3 170 017 000 Eur, stocks 62 150 000 Eur, labor costs 111 107 000 Eur, pretax profit 59 462 000 Eur, profit after tax 65 331 000 Eur. In year 2020 the revenues from operating activities were 3 459 932 000 Eur, operating costs 3 405 913 000 Eur, stocks 27 218 000 Eur, labor costs 107 205 000 Eur, pretax profit 53 294 000 Eur, profit after tax 41 424 000 Eur. The difference between year 2020 and 2019 in the revenues from operating activities were 231 531 000 Eur, operating costs 235 896 000 Eur, stocks 34 932 000 Eur, labor costs 3 902 000 Eur, pretax profit 6 168 000 Eur, profit after tax 23 907 000 Eur. In percentage the difference was in the revenues from operating activities were + **7,17 %**, operating costs 7,44 %, stocks -56,21 %, labor costs -3,51 %, pretax profit -10,37 %, profit after tax -36,59 %.

Table 6: Stellantis employees

Employees	2021	2020	2019
Average recalculated number of employees	3 559	4 007	4 163
The number of employees as of the date for which the financial statements are drawn up	3 222	3 762	4 365

Source: Own processing based on information from the financial statements of Stellantis Slovakia (PCA Slovakia, s.r.o.) from the Register of Financial Statements 2019, 2020 and 2021

Decrease in 2020 in number of employees comparing to 2019 was 603. Average recalculated number of employees in year 2019 was 4 163 and average recalculated number of employees in year 2020 was 4 007 which is decrease 156 employees. Important result of analysis of financial statements of Stellantis is increase of revenues +7,17 % in year 2020 compared to year 2019. It is the only car producer in Slovakia, which had increase in revenues during world pandemic.

Jaguar Land Rover Slovakia s.r.o. is the latest gain between car producers in Slovakia. It is located next to town Nitra. Following analysis provided insight to changes in financial statements affected by pandemic cause by virus COVID-19.

Table 7: Jaguar Land Rover financial statements

Year	Revenues from operating activities	Operating costs	Stocks	Labor costs	Pretax profit	Profit after tax
2021	306 205 163	288 534 716	11 327 565	105 808 408	14 754 493	6 038 235
2020	280 662 005	263 582 451	10 945 087	90 607 358	13 537 966	11 544 709
2019	282 012 131	263 411 317	10 283 340	78 505 045	14 742 085	13 400 687

Source: Custom processing based on information from the financial statements Jaguar's Land Rover Slovakia s.r.o. from the Register of Financial Statements 2019, 2020 and 2021

In year 2019, before coronavirus, the revenues from operating activities were 282 012 131 Eur, operating costs 263 411 317 Eur, stocks 10 283 340 Eur, labor costs 78 505 045 Eur, pretax profit 14 742 085 Eur, profit after tax 13 400 687 Eur. In year 2020 the revenues from operating activities were 280 662 005 Eur, operating costs 263 582 451 Eur, stocks 10 945 087 Eur, labor costs 90 607 358 Eur, pretax profit 13 537 966 Eur, profit after tax 11 544 709 Eur. The difference between year 2020 and 2019 in the revenues from operating activities were 1 350 126 Eur, operating costs 171 134 Eur, stocks 661 747 Eur, labor costs 12 102 313 Eur, pretax profit 1 204 119 Eur, profit after tax 1 855 978 Eur. In percentage the difference was in the revenues from operating activities were - 0,48 %, operating costs -0,06 %, stocks 6,44 %, labor costs 15,42 %, pretax profit -8,17 %, profit after tax -13,85 %.

Table 8: Jaguar Land Rover employees

Employees	2021	2020	2019
Average recalculated number of employees	3 913	3 362	2 745
The number of employees as of the date for which the financial statements are drawn up	3 979	3 571	3 393

Source: Custom processing based on information from the financial statements Jaguar's Land Rover Slovakia s.r.o. from the Register of Financial Statements 2019, 2020 and 2021

Jaguar Land Rover is only car producer which increased number of employees during pandemic of virus COVID-19. The increase was from 3 393 to 3 571, which is 178 employees. Reason could be that this company is quite new and is still hiring and expanding production lines for new models of cars.

Analysis of financial statements of car producers Volkswagen, Stellantis, KIA and Jaguar Land Rover showed that all had decrease of profit before tax and profit after tax. Surprisingly one producer Stellantis was able to increase revenues during the pandemic in 7,17 %. All other manufacturers had decrease in revenues. Also almost all companies had to decrease the number of employees, but Jaguar Land Rover was able to increase number of employees.

Prediction of Stocks in VOLKSWAGEN SLOVAKIA, a.s. in reporting year 2022

Method for prediction was used regression analysis, which is a set of statistical methods used for the estimation of relationships between a dependent variable and one or more independent variables. In this case we have number of stocks from year 2019 till 2021 and according to this information we are able to provide prediction for year 2022.

Table 9: Prediction of stocks in year 2022

Sr. No.	Stocks	Year	Predicted Stocks
1	301 832 000	2019	272 174 167
2	268 968 000	2020	328 283 667
3	414 051 000	2021	384 393 167
		2022	440 502 667

Source: Own processing

Slope	56 109 500,00
Intercept	-113 012 906 333,33
Correlation	0,74
R Squire	0,54

Target year	Stocks
2022	440 502 666,67

SUMMARY OUTPUT

	Coefficients	Standard Error	t Stat	P-value	Lower 95%	Upper 95%	Lower 95.0%	Upper 95.0%
Intercept	-1.1118	5.2571	-0.2115	0.8372	-13.0042	10.7805	-13.0042	10.7805
X Variable 1	0.0584	0.0083	6.9973	6.3434	0.0395	0.0772	0.0395	0.0772

Results of prediction for stocks reported for year 2022 is 440 502 666, 67 Eur. Next year, when financial results are published it will be possible to provide comparison of prediction and actual results.

Car manufactures have been capable of adaptation to latest trends on financial markets and usage of financial instruments as virtual cryptochains. The most used virtual cryptochain is bitcoin. If car manufacturers would use as alternative to currencies as euro or dollar new bitcoin, they could be free from exchange rate differences which could produce exchange rate losses. As is difficult to copy bitcoin, it is great alternative to commonly known currencies as euro or dollar. These common currencies have problem with falsification. But virtual cryptochains have exactly known origin and hardly possible to copy them. Which is great advantage for financial directors of automotive industry companies.

4 Conclusion

Analysis of financial statements of car producers Volkswagen, Stellantis, KIA and Jaguar Land Rover showed that all had decrease of profit before tax and profit after tax. Surprisingly one producer Stellantis was able to increase revenues during the pandemic in 7,17 %. All other manufacturers had decrease in revenues. Also, most companies had to decrease the number of employees, but Jaguar Land Rover was able to increase number of employees. This company

increase the number of employees in 178. This paper also provided prediction of stocks in year 2022 performed according to the regression analysis, which was 440 502 666,67 Eur. Next year, when results are published it will be possible to provide comparison of prediction and actual results.

Acknowledgments

This article is an output of the project of the Scientific Grant Agency of the Ministry of Culture of the Slovak Republic and Slovak Academy of Sciences (VEGA) no. 1/0517/0 (2020-2022) “Virtual Cryptochains as a Relevant Tool to Eliminate Economic Crime.”

References

1. Agostino, M., Nifo, A, Ruberto, S., Scalera, D., Trivieri, F. (2022) Productivity changes in the automotive industry of three European countries. An application of the Malmquist index decomposition analysis. *STRUCTURAL CHANGE AND ECONOMIC DYNAMICS*, Volume 61, pp.216-226.
2. Conley, T. (2022). The decline and fall of the Australian automotive industry. *ECONOMIC AND LABOUR RELATIONS REVIEW*. Volume 33 Issue 2 Page 415-433.
3. ĎURANA, Pavol - GINEVICIUS, Romualdas - URBANSKI, Mariusz - PODHORSKÁ, Ivana - TUMPACH, Miloš. Parallels and Differences in Earnings Management of the Visegrad Four and the Baltics. - Registrovaný: Scopus. In *Journal of Competitiveness: Scientific Journal from the Field of Management and Economics*. - Zlín: Fakulta managementu a ekonomiky Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, 2021. ISSN 1804-1728, 2021, no. 3, s. 39-55. APVV-17-0546.
4. Krabec, T., Cizinska, R.(2021) Financial Performance of the Automotive Industry in Selected EU Countries, *INTERNATIONAL ADVANCES IN ECONOMIC RESEARCH*, Volume 27, Issue 4, Page 325-327.
5. LOVCIOVÁ, Kornélia. Corporate Social Responsibility for Better Business Performance. In *Účetnictví a auditing v procesu světové harmonizace. Mezinárodní vědecká konference. Účetnictví a auditing v procesu světové harmonizace : sborník z mezinárodní vědecké konference, Janské Lázně, 4.-6. září 2018, Česko*. - Praha : Vysoká škola ekonomická v Praze, Nakladatelství Oeconomica, 2018.
6. LOVCIOVÁ, Kornélia. Consolidated Annual Report as an Instrument for Sustainable Development. - Registrovaný: Web of Science. In *EDAMBA @ EUBA 2018. International Scientific Conference for Doctoral Students and Post-Doctoral Scholars. EDAMBA @ EUBA 2018 : Capacity and Resources for Sustainable Development: The Role of Economics, Business, Management and Related Disciplines*. - Bratislava : Publishing House EKONOM, 2018. ISBN 978-80-225-4571-6, pp. 290-297 online.
7. Pelle, A., Tabajdi, G. (2021) Covid-19 and transformational megatrends in the European automotive industry: Evidence from business decisions with a Central and Eastern European focus. *ENTREPRENEURIAL BUSINESS AND ECONOMICS REVIEW*, Volume 9, Issue 4, Page 19-33.
8. PAKŠIOVÁ, Renáta - LOVCIOVÁ, Kornélia. European Integration and Reporting Requirements of Companies in the Slovak Republic. - Registrovaný: Web of Science. In *International Conference on European Integration 2018. International Conference. International Conference on European Integration 2018 : Proceedings of the 4th International Conference on European Integration 2018 : May 17 – 18, 2018 Ostrava, Czech Republic*. - Ostrava : VŠB - Technical University of Ostrava, 2018.
9. Register účtovných závierok (2022). Register účtovných závierok. www.registeruz.sk

10. Tousek, Z., Malinska, B., Prokop, M., Prochazka, D. (2021) THE EFFECT OF FINANCIAL LEVERAGE ON OPERATING PERFORMANCE: EVIDENCE FROM THE CZECH REPUBLIC. *PRAGUE ECONOMIC PAPER*. Volume 30, Issue 4, Page 381-401.
11. TUMPACH, Miloš - JUHÁSZOVÁ, Zuzana - KUBAŠČÍKOVÁ, Zuzana - KRIŠKOVÁ, Petra. Datasets of *Impact of the First-Time Adoption of IFRS 16 in the Financial Statements of Slovak Compulsory IFRS Adopters*. - Registrovaný: Web of Science, Registrovaný: Scopus. In *Data in Brief*. - Amsterdam
12. TUMPACH, Miloš - SUROVIČOVÁ, Adriana - JUHÁSZOVÁ, Zuzana - MARCI, Anton - KUBAŠČÍKOVÁ, Zuzana. Prediction of the Bankruptcy of Slovak Companies Using Neural Networks with SMOTE. - *Ekonomický časopis : časopis pre ekonomickú teóriu, hospodársku politiku, spoločensko-ekonomické prognózovanie = journal for economic theory, economic policy, social and economic forecasting*. - Bratislava : Ekonomický ústav SAV : Prognostický ústav SAV, 2020.

Vývoj tržieb v maloobchode v kontexte pandémie COVID-19

The Development of Retail Trade Sales in the Context of the COVID-19 Pandemic

Miriama Blahušiaková¹

Abstrakt

Príspevok sa venuje analýze tržieb v odvetví „Maloobchod“ okrem motorových vozidiel a motocyklov v priebehu účtovných období 2018 – 2021. Cieľom je analyzovať a preukázať vplyv pandémie na tržby podnikov pôsobiacich v tomto sektore. Analýze sme podrobili 3 896 účtovných jednotiek, ktoré sme analyzovali z hľadiska kraja pôsobenia ako aj z hľadiska hlavného predmetu činnosti. Z výsledkov vyplynulo, že napriek pandémie, tržby v maloobchode rástli, i keď rast v pandemickom roku bol nižší než v ostatných účtovných obdobiach. Napriek miernemu rastu tržieb, viac ako 50,00 % účtovných jednotiek tohto odvetvia zaznamenalo v prvom pandemickom roku 2020 pokles tržieb.

Kľúčové slová

Tržby, maloobchod, pandémie COVID-19, finančná situácia

Abstract

The paper analyses the sales in the sector "Retail trade" excluding motor vehicles and motorcycles during the financial years 2018-2021. The aim is to analyse and prove the impact of the pandemic on the sales of companies operating in this sector. We have analysed 3,896 entities, which have been analysed both in terms of the region of operation and in terms of the main activity. The results showed that despite the pandemic, sales in retail trade grew, although growth in the pandemic year was lower than in other accounting periods. Despite the moderate growth in sales, more than 50.00% of the companies in this sector experienced a decline in sales in the first pandemic year 2020.

Key words

Sales, retail sector, COVID-19 pandemic, financial position

JEL classification

M40, M41

1 Úvod

Pandémia COVID-19 (Aljofan a Gajpov, 2020; Abdulamir a Hafidh, 2020) výrazným spôsobom ovplyvnila podnikanie každej účtovnej jednotky. V súvislosti s prijatými reštrikčnými opatreniami (Shafi, Liu a Ren, 2020; Leite, Hodgkinson a Gruber, 2020; Kordošová, 2021), keď došlo k obmedzeniu pohybu, uzavretiu hraníc, škôl (Blahušiaková, Mokošová a Šoltés, 2021), ale najmä k striktnému uzavretiu maloobchodných prevádzok z dôvodu zabránenia šírenia nákazy, došlo k obmedzeniu podnikateľskej činnosti a tým k poklesu tržieb, čo následne malo za následok zhoršenie finančnej situácie

¹ Ing. Miriama Blahušiaková, PhD., Ekonomická univerzita v Bratislave, Fakulta hospodárskej informatiky, Katedra účtovníctva a auditorstva, Dolnozemska cesta 1/b, 852 35 Bratislava, miriama.blahusiakova@euba.sk.

podnikateľských subjektov (Blahušiaková, 2022), ako aj skupín účtovných jednotiek tvorených materskou účtovnou jednotkou a jej dcérskymi účtovnými jednotkami (Hornická, 2022).

Pandémia COVID-19 sa vo svete, ale aj na Slovensku prejavovala vo vlnách. Prvá vlna pandémie začala potvrdením prvého pozitívneho prípadu na Slovensku, konkrétne 6. marca 2020. S potvrdením ďalších pozitívnych prípadov došlo k prijatiu viacerých reštrikčných opatrení, ku ktorým patril napr. zákaz organizovania hromadných podujatí, nariadenie povinnej karantény pre občanov vracajúcich sa zo zahraničia, zatvorenie medzinárodných letísk (Gallego a kol., 2020; Berger a kol., 2020), obmedzenie vlakovej a autobusovej prepravy, zavedenie hraničných kontrol, zatvorenie škôl, školských zariadení, zábavných parkov, kultúrnych zariadení, wellness centier, zatvorenie maloobchodných prevádzok s výnimkou esenciálnych obchodov, ku ktorým patrili potraviny, drogérie, lekárne. V Slovenskej republike bol dokonca vyhlásený núdzový stav.

Neskôr v súvislosti s postupným zlepšovaním pandemickej situácie došlo k otvoreniu niektorých ďalších maloobchodných prevádzok, ako napr. očných optík, záhradníctiev, galantérií. Otvorené maloobchodné prevádzky mali striktné stanovené nákupné hodiny pre seniorov a obmedzený počet zákazníkov na m² predajnej plochy. K úplnému otvoreniu maloobchodných prevádzok po prvej vlne pandémie došlo v priebehu júna 2020.

Na jeseň 2020 sa však pandemická situácia začala opäť zhoršovať, pandémia prerástla do druhej vlny, preto boli opäť prijaté prísne opatrenia a došlo k opätovnému uzavretiu maloobchodných prevádzok, hotelov, reštaurácií, kostolov, divadiel, kín, športových centier a pod. Tretia vlna pandémie začala v júli 2021, no naplno prepukla na prelome októbra a novembra 2021. Obmedzenia boli opäť zavedené, ale vzhľadom na to, že časť populácie bola zaočkovaná, časť bola po prekonaní ochorenia, zaviedol sa režim OTP (očkovani-testovaní-prekonaní), resp. OP (očkovani-prekonaní), ktoré umožňovali maloobchodným prevádzkam fungovať, avšak iba v spomínaných režimoch. Štvrtá vlna pandémie spojená s menej nebezpečným vírusom Omicron už neprinesla také prísne reštrikčné opatrenia ako predchádzajúce tri vlny pandémie.

2 Cieľ, metodika práce a metódy skúmania

Cieľom príspevku je uskutočniť komparatívnu analýzu tržieb účtovných jednotiek pôsobiacich v odvetví „Maloobchod“ okrem predajní motorových vozidiel a motocyklov počas dvoch rokov pred vypuknutím pandémie a počas dvoch rokov počas pandémie COVID-19.

Podklady pre výskum sme získali z účtovných závierok zverejnených v registri účtovných závierok k 13. máju 2022 (Register účtovných závierok, 2022), pričom sme sa zamerali na účtovné jednotky pôsobiace v odvetví „Maloobchod“ s výnimkou predajní motorových vozidiel a motocyklov. Z celkového počtu 8 586 účtovných jednotiek sme vylúčili účtovné jednotky, ktoré v sledovaných účtovných obdobiach mali nulové alebo záporné tržby, záporné záväzky, záporný majetok, príp. vykazovali v účtovnej závierke ďalšie nelogické anomálie. Uvedeným spôsobom sme z pôvodnej vzorky vyseletovali 3 896 účtovných jednotiek, ktoré sme následne podrobili dôkladnej komparatívnej analýze.

Prehľad analyzovaných účtovných jednotiek rozdelených do divízií, skupín a podtried podľa SK NACE je uvedený v tabuľke. 1.

Tab. 1: Prehľad analyzovaných účtovných jednotiek odvetvia “Maloobchod”

Divízia	Skupina	Podtrieda	Počet účtovných jednotiek
47 Maloobchod okrem motorových vozidiel a motocyklov			3 894
	47.1 Maloobchod v nešpecializovaných predajniach		931
		47110 Maloobchod v nešpecializovaných predajniach najmä s potravinami, nápojmi a tabakom	144
		47190 Ostatný maloobchod v nešpecializovaných predajniach	787
	47.2 Maloobchod s potravinami, nápojmi a tabakom v špecializovaných predajniach		156
		47210 Maloobchod s ovocím a zeleninou v špecializovaných predajniach	8
		47220 Maloobchod s mäsom a mäsovými výrobkami v špecializovaných predajniach	33
		47230 Maloobchod s rybami, kôrovcami a mäkkýšmi v špecializovaných predajniach	3
		47240 Maloobchod s chlebom, pečivom, cukrárskymi výrobkami v špecializovaných predajniach	13
		47250 Maloobchod s nápojmi v špecializovaných predajniach	30
		47260 Maloobchod s tabakovými výrobkami v špecializovaných predajniach	14
		47290 Ostatný maloobchod s potravinami v špecializovaných predajniach	55
	47.3 Maloobchod s pohonnými látkami v špecializovaných predajniach		99
		47300 Maloobchod s pohonnými látkami v špecializovaných predajniach	99
	47.4 Maloobchod so zariadeniami pre informatiku a komunikácie IKT v špecializovaných predajniach		177
		47410 Maloobchod s počítačmi, periférnymi jednotkami a softvérom v špecializovaných predajniach	134
		47420 Maloobchod s telekomunikačnými prístrojmi v špecializovaných predajniach	34
		47430 Maloobchod s audio- a videoprístrojmi v špecializovaných predajniach	9
	47.5 Maloobchod s ostatným tovarom pre domácnosť v špecializovaných predajniach		455
		47510 Maloobchod s textilom v špecializovaných predajniach	114
		47520 Maloobchod so železiarskym tovarom, farbami a sklom v špecializovaných predajniach	132
		47530 Maloobchod s kobercami, rohožami, podlahovými alebo nástennými krytinami v špecializovaných predajniach	34
		47540 Maloobchod s elektrickými zariadeniami pre domácnosť v špecializovaných predajniach	70
		47590 Maloobchod s nábytkom, svetidlami a inými domácimi potrebami v špecializovaných predajniach	105
	47.6 Maloobchod s tovarom pre kultúru a rekreáciu v špecializovaných predajniach		149
		47610 Maloobchod s knihami v špecializovaných predajniach	27
		47620 Maloobchod s novinami a kancelárskymi potrebami v špecializovaných predajniach	35
		47640 Maloobchod so športovými potrebami v špecializovaných predajniach	76

Divízia	Skupina	Podtrieda	Počet účtovných jednotiek
		47650 Maloobchod s hračkami a hrami v špecializovaných predajniach	11
		47.7 Maloobchod ostatného tovaru v špecializovaných predajniach	927
		47710 Maloobchod s odevmi v špecializovaných predajniach	107
		47720 Maloobchod s obuvou a koženými výrobkami v špecializovaných predajniach	26
		47740 Maloobchod so zdravotníckymi a ortopedickými pomôckami v špecializovaných predajniach	86
		47750 Maloobchod s kozmetickými a toaletnými výrobkami v špecializovaných predajniach	41
		47760 Maloobchod s kvetmi, rastlinami, semenami, hnojivami, domácimi zvieratami a krmivom pre zvieratá v špecializovaných predajniach	94
		47770 Maloobchod s hodinami a šperkami v špecializovaných predajniach	59
		47781 Maloobchod s palivami pre domácnosť	17
		47789 Ostatný maloobchod s novým tovarom v špecializovaných predajniach inde neuvedený	466
		47790 Maloobchod s použitým tovarom v predajniach	31
		47.8 Maloobchod v stánkoch a na trhoch	37
		47810 Maloobchod v stánkoch a na trhoch s potravinami, nápojmi a tabakom	12
		47820 Maloobchod v stánkoch a na trhoch s textilom, odevmi a obuvou	5
		47890 Maloobchod v stánkoch a na trhoch s ostatným tovarom	20
		47.9 Maloobchod mimo predajní, stánkov a trhov	963
		47910 Zásielkový predaj alebo predaj cez internet	344
		47990 Ostatný maloobchod mimo predajní, stánkov a trhov	619
		77 Prenájom a lízing	2
		77.2 Prenájom a lízing osobných potrieb a potrieb pre domácnosť	2
		77220 Prenájom videopások a diskov	2
		Spolu	3 896

Zdroj: vlastné spracovanie na základe údajov z účtovných závierok

Rozdelenie analyzovaných účtovných jednotiek podľa miesta sídla a hlavnej činnosti (skupiny SK NACE) je uvedené v tabuľke 2.

Tab. 2: Rozdelenie účtovných jednotiek odvetvia Maloobchod podľa miesta sídla a hlavnej činnosti

SK NACE / kraj	BB	BA	KE	NR	PO	TN	TT	ZA	spolu
47.1	71	131	195	105	106	102	82	139	931
47.2	17	33	16	17	12	22	18	21	156
47.3	13	16	14	16	16	4	14	6	99
47.4	22	40	16	24	15	18	22	20	177
47.5	45	94	51	48	53	43	66	55	455
47.6	21	35	10	22	13	10	16	22	149
47.7	99	215	98	124	81	74	106	130	927
47.8	2	10	6	9	1	4	2	3	37
47.9	115	326	90	103	51	67	85	126	963
77.2				1			1		2
spolu	405	900	496	469	348	344	412	522	3 896

Zdroj: vlastné spracovanie na základe údajov z účtovných závierok

Najviac účtovných jednotiek odvetvia „Maloobchod“ sídlilo v Bratislavskom kraji (23,10 %), v Žilinskom kraji (13,40 %) a v Košickom kraji (12,73 %). Najviac účtovných jednotiek tohto odvetvia pôsobilo ako *Maloobchod mimo predajní, stánkov a trhov* (skupina 47.9), konkrétne 24,72 % účtovných jednotiek tohto odvetvia, ako *Maloobchod v nešpecializovaných predajniach* (skupina 47.1), konkrétne 23,90 % a ako *Maloobchod ostatného tovaru v špecializovaných predajniach* (skupina 47.7), konkrétne 23,79 % účtovných jednotiek tohto odvetvia (tabuľka 2).

Tab. 3: Rozdelenie analyzovaných účtovných jednotiek odvetvia „Maloobchod“ podľa počtu zamestnancov a právnej formy

Právna forma / počet zamestnancov	a. s.	s. r. o.	družstvo	k. s.	v. o. s.	Spolu
0 až 9	14	2 571	1	1	4	2 591
10 až 49	4	251	1	1	2	259
50 až 99	3	14		1		18
100 až 149		13	1			14
150 a viac	2	22	23			47
neuvedený	5	959		2	1	967
spolu	28	3 830	26	5	7	3 896

Zdroj: vlastné spracovanie na základe údajov z účtovných závierok

Najviac účtovných jednotiek odvetvia „Maloobchod“ zamestnávalo (tabuľka 3) do 9 zamestnancov (66,50 %) a pôsobilo ako spoločnosť s ručením obmedzeným (98,31 %).

Z vedeckých metód sme vo výskume aplikovali literárnu rešerš (preskúmanie relevantných prevažne elektronických zdrojov literatúry zaoberajúcich sa problematikou výskumu), zber a selekciu dát (z dát vykázaných v účtovných závierkach vybraných účtovných jednotiek vyselektovať informácie dôležité pre uskutočnenie nášho výskumu), analýzu a komparáciu (dôkladná analýza tržieb vybraných účtovných jednotiek v rámci skúmaných účtovných období 2018 – 2021 a ich následná komparácia) a generalizáciu (na základe získaných záverov všeobecné zhodnotenie vplyvu pandémie na tento sektor hospodárstva).

3 Analýza tržieb v odvetví „Maloobchod“

Napriek pandémie, vývoj tržieb v tomto odvetví hospodárstva vykazuje rastúci trend. Tržby v účtovnom období 2019 boli o 5,74 % vyššie ako tržby v účtovnom období 2018. V účtovnom období 2020 zaznamenali tržby iba mierny, a to 2,72 % - ný nárast oproti tržbám v účtovnom období 2019, avšak tieto tržby boli o 8,62 % vyššie ako tržby v účtovnom období 2018. V účtovnom období 2021 došlo k rastu tržieb o 5,47 % oproti tržbám v účtovnom období 2020. Tržby v účtovnom období 2021 boli o 8,34 % vyššie ako tržby v účtovnom období 2019 a o 14,56 % vyššie ako tržby v účtovnom období 2018 (tabuľka 4).

Tab. 4: Prehľad celkových tržieb v analyzovaných účtovných jednotkách odvetvia „Maloobchod“

Analyzované obdobia	Tržby spolu (€)
2021	5 181 258 640
2020	4 912 585 753
2019	4 782 427 019
2018	4 522 618 003

Zdroj: vlastné spracovanie na základe údajov z účtovných závierok

V účtovnom období 2019 zaznamenalo pokles tržieb 1 623 účtovných jednotiek (41,66 %) z odvetvia „Maloobchod“, zatiaľ čo 2 255 účtovných jednotiek (57,88 %)

zaznamenalo nárast tržieb (tabuľka 5). V účtovnom období 2020 zaznamenalo pokles tržieb v porovnaní s predchádzajúcim účtovným obdobím až 2 173 účtovných jednotiek (55,78 %), zatiaľ čo nárast tržieb zaznamenalo iba 1 705 účtovných jednotiek (43,76 %). V účtovnom období 2021 opäť prevládali účtovné jednotky, ktoré zaznamenali nárast tržieb, ktorých bolo 2 075 (53,26 %), zatiaľ čo 1 793 účtovných jednotiek (46,02 %) zaznamenalo pokles tržieb. V tomto odvetví hospodárstva vidíme vplyv pandémie COVID-19 na vývoj tržieb, nakoľko práve v účtovnom období 2020, kedy boli zavedené najprísnejšie reštrikčné opatrenia, bol počet účtovných jednotiek, ktoré zaznamenali pokles tržieb, najvyšší.

V účtovnom období 2019 bola priemerná absolútna zmena tržieb 66 686 eur a priemerná percentuálna zmena tržieb 379,75 %. V účtovnom období 2020 bola priemerná absolútna zmena tržieb 33 408 eur a priemerná percentuálna zmena tržieb 38,20 %. V účtovnom období 2021 bola priemerná absolútna zmena tržieb v tomto odvetví 68 961 eur a priemerná percentuálna zmena tržieb 59,07 %.

Tab. 5: Prehľad účtovných jednotiek odvetvia „Maloobchod“ v závislosti od zmeny tržieb a miesta sídla

riadkové početnosti v % *stĺpcové početnosti v %	Kraj (miesto sídla účtovnej jednotky)								
Zmena tržieb 2021/2020	BB	BA	KE	NR	PO	TN	TT	ZA	spolu
bezo zmeny	3 **10,71 ***0,74	6 **21,43 ***0,67	4 **14,29 ***0,81	2 **7,14 ***0,43	4 **14,29 ***1,15	4 **14,29 ***1,16	1 **3,57 ***0,24	4 **14,29 ***0,77	28
nárast	232 **11,18 ***57,28	458 **22,07 ***50,89	261 **12,58 ***52,62	248 **11,95 ***52,88	190 **9,16 ***54,60	176 **8,48 ***51,16	241 **11,61 ***58,50	269 **12,96 ***51,53	2075
pokles	170 **9,48 ***41,98	436 **24,32 ***48,44	231 **12,88 ***46,57	219 **12,21 ***46,70	154 **8,59 ***44,25	164 **9,15 ***47,67	170 **9,48 ***41,26	249 **13,89 ***47,70	1793
spolu	405	900	496	469	348	344	412	522	3 896
Zmena tržieb 2020/2019	BB	BA	KE	NR	PO	TN	TT	ZA	spolu
bezo zmeny	1 **5,56 ***0,25	4 **22,22 ***0,44	3 **16,67 ***0,60	2 **11,11 ***0,43	2 **11,11 ***0,57	2 **11,11 ***0,58		4 **22,22 ***0,77	18
nárast	182 **10,67 ***44,94	380 **22,29 ***42,22	231 **13,55 ***46,57	198 **11,61 ***42,22	167 **9,79 ***47,99	153 **8,97 ***44,48	182 **10,67 ***44,17	212 **12,43 ***40,61	1705
pokles	222 **10,22 ***54,81	516 **23,75 ***57,33	262 **12,06 ***52,82	269 **12,38 ***57,36	179 **8,24 ***51,44	189 **8,70 ***54,94	230 **10,58 ***55,83	306 **14,08 ***58,62	2173
spolu	405	900	496	469	348	344	412	522	3 896
Zmena tržieb 2019/2018	BB	BA	KE	NR	PO	TN	TT	ZA	spolu
bezo zmeny	1 **5,56 ***0,25	3 **16,67 ***0,33	3 **16,67 ***0,60	3 **16,67 ***0,64	2 **11,11 ***0,57	1 **5,56 ***0,29	2 **11,11 ***0,49	3 **16,67 ***0,57	18
nárast	235 **10,42 ***58,02	516 **22,88 ***57,33	289 **12,82 ***58,27	274 **12,15 ***58,42	206 **9,14 ***59,20	196 **8,69 ***56,98	225 **9,98 ***54,61	314 **13,92 ***60,15	2 255
pokles	169 **10,41 ***41,73	381 **23,48 ***42,33	204 **12,57 ***41,13	192 **11,83 ***40,94	140 **8,63 ***40,23	147 **9,06 ***42,73	185 **11,40 ***44,90	205 **12,63 ***39,27	1 623
spolu	405	900	496	469	348	344	412	522	3 896

Zdroj: vlastné spracovanie na základe údajov z účtovných závierok

Najviac účtovných jednotiek z odvetvia „Maloobchod“, ktoré zaznamenali pokles tržieb vo všetkých účtovných obdobiach (tabuľka 5), sídlilo v Bratislavskom kraji (2019: 23,48 %;

2020: 23,75 %; 2021: 24,32 %) a v Žilinskom kraji (2019: 12,63 %; 2020: 14,08 %; 2021: 13,89 %).

Najväčší podiel účtovných jednotiek z odvetvia „Maloobchod“, ktoré zaznamenali pokles tržieb **v účtovnom období 2019** oproti účtovnému obdobiu 2018, bol v Trnavskom kraji, kde pokles tržieb zaznamenalo 44,90 % účtovných jednotiek pôsobiach v tomto odvetví v tomto kraji, v Trenčianskom kraji (42,73 %) a v Bratislavskom kraji (42,33 %). Najväčší podiel účtovných jednotiek, ktoré zaznamenali pokles tržieb **v účtovnom období 2020** v porovnaní s účtovným obdobím 2019, bol v Žilinskom kraji (58,62 %), Nitrianskom kraji (57,36 %) a v Bratislavskom kraji (57,33 %). Vo všetkých krajoch v tomto účtovnom období prevládala podiel účtovných jednotiek, ktoré zaznamenali pokles tržieb, tento podiel bol v jednotlivých krajoch v intervale od 51,44 % v Prešovskom kraji do 58,62 % v Žilinskom kraji. Najväčší podiel účtovných jednotiek, ktoré zaznamenali pokles tržieb **v účtovnom období 2021** bol v Bratislavskom kraji (48,44 %), v Žilinskom kraji (47,70 %) a v Trenčianskom kraji (47,67 %). Vo všetkých krajoch bol podiel účtovných jednotiek s poklesom tržieb v tomto účtovnom období menší ako 49,00 %.

Tab. 6: Prehľad účtovných jednotiek odvetvia “Maloobchod” v závislosti od vývoja tržieb v jednotlivých účtovných obdobiach a hlavnej činnosti

Vývoj tržieb SK NACE	2021 vs 2020			2020 vs 2019			2019 vs 2018			spolu
	bezo zmeny	nárast	pokles	bezo zmeny	nárast	pokles	bezo zmeny	nárast	pokles	
47.1	7	497	427	5	445	481	7	546	378	931
47.2	1	71	84		71	85		108	48	156
47.3		75	24		20	79		59	40	99
47.4	1	92	84	2	77	98	1	105	71	177
47.5		221	234	1	190	264		252	203	455
47.6	3	72	74	1	68	80	1	84	64	149
47.7	9	471	447	5	368	554	5	519	403	927
47.8		19	18		14	23		19	18	37
47.9	7	556	400	4	451	508	4	563	396	963
77.2		1	1		1	1			2	2
Celkový súčet	28	2 075	1 793	18	1 705	2 173	18	2 255	1 623	3 896

Zdroj: vlastné spracovanie na základe údajov z účtovných závierok

Na základe analýzy vývoja tržieb v analyzovaných účtovných obdobiach v závislosti od hlavnej činnosti účtovných jednotiek (tabuľka 6) môžeme konštatovať, že najväčší podiel účtovných jednotiek, ktoré zaznamenali pokles tržieb **v účtovnom období 2019** oproti účtovnému obdobiu 2018, bol v skupine *Prenájom a lízing osobných potrieb a potrieb pre domácnosť* (skupina 77.2), kde všetky účtovné jednotky vykázali pokles tržieb, v skupine *Maloobchod v stánkoch a na trhoch* (skupina 47.8), kde 48,65 % účtovných jednotiek vykázalo pokles tržieb a v skupine *Maloobchod s ostatným tovarom pre domácnosť v špecializovaných predajniach* (skupina 47.5), kde 44,62 % účtovných jednotiek vykázalo pokles tržieb v tomto účtovnom období.

Najväčší podiel účtovných jednotiek, ktoré zaznamenali pokles tržieb **v účtovnom období 2020** oproti účtovnému obdobiu 2019, bol v skupine *Maloobchod s pohonnými látkami v špecializovaných predajniach* (skupina 47.3), kde až 79,80 % účtovných jednotiek tejto skupiny vykázalo pokles tržieb. Táto skutočnosť bola dôsledkom obmedzenia pohybu, zákazu vychádzania, zákazu cestovania medzi okresmi, čo sa následne prejavilo aj na tržbách obchodníkov s pohonnými hmotami. Nasledujú účtovné jednotky zo skupiny *Maloobchod v stánkoch a na trhoch* (skupina 47.8), kde až 62,16 % účtovných jednotiek vykázalo pokles tržieb. Táto skutočnosť je opäť dôsledkom reštrikčných opatrení vyplývajúcich z pandémie

COVID-19, nakoľko z dôvodu obmedzenia hromadných podujatí tento typ maloobchodu mal zakázanú, resp. obmedzenú činnosť. Na treťom mieste sú účtovné jednotky zo skupiny *Maloobchod ostatného tovaru v špecializovaných predajniach* (skupina 47.7), kam patrí maloobchod s odevmi a obuvou, kde 59,76 % účtovných jednotiek zaznamenalo pokles tržieb. Opäť je to dôsledok reštrikčných opatrení, kedy boli ľudia nútení nakupovať cez internet, cez e-shop a pokiaľ kamenná predajňa flexibilne nezareagovala a nezriadila si elektronický obchod, alebo ho predtým nemala, prejavilo sa to v poklese tržieb. Vo všetkých skupinách tohto odvetvia v účtovnom období 2020 bol podiel účtovných jednotiek, ktoré zaznamenali pokles tržieb viac ako 50,00 %.

Najväčší podiel účtovných jednotiek, ktoré zaznamenali pokles tržieb **v účtovnom období 2021** oproti účtovnému obdobiu 2020, bol v skupine *Maloobchod s potravinami, nápojmi a tabakom v špecializovaných predajniach* (skupina 47.2), v rámci ktorej 53,85 % účtovných jednotiek zaznamenalo pokles tržieb, v skupine *Maloobchod s ostatným tovarom pre domácnosť v špecializovaných predajniach* (skupina 47.5), kde 51,43 % účtovných jednotiek zaznamenalo pokles tržieb a v skupine *Prenájom a lízing osobných potrieb a potrieb pre domácnosť* (skupina 77.2), kde 50,00 % účtovných jednotiek zaznamenalo pokles tržieb. V ostatných skupinách odvetvia „Maloobchod“ bol podiel účtovných jednotiek, ktoré zaznamenali pokles tržieb, menej ako 50,00 %.

4 Záver

Tržby v odvetví „Maloobchod“ mierne vzrástli v účtovnom období 2020 oproti predchádzajúcemu účtovnému obdobiu o 2,72 %, v účtovnom období 2021 došlo k ďalšiemu nárastu tržieb, a to o 5,47 %. V účtovnom období 2020 až 55,78 % účtovných jednotiek tohto odvetvia zaznamenalo pokles tržieb oproti predchádzajúcemu účtovnému obdobiu. V účtovnom období 2021 bol počet účtovných jednotiek s poklesom tržieb nižší, keď 46,02 % účtovných jednotiek tohto odvetvia zaznamenalo pokles tržieb. Najviac účtovných jednotiek, ktoré zaznamenali pokles tržieb v rámci analyzovaných účtovných období, sídlilo v Bratislavskom kraji. V účtovnom období 2020 až 58,62 % účtovných jednotiek pôsobiacich v tomto odvetví v Žilinskom kraji zaznamenalo pokles tržieb. Najviac zasiahnutými účtovnými jednotkami v rámci tohto odvetvia boli v účtovnom období 2020 účtovné jednotky zaoberajúce sa *Maloobchodom s pohonnými látkami v špecializovaných predajniach*, kde 79,80 % účtovných jednotiek zaznamenalo pokles tržieb a v účtovnom období 2021 účtovné jednotky zaoberajúce sa *Maloobchodom s potravinami, nápojmi a tabakom v špecializovaných predajniach*, kde 53,85 % účtovných jednotiek zaznamenalo pokles tržieb.

Ako vyplynulo z výskumu, odvetvie „Maloobchod“ patrilo k odvetviám, ktoré boli zasiahnuté pandémiou COVID-19. Napriek tomu, že celkové tržby za odvetvie mali rastúci trend, ktorý bol ťahaný najmä veľkými obchodnými reťazcami, v rámci pandémiou najviac zasiahnutého účtovného obdobia 2020 prevažovali v tomto odvetví tie účtovné jednotky, ktoré zaznamenali pokles tržieb. Uvedená situácia je dôsledkom prísnych reštrikčných opatrení, ktoré sa dotkli najmä maloobchodných prevádzok. Ak prevádzka nemala zároveň funkčný e-shop, tržby automaticky klesali. Preto viacerí podnikatelia pristúpili k automatizácii podnikových procesov, vytvoreniu elektronického obchodu, čím chcú predchádzať podobným negatívnym dopadom pandémie na finančnú situáciu v budúcnosti.

Príspevok bol spracovaný v rámci riešenia grantovej úlohy VEGA 1/0121/21 „Analýza vplyvu krízy súvisiacej s COVID-19 na finančné zdravie subjektov v Slovenskej republike“.

Literatúra

1. Abdulamir, A. S., a Hafidh, R. R. (2020). The Possible Immunological Pathways for the Variable Immunopathogenesis of COVID—19 Infections among Healthy Adults, Elderly and Children. *Electronic Journal of General Medicine*, 17(4). <https://doi.org/10.29333/ejgm/7850>
2. Aljofan, M., a Gaipov, A. (2020). COVID-19 Treatment: The Race against Time. *Electronic Journal of General Medicine*, 17(6), em227. <https://doi.org/10.29333/ejgm/7890>
3. Berger, Z. D., Evans, N. G., Phelan, A. L., a Silverman, R. D. (2020). Covid-19: control measures must be equitable and inclusive. *British Medical Journal*, 368:m1141. <https://doi.org/10.1136/bmj.m1141>
4. Blahušiaková, M. (2022). *Vývoj finančného zdravia podnikov vybraných odvetví v Slovenskej republike v kontexte pandémie COVID-19*. Bratislava: Letra Edu, 2022.
5. Blahušiaková, M., Mokošová, D. a Šoltés, E. (2021b). Education in Online Environment from Students' and Teachers' Perspective. *International Journal of Cognitive Research in Science, Engineering and Education*, 9(2), 203-226.
6. Gallego, V., Nishiura, H., Sah, R., a Rodriguez-Morales, A. J. (2020). The COVID-19 outbreak and implications for the Tokyo 2020 Summer Olympic Games. *Travel Medicine and Infectious Disease*, Volume 34, 101604, <https://doi.org/10.1016/j.tmaid.2020.101604>.
7. Hornická, R. (2022). Vplyv pandémie COVID-19 na zostavenie konsolidovanej účtovnej závierky podľa IFRS: Impact of COVID-19 Pandemic on Preparation of Consolidated Financial Statements According to IFRSs. *Udržateľnosť a rozvoj podnikania: Ponaučenia z krízy súvisiacej s pandemiou COVID-19: zborník vedeckých statí = Proceedings of Scientific Papers*, 15-20.
8. Kordošová, A. (2021a). The Impact of the Coronavirus Crisis on the Recipients of the Share of the Tax Paid. *Účtovníctvo a audítorstvo v procese svetovej harmonizácie: zborník z medzinárodnej vedeckej konferencie, 7.-9. septembra 2021, (Skalica, Slovensko)*, 68-72.
9. Leite, H., Hodgkinson I. R., a Gruber, T. (2020). New development: 'Healing at a distance' – telemedicine and COVID-19. *Public Money & Management*, vol.40(6), pp. 483-485. <https://doi.org/10.1080/09540962.2020.1748855>
10. Register účtovných závierok (2022). www.registeruz.sk
11. Shafi, M., Liu, J., a Ren, W. (2020). Impact of COVID-19 pandemic on micro, small, and medium-sized Enterprises operating in Pakistan. *Research in Globalization*, vol.2, 100018.



Účtovné zobrazenie transakcií vylúčených z pôsobnosti IFRS 3 *Podnikové kombinácie*

Accounting view of the transactions excluded from scope of IFRS 3 *Business Combination*

Renáta Hornická¹

Abstrakt

IFRS 3 *Podnikové kombinácie* sa zaoberá účtovným riešením podnikových kombinácií. Pri účtovaní a vykazovaní podnikových kombinácií podľa IFRS 3 je predpísaná akvizičná metóda účtovania. Základnou podmienkou pre uplatnenie IFRS 3 je, aby transakcia alebo udalosť spĺňala definíciu podnikovej kombinácie. Cieľom príspevku je identifikovať transakcie vylúčené z pôsobnosti IFRS 3 a prezentovať ich účtovné zobrazenie podľa IFRS. Na transakcie vylúčené z pôsobnosti IFRS 3 sa akvizičná metóda neaplikuje. Na základe analýzy ustanovení IFRS 3 sú v príspevku vymedzené transakcie, ktoré nepatria do pôsobnosti IFRS 3 spolu s uvedením ich účtovného zobrazenia podľa IFRS.

Kľúčové slová

podnikové kombinácie, nadobudnutie aktíva alebo skupiny aktív, spoločná dohoda, účtovné jednotky pod spoločnou kontrolou, investičná jednotka

Abstract

IFRS 3 *Business Combinations* deals with the accounting solution of business combinations. In the accounting and recognising of business combinations according to IFRS 3, the acquisition method of accounting is prescribed. The basic condition for the application of IFRS 3 is that the transaction or event meets the definition of a business combination. The aim of the paper is to identify transactions excluded from the scope of IFRS 3 and to present their accounting presentation according to IFRSs. The acquisition method is not applied to transactions excluded from the scope of IFRS 3. Based on the analysis of the provisions of IFRS 3, the article defines transactions that do not fall within the scope of IFRS 3 together with their accounting presentation according to IFRSs.

Key words

business combinations, formation of joint agreement in the financial statements of the joint arrangements itself, acquisition of an asset or group of assets, accounting entities under common control, investment entity

JEL classification

M40, M41

1 Úvod

IFRS 3 *Podnikové kombinácie* (2008) v znení neskorších úprav (ďalej len „IFRS 3“) rieši účtovanie a vykazovanie transakcií označovaných ako podnikové kombinácie (angl. business combinations). Toto označenie vyplýva zo skutočnosti, že predmetom týchto

¹ Ing. Renáta Hornická, PhD., Ekonomická univerzita v Bratislave, Fakulta hospodárskej informatiky, Katedra účtovníctva a audítorstva, Dolnozemska cesta 1, 852 35 Bratislava, renata.hornicka@euba.sk.

transakcií je podnik. Zároveň treba uviesť, že slovenská právna úprava (obchodnoprávna a účtovná) pojem „podnikové kombinácie“ nepoužíva. R. Farkaš (2020) používa pre tieto transakcie označenie kombinácie podnikov a uvádza, že označenie kombinácie podnikov považuje za správnejšie označenie týchto transakcií. Za kombinácie podnikov sa podľa neho považujú: zlúčenie, splynutie, rozdelenie, kúpa podniku, vklad podniku alebo časti podniku, obstaranie podielov v inej spoločnosti a následné zahrnutie majetku a záväzkov tejto spoločnosti do konsolidovanej účtovnej závierky. Máziková, K., Ondrušová, L., N. Seneši (2016) považujú vymenované transakcie za súčasť vlastníckych transakcií. Aj keď sú tieto transakcie v odbornej literatúre označované rôzne a právna úprava v Slovenskej republike neoznačuje tieto transakcie spoločným názvom, budeme v príspevku používať označenie , ktoré používajú IFRS, pretože v príspevku je spracovaná problematika z pohľadu ustanovení IFRS. Aplikácia IFRS pri účtovných závierkach slovenských účtovných jednotiek je upravená v zákone č. 431/2002 Z. z. o účtovníctve v znení neskorších predpisov (ďalej len „zákon o účtovníctve“). Účtovná jednotka, na ktorú sa vzťahuje § 17a zákona o účtovníctve, zostavuje individuálnu účtovnú závierku podľa IFRS prevzatých Európskou úniou. Účtovná jednotka, ktorá je materskou účtovnou jednotkou podľa § 22 zákona o účtovníctve, zostavuje konsolidovanú účtovnú závierku podľa IFRS prevzatých Európskou úniou.

Podniková kombinácia je podľa IFRS 3 definovaná ako transakcia, alebo iná udalosť, v rámci ktorej nadobúdateľ získa kontrolu jedného alebo viacerých nadobúdaných podnikov. Za podnikovú kombináciu sa považujú aj transakcie označované ako „pravé fúzie“ alebo „fúzie rovnocenných strán“. Podnikové kombinácie sa uskutočňujú rôznymi spôsobmi, najčastejšie s poskytnutou protihodnotou (peňažné prostriedky alebo iné aktíva, vznikom záväzkov, emitovaním podielu na vlastnom imaní) alebo bez poskytnutej protihodnoty. Na všetky podnikové kombinácie v pôsobnosti štandardu IFRS 3 je potrebné aplikovať akvizičnú metódu účtovania. Akvizičná metóda účtovania pozostáva z (IFRS 3.5) nasledujúcich krokov:

- identifikácia nadobúdateľa,
- určenie dňa akvizície,
- vykazovanie a oceňovanie nadobudnutého identifikovateľného majetku, prevzatých záväzkov a každého nekontrolujúceho podielu v nadobúdanom podniku a
- vykazovanie a oceňovanie goodwillu alebo zisku z výhodnej kúpy.

Základným východiskom, či transakcia patrí do pôsobnosti IFRS 3 je posúdenie splnenia alebo nespĺnenia definície podnikovej kombinácie. Splnenie definície podnikovej kombinácie vyžaduje, aby došlo k získaniu kontroly nad nadobudnutými aktívami a prevzatými záväzkami, ktoré vytvárajú podnik (business). Subjekt, ktorý získa kontrolu je nadobúdateľom v podnikovej kombinácii a uplatňuje akvizičnú metódu účtovania podnikovej kombinácie. Od posúdenia, či transakcia patrí alebo nepatrí do pôsobnosti IFRS 3 sa odvíja, či bude, alebo nebude uplatnená akvizičná metóda. Pri uplatnení akvizičnej metódy sa oceňuje nadobudnutý majetok a prevzaté záväzky nadobúdaného podniku v reálnej hodnote (okrem stanovených výnimiek) a na konci celého procesu uplatnenia akvizičnej metódy sa zisťuje, či vznikol goodwill alebo zisk z výhodnej kúpy. Goodwill alebo zisk z výhodnej kúpy môže vzniknúť len z transakcie, ktorá je podnikovou kombináciou.

Cieľom príspevku je identifikovať transakcie vylúčené z pôsobnosti IFRS 3 a prezentovať ich účtovné zobrazenie podľa IFRS.

2 Účtovné zobrazenie transakcií vylúčených z pôsobnosti IFRS 3

Akvizičná metóda sa aplikuje na transakcie, alebo udalosti, ktoré spĺňajú definíciu podnikovej kombinácie, a teda patria do pôsobnosti štandardu IFRS 3. Na transakcie vylúčené z rozsahu pôsobnosti IFRS 3 sa akvizičná metóda neaplikuje. Transakcie vylúčené z pôsobnosti IFRS 3 uvádzame v nasledujúcej tabuľke 1.

Tab. 1: Transakcie vylúčené z pôsobnosti IFRS 3

Transakcia	Ustanovenie IFRS 3	Úprava spôsobu riešenia
Spoločná dohoda v účtovnej závierke samotnej spoločnej dohody	odsek 2 a)	IFRS 11
Nadobudnutie aktíva alebo skupiny aktív, ktoré nepredstavujú podnik	odsek 2 b)	IFRS 3
Kombinácia účtovných jednotiek, alebo podnikov, ktoré sú pod spoločnou kontrolou	odsek 2 c)	neupravené
Nadobudnutie investície v dcérskej účtovnej jednotke investičnou jednotkou.	odsek 2 A	IFRS 10

Zdroj: IFRS 3, odseky 2-2A

Spoločné dohody rieši štandard IFRS 11 *Spoločné dohody*. Spoločná dohoda je založená na spoločnej kontrole dvomi alebo viacerými zmluvnými stranami. Spoločná kontrola (spoluovládanie) predstavuje zmluvne dohodnuté sa podieľanie na ovládaní spoločnej dohody, ktoré existuje len v prípade, keď si rozhodnutia o relevantných činnostiach vyžadujú jednomyselný súhlas strán, ktoré sa na tejto spoločnej dohode podieľajú. Podľa IFRS 11 sa rozlišujú dve formy spoločnej dohody (IFRS 11.14-11.16), a to spoločná prevádzka a spoločný podnik. Rozlišovacím znakom medzi týmito dvoma formami sú práva povinnosti zúčastnenej strany dohody. Spoločná dohoda nespĺňa definíciu podnikovej kombinácie, pretože nie je splnená podmienka získania kontroly, a tým nie je možné identifikovať nadobúdateľa.

Spoločná prevádzka je spoločná dohoda, pri ktorej zúčastnené zmluvné strany (spoloční prevádzkovatelia), ktoré dohodu spoluovládajú, majú práva na aktíva a povinnosti spojené so záväzkami súvisiacimi s dohodou. Spoločný podnik je spoločná dohoda, pri ktorej zúčastnené strany (spoločníci), ktoré dohodu spoluovládajú, majú práva na čisté aktíva, súvisiace s dohodou.

Účtovné zobrazenie spoločných dohôd rieši IFRS 11. Spoločnú dohodu vykazuje vo svojej účtovnej závierke každá zúčastnená strana na spoločnej dohode. Spoločnú prevádzku vykazuje spoločný prevádzkovateľ vo svojej účtovnej závierke vo výške svojho podielu na spoločnej prevádzke. Spoločný podnik vykazuje spoločník vo svojej účtovnej závierke metódou vlastného imania podľa IAS 28 *Investície do pridružených podnikov a spoločných podnikov* (2011) v znení neskorších úprav.

Osobitnú situáciu predstavuje nadobudnutie podielu v spoločnej prevádzke, v ktorej činnosť predstavuje podnik (IFRS 11.20, 11.B33A-11.B33D) podľa IFRS 3. V takomto prípade sa uplatní postup účtovania pri podnikovej kombinácii podľa IFRS 3 (akvizičná metóda). Tento postup sa neuplatňuje vtedy, keď zúčastnené strany v spoločnej prevádzke vrátane strany nadobúdajúcej podiel v spoločnej prevádzke, sú pod spoločnou kontrolou najvyššej ovládajúcej osoby (najvyšších ovládajúcich osôb) pred a po nadobudnutí podielu a toto ovládanie nie je dočasné (prechodné).

Nadobudnutie aktíva alebo skupiny aktív, ktoré nepredstavujú podnik sú vyňaté z pôsobnosti IFRS 3. Podnik (business) predstavuje integrovaný súbor činností a aktív, ktorý je možné viesť a riadiť na účely poskytovania tovaru alebo služieb zákazníkovi, vytvárania investičných výnosov (napríklad dividend alebo úrokov) alebo vytvárania iných príjmov z bežných činností. IFRS 3 obsahuje návod na aplikáciu definície podniku (Dodatok B). Podnik pozostáva zo vstupov, procesov uplatňovaných na tieto vstupy a výstupov. Vstupy, procesy a výstupy sú prvky podniku (IFRS 3.B7-B11).

Vstup je každý ekonomický zdroj, ktorý vytvára, alebo má schopnosť prispievať k vytváraniu výstupov, keď naň pôsobí jeden alebo viac procesov. Napríklad dlhodobý majetok vrátane nehmotného majetku, duševné vlastníctvo, schopnosť získať prístup k potrebným materiálom alebo právam a zamestnancom.

Proces predstavuje každý systém, štandard, protokol, konvencia alebo pravidlo, ktoré po pôsobení na vstup alebo vstupy vytvárajú alebo majú schopnosť prispievať k vytváraniu výstupov. Napríklad procesy strategického riadenia, prevádzkové procesy a procesy riadenia zdrojov. Účtovníctvo, fakturácia a iné administratívne systémy nie sú typické procesy používané na tvorbu výstupov.

Výstup je výsledok vstupov a procesov pôsobiacich na tieto vstupy, ktoré poskytujú výrobky alebo služby zákazníkom, vytvárajú investičné výnosy (také ako dividenda alebo úrok) alebo vytvárajú iné výnosy z bežných činností.

V IFRS 3 je uvedený návod na určenie, či nadobudnutý súbor činností a aktív nie je podnikom. Tento návod (IFRS 3.B7A-B7C) je v podobe nepovinného **testu koncentrácie** (concentration test). Účtovná jednotka sa môže rozhodnúť, či tento test použije pri posúdení, či nadobudnuté aktívum, alebo súbor aktív nie je podnikom. Ak sa rozhodne test koncentrácie nepoužiť, postupuje ďalej podľa vymedzených ustanovení IFRS 3 (IFRS 3.B8-B12D).

V prípade, že dôjde k posúdeniu, že nadobudnuté aktívum alebo súbor aktív nepredstavuje podnik, stanovuje IFRS 3 priamo účtovné riešenie. Nadobúdateľ identifikuje nadobudnuté aktívum alebo skupinu aktív (vrátane nehmotného majetku) a prevzaté záväzky. Obstarávacia cena skupiny sa k dátumu nadobudnutia alokuje (priraduje) k jednotlivým identifikovateľným aktívam a záväzkom na základe ich relatívnych reálnych hodnôt (pomery ich reálnych hodnôt na celkovej reálnej hodnote).

Podnikové kombinácie pod spoločnou kontrolou sú transakcie, pri ktorých dochádza k podnikovej kombinácii subjektov (ich podnikov), ktoré sú kontrolované tou istou stranou pred a po podnikovej kombinácii a táto kontrola nie je dočasná (IFRS 3.B1). Vzhľadom na to, že tieto podnikové kombinácie sú vyňaté z pôsobnosti IFRS 3 a nerieši ich žiaden iný štandard, ak subjekt realizuje takúto transakciu, musí si vytvoriť vlastnú účtovnú politiku v súlade so štandardom IAS 8 *Účtovná politika, zmeny v účtovných odhadoch a chyby*.

V tejto súvislosti je dôležité upozorniť, že je potrebné dávať pozor na správne používanie pojmu „pod spoločnou kontrolou (under common control)“. Tento pojem nie je možné zamieňať s pojmom „spoločná kontrola (joint control)“, ktorý upravuje štandard IFRS 11 *Spoločné dohody*. IFRS 11 upravuje formy spoločného podnikania (spoločná prevádzka alebo spoločný podnik), ktoré sú založené na spoločnej kontrole (joint control). Pojem pod spoločnou kontrolou (under common control) je iný pojem ako spoločná kontrola (joint control). Podnikové kombinácie pod spoločnou kontrolou sú iné transakcie, ako transakcie založené na spoločnej kontrole (spoločné dohody).

V roku 2014 sa začala IASB venovať tejto problematike a v roku 2016 bol do jej aktívnej výskumnej agendy zaradený Projekt zameraný na podnikové kombinácie pod spoločnou kontrolou. Projekt je zameraný na vysvetlenie podnikových kombinácií pod spoločnou kontrolou, vrátane definovania pojmu „pod spoločnou kontrolou“. IASB vydala v novembri 2020 diskusný materiál *Podnikové kombinácie pod spoločnou kontrolou*, ku ktorému prijímala pripomienky do septembra 2021.

Nadobudnutie investície v dcérskej účtovnej jednotke investičnou jednotkou upravuje IFRS 10 *Konsolidovaná účtovná závierka* (2011) v znení neskorších úprav. Materská účtovná jednotka musí sama posúdiť, či je investičnou jednotkou. Investičná jednotka (IFRS 10.27) je účtovná jednotka, ktorá získava peňažné prostriedky od jedného alebo viacerých investorov s cieľom poskytovať služby spojené so správou investícií, zaväzuje sa, že jej obchodným účelom je investovať finančné prostriedky len s cieľom výnosov z kapitálového zhodnotenia, investičného výnosu alebo oboch a oceňuje a posudzuje

výkonnosť v podstate všetkých svojich investícií na základe reálnej hodnoty. IFRS 10 obsahuje návod na stanovenie toho, či je materská účtovná jednotka investičnou jednotkou a zároveň postup (IFRS 10.31-10.32), ako má investičná jednotka zaúčtovať svoje investície v dcérskych účtovných jednotkách, keď je investičnou jednotkou. Investičná jednotka nadobúda investície v dcérskych účtovných jednotkách nie so zámerom trvalého prepojenia a uplatňovania kontroly (rozhodujúceho vplyvu), ale so zámerom správy investícií pre investorov, a preto je táto transakcia vyňatá z pôsobnosti IFRS 3.

Investičná jednotka nekonsoliduje svoje dcérske účtovné jednotky, ani neuplatňuje IFRS 3, ak získa rozhodujúci vplyv (kontrolou) nad inou účtovnou jednotkou. Investičná jednotka oceňuje svoju investíciu v reálnej hodnote s vplyvom na výsledok hospodárenia v súlade s IFRS 9 *Finančné nástroje*. Bez ohľadu na toto ustanovenie, ak má investičná jednotka dcérsku účtovnú jednotku, ktorá nie je investičnou jednotkou a jej hlavný účel a činnosti spočívajú v poskytovaní služieb súvisiacich s investičnými činnosťami investičnej účtovnej jednotky, takúto dcérsku účtovnú jednotku konsoliduje v súlade s IFRS 10 a uplatní tiež požiadavky IFRS 3.

3 Záver

Pri posúdení transakcie, či patrí do pôsobnosti IFRS 3 je rozhodujúce splnenie definície podnikovej kombinácie. Z definície podnikovej kombinácie vyplýva, že musí nastať získanie kontroly nad podnikom. Subjekt, ktorý získava kontrolu je nadobúdateľom a subjekt, v ktorom nastalo získanie kontroly, je nadobúdaným subjektom. Nadobúdaný subjekt musí spĺňať definíciu podniku podľa IFRS 3.

Z pôsobnosti IFRS 3 sú vyňaté štyri transakcie. Tri z týchto transakcií sú vyňaté, pretože nespĺňajú definíciu podnikovej kombinácie, a sú to: spoločná dohoda v účtovnej závierke spoločnej dohody, nadobudnutie aktíva, alebo skupiny aktív, ktoré nespĺňajú definíciu podniku, kombinácie subjektov alebo podnikov pod spoločnou kontrolou. Posledná (štvrtá) transakcia je nadobudnutie investície investičnou jednotkou v dcérskej účtovnej jednotke a je vyňatie z pôsobnosti IFRS 3 z dôvodu podstaty transakcie.

V spoločnej dohode dochádza k spoločnej kontrole (k spoluovládaniu), ktoré je upravené v zmluve. Jednotlivé zúčastnené strany (spoluprevádzkovatelia alebo spoločníci) sa spoločne podieľajú na riadení spoločnej dohody. Spoločná dohoda nespĺňa definíciu podnikovej kombinácie, pretože nie je splnená podmienka získania kontroly, a tým nie je možné identifikovať nadobúdateľa. Účtovné zobrazenie rieši v závislosti od typu spoločnej dohody (spoločná prevádzka alebo spoločný podnik) priamo IFRS 11. Spoločná prevádzka sa vykáže v účtovnej závierke spoločného prevádzkovateľa podielom na spoločnej dohode. Pri vykázaní spoločného podniku sa uplatní metóda vlastného imania podľa IAS 28.

Pri nadobudnutí aktíva alebo skupiny aktív, ktoré nespĺňajú definíciu podniku je riešenie účtovného zobrazenia upravené priamo v IFRS 3. Obstarávací cena skupiny sa k dátumu nákupu alokuje na základe pomeru reálnych hodnôt na celkovej reálnej hodnote skupiny). Na túto transakciu sa nesmie aplikovať akvizitná metóda, pretože transakcia nespĺňa definíciu podnikovej kombinácie, nenastalo nadobudnutie podniku.

Kombinácie subjektov alebo podnikov pod spoločnou kontrolou sú vyňaté z pôsobnosti IFRS 3 a ich účtovné riešenie v súčasnosti nie je upravené v žiadnom štandarde. Problémom podnikových kombinácií pod spoločnou kontrolou je, že získanie kontroly už nastalo a nadobúdaný podnik je pred a po podnikovej kombinácii kontrolovaný tým istým subjektom a táto kontrola nie je dočasná. Vzhľadom na to, že táto transakcia nie je v rámci IFRS riešená, každý subjekt si musí vytvoriť vlastnú účtovnú politiku v súlade s IAS 8. IASB vedie v súčasnosti projekt zameraný na podnikové kombinácie pod spoločnou kontrolou.

Nadobudnutie investície v dcérskej účtovnej jednotke investičnou jednotkou je vyňaté z pôsobnosti IFRS 3 z dôvodu podstaty transakcie, cieľom ktorej je vykonávanie správy investície pre iných investorov, a nie získanie kontroly (rozhodujúceho vplyvu). Takéto dcérske účtovné jednotky sa podľa IFRS 10 nekonsolidujú a neuplatňuje sa IFRS 3, ale vykazujú sa v reálnej hodnote so zmenami reálnej hodnoty s vplyvom na výsledok hospodárenia v súlade s IFRS 9.

Príspevok bol spracovaný v rámci riešenia výskumného grantového projektu v podnikateľskej činnosti *Vplyv pandémie COVID-19 na účtovnú prax.*

Literatúra

1. Farkaš, R. (2020). *Účtovná závierka obchodných spoločností*. Wolters Kluwer. ISBN 978-80-571-0247-2. s.1223.
2. Máziková, K., Ondrušová, L., Seneši, N. (2016). *Účtovníctvo vlastníckych transakcií*. Wolters Kluwer. ISBN 978-80-8168-501-9.s.235.
3. Hornická, R. (2021). Accounting View of Business Combinations Under Common Control. In *Účtovníctvo a audítorstvo v procese svetovej harmonizácie. medzinárodná vedecká konferencia. Účtovníctvo a audítorstvo v procese svetovej harmonizácie : zborník z medzinárodnej vedeckej konferencie, 7.-9. septembra 2021, (Skalica, Slovensko)*. - Bratislava : Vydavateľstvo EKONÓM. ISBN 978-80-225-4847-2, s. 36-41 online. APVV-16-0602.
4. Hornická, R. Definícia podniku ako súčasť vymedzenia podnikovej kombinácie podľa IFRS. In *Účtovníctvo - audítorstvo - daňovníctvo : v teórii a praxi*. - Bratislava : Slovenská komora certifikovaných účtovníkov, 2018. ISSN 1335-2024, 2018, roč. 26, č. Špeciálne vydanie, s. 2-9. APVV-16-0602.
5. Zákon č. 431/2002 Z. z. o účtovníctve v znení neskorších predpisov.
6. IASB. (2020). *Business Combinations under common control*. IFRS. Discussion paper DP/2020/2.
7. IFRS 3. *Podnikové kombinácie*. IASB, 2008, v znení neskorších úprav.
8. IFRS 10. *Konsolidovaná účtovná závierka*. IASB, 2011, v znení neskorších úprav.
9. IFRS 11. *Spoločné dohody*. IASB, 2011, v znení neskorších úprav.
10. IAS 8. *Účtovná politika, zmeny v účtovných odhadoch a chyby*. IASB, 2003 v znení neskorších úprav.
11. IAS 28. *Investície do pridružených a spoločných podnikov*. IASB, 2011, v znení neskorších úprav.

Významné postavenie inteligentných technológií a ich zverejňovanie vo výročnej správe v priemyselných podnikoch na Slovensku

The significant position of intelligent technologies and their disclosure in the annual report in Slovak industrial enterprises

Kornélia Lovciová¹

Abstrakt

Stratégia inteligentnej technológie umožňuje podnikom reorganizovať svoje činnosti za uplatnenia digitalizácie do svojich procesov spôsobujúcej, že tradičné technologické procesy sa menia na inteligentné procesy a poukazuje na jej nevyhnutnosť implementácie do stratégií slovenských priemyselných podnikov, aby si podniky zachovali svoju prosperitu na trhu. Cieľom príspevku je zhodnotiť postavenie inteligentných technológií, pretože zohrávajú kľúčovú úlohu v transformácii výrobných procesov priemyselných podnikov a zverejňovanie informácií o stratégií inteligentnej technológie implementovanej v priemyselnom podniku vo výročnej správe v zmysle zákona o účtovníctve.

Kľúčové slová

Inteligentná technológia, stratégia, výročná správa, zákon o účtovníctve, digitalizácia

Abstract

The strategy of intelligent technology allows companies to reorganize their activities by applying digitization to their processes, which causes traditional technological processes to change into intelligent processes and points to the necessity of its implementation in the strategies of Slovak industrial companies, so that companies can maintain their prosperity on the market. The aim of the paper is to evaluate the position of intelligent technologies, because they play a key role in the transformation of production processes of industrial enterprises and the publication of information about the strategy of intelligent technology implemented in an industrial enterprise in the annual report in accordance with the Accounting Act.

Key words

Smart technology, strategy, annual report, accounting act, digitization

JEL classification

M21, M41, O10

1 Úvod

So zlepšením úrovne ekonomického rozvoja sa podporili ekonomické príjmy ľudí a požadovala sa aj kvalita života. Ľudia začali venovať pozornosť honbe za inteligentným a rafinovaným životným štýlom, čo viedlo k rozvoju inteligentných technológií v rôznych odvetviach. (Chen, 2019) Nasadzovanie inteligentných technológií do rozličných spoločenských oblastí naberá v posledných rokoch na intenzite aj rozsahu (Holečko et al., 2017). Globálny trh prechádza transformačnými zmenami pod rastúcim vplyvom inovačných faktorov. Takéto zmeny v podnikoch sú vyvolané najmä tlakom zachovania si svojej prosperity

¹ Ing. Kornélia Lovciová, PhD., Ekonomická univerzita v Bratislave, Fakulta hospodárskej informatiky, Katedra účtovníctva a audítorstva, Dolnozemska cesta 1/b, 851 05 Bratislava, kornelia.lovciova@euba.sk.

na trhu. Konkurenčné a finančné tlaky navyše nútia podniky, aby boli efektívnejšie, čo ich núti hľadať nové technológie a metodológie, ktoré by im mohli pomôcť byť produktívnejšími ako konkurenti, ušetriť náklady a pridať hodnotu ich podnikaniu (Lievano-Martinez et al., 2022). Pre tieto dôvody podniky musia byť schopné rýchlo reagovať na zmeny (Richnák, 2021) a tvoriť stratégiu v období inteligentnej technológie s variantmi, ktoré sú vymedzené cieľmi podniku, jeho vnútornými silami a slabosťami, vonkajšími príležitosťami a hrozbami (Majtán et al., 2016; Jankelová et al., 2022). To znamená pre podnik zostavenie takého variantu stratégie v období inteligentnej technológie, ktorý využíva doposiaľ známe vedomosti, skúsenosti, postupy, procesy podniku, na ktorých je možnosť sústrediť rozvíjanie a zavádzanie nových inteligentných technológií, inovácií a materiálov a prispôbiť riadenie v súlade so skúsenosťami používateľa, čím sa dosiahne systém spätného väzbového efektu.

Konkurenčné a finančné tlaky navyše nútia podniky, aby boli efektívnejšie, čo u nich vyvoláva nevyhnutnosť hľadať nové technológie. Z tohto dôvodu cieľom príspevku je zhodnotiť postavenie inteligentných technológií, pretože zohrávajú kľúčovú úlohu v transformácii výrobných procesov priemyselných podnikov ako aj vo zverejňovaní informácií o stratégií inteligentnej technológie implementovanej v priemyselnom podniku vo výročnej správe v zmysle zákona o účtovníctve.

2 Inteligentné technológie a ich významné postavenie

Ľudskú históriu charakterizujú tri hlavné technologické revolúcie, a to mechanizácia, elektrifikácia a informatizácia. História vývoja týchto revolúcií je sprevádzaná objavením sa prevratných technológií (Huang & Wei, 2022).

Slovenská republika patrí ku krajinám so silnou priemyselnou tradíciou a ambíciou je, aby aj jej budúcnosť zostala spojená s priemyslom. Štvrtá priemyselná revolúcia prináša viacero výziev, ale hlavne jedinečnú príležitosť zaistiť dlhodobú konkurencieschopnosť slovenského hospodárstva v globálnom konkurenčnom prostredí (MH SR, 2016). Koncepcia Inteligentného priemyslu pre Slovensko má jednoznačný cieľ, presvedčiť verejnosť o nevyhnutnosti transformácie podniku prostredníctvom odporúčaní podporujúcich zmeny tradičných technologických procesov na inteligentné procesy, ktoré udržia pozíciu slovenských podnikov na dynamickom priemyselnom trhu (Koncepcia Inteligentného priemyslu pre Slovensko, 2022). V oblasti výrobných procesov sa koncepcia sústreďuje na podporu vývoja a na zavádzanie nových technológií a materiálov, ktoré sú energeticky efektívne. V trhovom prostredí nie je ľahké definovať a rozpoznať inovačný potenciál podniku. Skôr ide o identifikáciu komponentov, vzťahov, dosiahnutie očakávaných ekonomických, sociálnych, environmentálnych dôsledkov zavádzania a riadenia inovácií (Richnák, 2021).

Vo výrobnom priemyselnom podniku sú v jednom aspekte zapojené do výrobných linky, a to technológia zberu údajov, technológia inteligentných zariadení, technológia inteligentného návrhu procesov, technológia modelovania a simulácie výrobných linky, technológia záruky údržby výrobných linky a technológia inteligentného riadenia a kontroly.

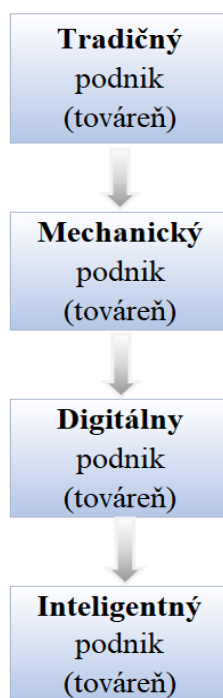
Inteligentné podniky spájajú rôzne procesy do inteligentných systémov (Ren et al., 2017). Inteligentný výrobný systém má za cieľ vybudovať hodnoty kombináciou rôznych priemyselných výrobných faktorov, ako je výroba, skladovacie systémy a logistické systémy.

Podľa Shi et. al. (2020) digitálna továreň znamená digitalizovať výrobné procesy, výrobné zariadenia, materiály, procesné metódy a informácie o životnom prostredí v inteligentnej továrni. Inteligentná továreň sa považuje za nadväzujúcu na digitálnu továreň. Je vyvinutá procesmi digitalizácie. Digitálna transformácia zahŕňa zmeny v organizáciách prostredníctvom aplikácie digitálnych technológií na zlepšenie existujúcich procesov alebo vývoj nových procesov (Hrustek & Furjan, 2019).

Jednou z kľúčových vlastností digitálnych technológií je vývoj inteligentných systémov, pri ktorých sa z pohľadu výrobného sektora tradičné továrne menia na inteligentné továrne.

Vo výrobnom priemysle sa inteligentný podnik (továreň) považuje za záverečnú fázu štvrtej priemyselnej revolúcie (Jung et al., 2021). Vytvorenie inteligentnej výrobnjej platformy, ktorá môže zlepšiť dosahovanie inteligentných tovární, je životne dôležité a žiaduce pre moderný výrobný priemysel (Okeme et al., 2021). (Schéma 1)

Schéma 1: Fázy vývoja inteligentnej továrne (podniku)



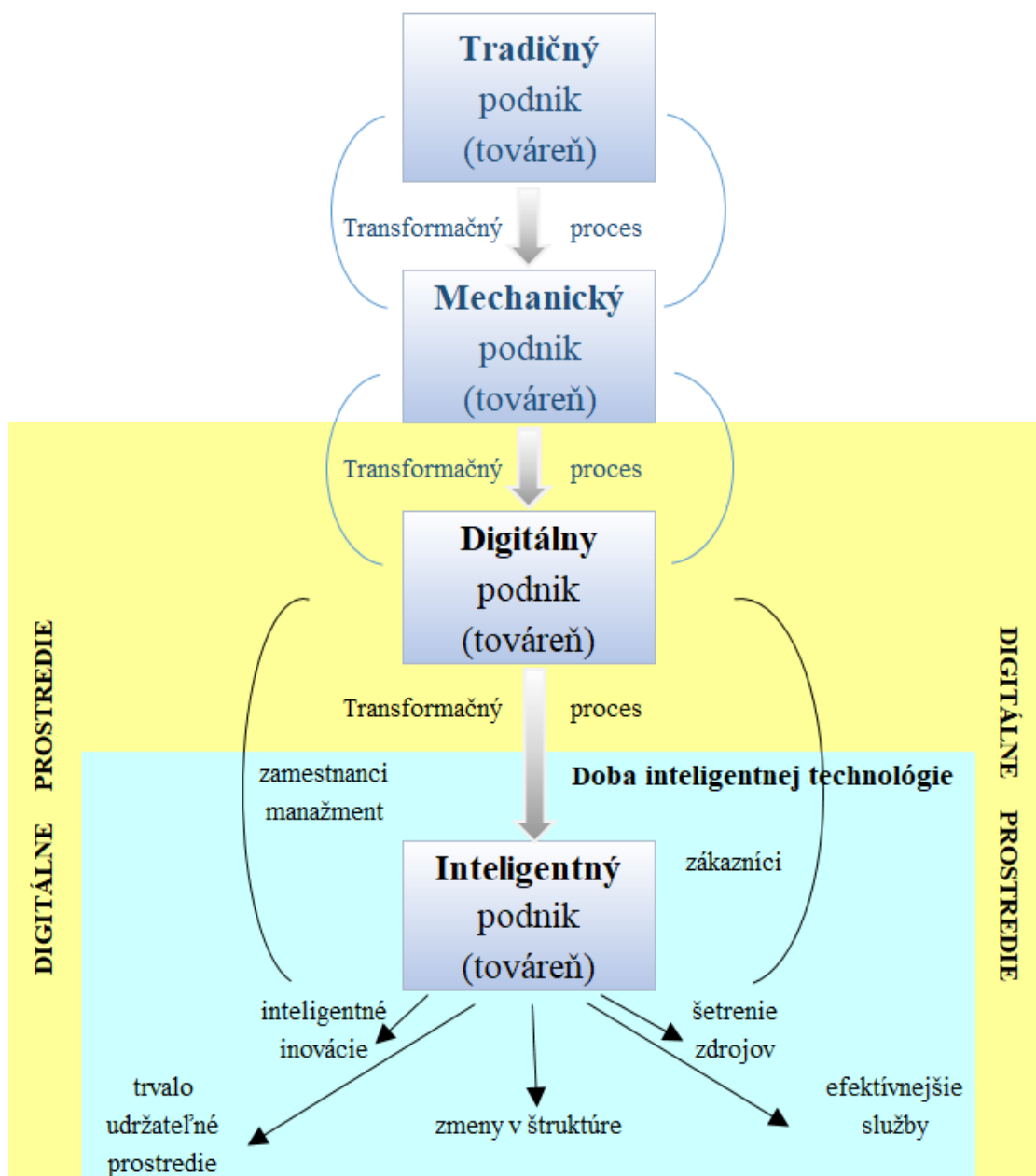
Zdroj: Shi et al., 2020

Podľa Schémy 2 je snahou transformačných procesov zdôrazniť potrebu prispôsobenia sa podniku v období inteligentných technológií novým obchodným modelom, novým technologickým trendom, novým spôsobom výroby a novým požiadavkám zo strany spotrebiteľov.

Podniky, aby sa prispôbili neustále sa vyvíjajúcej obchodnej dynamike a citlivým preferenciám kupujúcich, hľadajú základnú digitálnu transformáciu, kde sa systémy môžu stať inteligentnými (Schéma 2) (Asquith, Horsman, 2019). Ako sa globálna ekonomika mení v reakcii na vývoj nových technológií, podniky sa musia stať agilnejšími a rýchlo reagovať na požiadavky (Rename et al., 2017). Digitálna revolúcia nie je len z ekonomického hľadiska dodatočným výrobným faktorom (ako parný stroj), ale aj celkovou premenou pohľadu na fungovanie trhu a ekonomického systému ako celku, pretože ovplyvňuje aj spotrebiteľské správanie. Digitálne prostredie transformuje všetky výrobné faktory, správanie podnikov a spotrebiteľov. Predstavuje nový rozmer.

Aplikácia inteligentnej technológie v rôznych priemyselných odvetviach poukázala na smer vývoja inteligentnej technológie (Chen, 2019) a vývin jednotlivých oblastí inteligentných technológií. Inteligentné technológie v elektronickom inžinierstve naberajú na význame. V súčasnosti je však vzhľadom na obmedzenia rozvoja automatizácie elektrotechniky potrebné zavádzať nové technológie na podporu ďalšieho rozvoja automatizácie elektrotechniky

Schéma 2: Fázy vývoja továrne (podniku) a vplyv inteligentných technológií



Zdroj: vlastné spracovanie

.Rozsiahle uplatnenie inteligentných technológií môžeme zaznamenať v súčasnosti i širšej budúcnosti v zdravotníctve. Už pri prvom vstupe pacienta do lekárskeho prostredia a následnom diagnostikovaní jeho stavu, vyšetrenia, ale i pri samotnom predpísaní lekárskeho predpisu môžeme vidieť uplatnenie inteligentných technológií.

Automobilový sektor v celom svojom výrobnom procese uplatňuje inteligentné technológie so zameraním na digitalizáciu svojich spracovateľských procesov.

Stavební inžinieri zavádzajú niektoré nové technológie do architektúry inteligentnej budovy, ktorými sú digitálna technológia siete riadiaceho systému, priemyselný Ethernet, bezdrôtová komunikačná technológia v inteligentnej budove, technológia digitálneho prenosu videa, technológia inteligentných kariet. (MH SR, 2016)

3 Inteligentné technológie a ich zverejňovanie vo výročnej správe

Zefektívňovanie procesov a rozvoj znalostí a v konečnom dôsledku zavádzanie inteligentných technológií do výrobných procesov podniku môžu byť predmetom zverejňovania informácií vo výročnej správe podľa zákona č. 431/2002 Z. z. o účtovníctve v znení neskorších predpisov (zákon o účtovníctve), keďže zohrávajú kľúčové postavenie v transformácii z tradičných výrobných procesov na inteligentné výrobné procesy priemyselných podnikov v digitálnom prostredí, a čím môžu spôsobiť aj významnú zmenu charakteru samotného priemyselného podniku. Podniky, ktoré musia mať overenú účtovnú závierku auditorom podľa § 19 zákona o účtovníctve okrem pobočky zahraničnej banky, pobočky zahraničnej správcovskej spoločnosti, pobočky poisťovne z iného členského štátu, pobočky zahraničnej poisťovne, pobočky zaist'ovne z iného členského štátu a pobočky zahraničnej zaist'ovne a pobočky zahraničného obchodníka s cennými papiermi, sú povinné vyhotovovať výročnú správu (§ 17a ods.1 písm. b zákona o účtovníctve). Základné informácie, ktoré by mal podnik zverejniť môžeme podľa charakteru rozdeliť na finančné informácie, nefinančné informácie a informácie, ktoré spĺňajú zároveň charakter finančný a nefinančný súčasne (Tab. 1).

Tab. 1: Klasifikácia informácií podľa charakteru vo výročnej správe

Klasifikácia informácií podľa charakteru vo výročnej správe		
Informácie finančného charakteru	Informácie nefinančného charakteru	Informácie, ktoré majú charakter finančný aj nefinančný
Informácie vykazované v účtovnej závierke za účtovné obdobie, za ktoré sa vyhotovuje výročná správa.	Informácie o vývoji podniku, o stave, v ktorom sa nachádza, a o významných rizikách a neistotách, ktorým je podnik vystavený. Vrátane informácií o vplyve činnosti podniku na životné prostredie a na zamestnanosť s poukázaním na príslušné údaje uvedené v účtovnej závierke.	Informácie o udalostiach osobitného významu, ktoré nastali po skončení účtovného obdobia, za ktoré sa vyhotovuje výročná správa.
Informácie o nákladoch v oblasti výskumu a vývoja.	Informácie o predpokladanom budúcom vývoji podniku.	Informácie o predpokladanom budúcom vývoji podniku
Informácie o nadobúdaní vlastných akcií, dočasných listov, obchodných podielov a akcií, dočasných listov a obchodných podielov materského podniku.		Informácie o údajoch požadovaných podľa osobitných predpisov.
Návrhu na rozdelenie zisku alebo vyrovnanie straty.		Informácie o tom, či podnik má organizačnú zložku v zahraničí.

Zdroj: podľa zákona o účtovníctve

V nadväznosti na rozdelenie zverejňovaných informácií vo výročnej správe podľa charakteru môžeme aj informácie o inteligentných technológiách vo výročnej správe rozdeliť na (Tab. 2):

- informácie o inteligentných technológiách finančného charakteru,
- informácie o inteligentných technológiách nefinančného charakteru,
- informácie o inteligentných technológiách finančného a nefinančného charakteru.

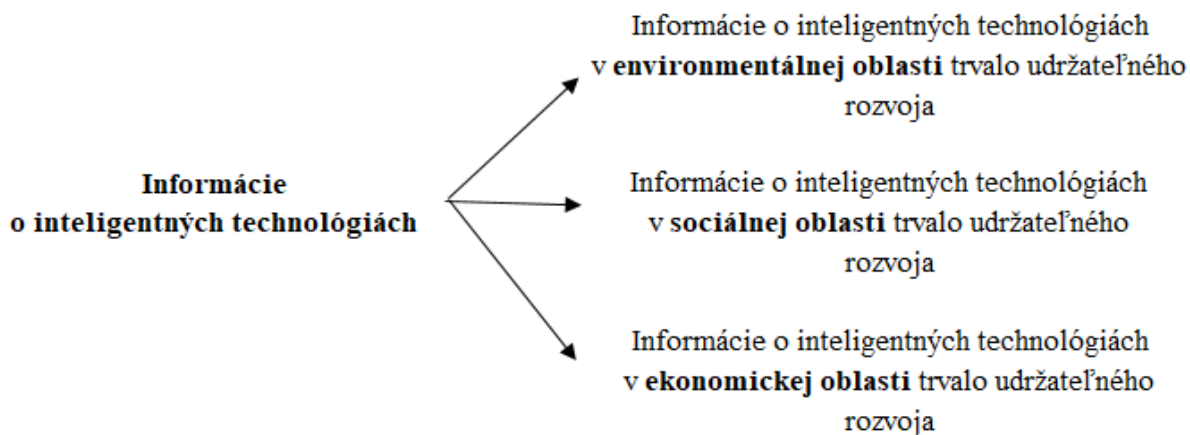
Tab. 2: Klasifikácia informácií o inteligentných technológiách podľa charakteru vo výročnej správe

Klasifikácia informácií o inteligentných technológiách podľa charakteru vo výročnej správe		
Informácie o inteligentných technológiách finančného charakteru	Informácie o inteligentných technológiách nefinančného charakteru	Informácie o inteligentných technológiách, ktoré majú charakter finančný aj nefinančný
Informácie vykazované v účtovnej závierke za účtovné obdobie, za ktoré sa vyhotovuje výročná správa.	Informácie o vývoji podniku, o stave, v ktorom sa nachádza, a o významných rizikách a neistotách, ktorým je podnik vystavený zavedení inteligentných technológií. Vrátane informácií o inteligentných technológiách o vplyve činnosti podniku na životné prostredie a na zamestnanosť s poukázaním na príslušné údaje uvedené v účtovnej závierke.	Informácie o udalostiach osobitného významu, ktoré nastali po skončení účtovného obdobia, za ktoré sa vyhotovuje výročná správa a na tieto udalosti mali vplyv inteligentné technológie v podniku.
Informácie o nákladoch v oblasti výskumu a vývoja vynaložených v súvislosti s inteligentnými informáciami.	Informácie o predpokladanom budúcom vývoji podniku po zavedení inteligentných technológií, napr. do výrobných procesov.	Informácie o predpokladanom budúcom vývoji podniku po zavedení inteligentných technológií, napr. systémy ochrany práce so sociálnym zabezpečením a poistením.

Zdroj: podľa zákona o účtovníctve

Ďalším významným hľadiskom, podľa ktorého je možné zverejňované informácie o inteligentných technológiách vo výročnej správe členiť, je členenie informácií o inteligentných technológiách z hľadiska environmentálnej, sociálnej a ekonomickej oblasti trvalo udržateľného hľadiska (Schéma 3).

Schéma 3: Členenie informácií o inteligentných technológiách z hľadiska oblastí trvalo udržateľného rozvoja



Zdroj: vlastné spracovanie

Priemyselné podniky, ktoré pôsobia v súčasnosti v digitalizovanom prostredí, by mali preskúmať vplyv inteligentného rozvoja na celkovú produktivitu svojej pôsobnosti

a zverejňovať informácie o ukazovateľoch svojho inteligentného vývoja podniku vo výročných správach.

4 Záver

Technologický vývoj spoločnosti mal vplyv aj na vývoj podnikov a bol sprevádzaný tromi hlavnými revolúciami, a to mechanizáciou, elektrifikáciou a digitalizáciou. Každá z revolúcií je sprevádzaná prevratnými technológiami. Práve digitálna revolúcia je celkovou premenou, ktorá ovplyvnila fungovanie trhu a ekonomického systému ako celku so značným vplyvom na transformácie výrobných faktorov, správanie podnikov a spotrebiteľov. Za účelom zachovania svojej prosperity na trhu podniky hľadajú na pozadí digitálneho prostredia nové inteligentné technológie, ktorých rozvoj závisí aj od oblasti, v ktorej sú inteligentné technológie zavádzané. V súčasnosti inteligentná automatizácia procesov je považovaná za jednu z najviac strategických technologických riešení na rozvoj podnikovej digitálnej transformácie. Aj kľúčové ekonomické odvetvia sa reštrukturalizujú tak, aby prinášali vyššiu pridanú hodnotu.

Jedným z prostriedkov, ktorým podniky môžu vonkajšie prostredie informovať o zavádzaní inteligentných technológií po všetkých stránkach trvalo udržateľného rozvoja ako pridanej hodnoty poskytovaných služieb alebo predávaných produktov je zverejňovanie informácií finančného, nefinančného charakteru, ale i informácie, ktoré spĺňajú súčasne prvky finančného a nefinančného charakteru vo výročnej správe podľa zákona o účtovníctve.

Dosahovanie cieľov v období inteligentných technológií v prostredí digitalizácie a napĺňanie vízie podľa Koncepcie Inteligentný priemysel pre Slovensko prispieva k transformácii slovenskej ekonomiky na znalostnú ekonomiku.

Príspevok bol spracovaný v rámci riešenia výskumného grantového projektu v podnikateľskej činnosti *Vplyv pandémie COVID-19 na účtovnú prax.*

Literatúra

1. Asquith, A., Horsman, G. (2019). Let the robots do it!—Taking a look at Robotic Process Automation and its potential application in digital forensics. *Forensic Science International: Reports*, 1. Retrieved October 1, 2022, from <https://doi.org/10.1016/j.fsir.2019.100007>.
2. Holečko, P., Janota, A., Pirník, R., Hruboš, M., Vívodík, M. (2017). Inteligentné technológie z pohľadu UNIZA. *Urbanita*, 29(1), 52-55. Retrieved September 30, 2022, from <https://www.mindop.sk/uploads/SBPMR/Mestsk%C3%BD%20rozvoj/URBANITA/urbanita2017web.pdf>.
3. Hrustek, L., Furjan, M. T. (2019). Implementation of digital technologies in smart factory processes. In: 30th Central European Conference on Information and Intelligent Systems (CECIIS), Varadzin, 125-132. Retrieved October, 15, 2022, from <https://www.proquest.com/openview/a71031a28b3e881f8efc54bc247ddc0b/1?pq-origsite=gscholar&cbl=1986354>.
4. Huang, J., Wei, J. (2022). Impact of Intelligent Development on the Total Factor Productivity of Firms – Based on the Evidence from Listed Chinese Manufacturing Firms. *Journal of Advanced Computational Intelligence and Intelligent Informatics*, 26(4), 555-561. Retrieved October, 12, 2022, from https://www-1.fujipress-1.jp-1gltygd0c028e.erproxy.cvtisr.sk/main/wp-content/themes/Fujipress/pdf_subscribed.php.
5. Chen, R. (2019). Application of Intelligent Technology in Electrical Engineering Automation. In: 3rd International Conference on Advances in Materials, Machinery, Electronics (AMME), 2073(1). Retrieved October, 15, 2022, from <https://doi.org/10.1063/1.5090720>.

6. Jankelová, N. et al. (2022). *Manažment*. Bratislava : Wolters Kluwer.
7. Koncepcia Inteligentného priemyslu pre Slovensko. (2022). Retrieved September, 27, 2022, retrieved from <https://www.mhsr.sk/inovacie/strategie-a-politiky/smart-industry>.
8. Lievano-Martinez, F. A., Fernández-Ledesma, J. D., Burgos, D., Branch-Bedoya, J. W., Jimenez-Builes, J. A. (2022). Intelligent Process Automation: An Application in Manufacturing Industry. *Sustainability*, 14(14), 1-15. Retrieved October , 15, 2022, from <https://doi.org/10.3390/su14148804>.
9. Majtán, M. et al. (2016). *Manažment*. Bratislava : Sprint 2 s.r.o.
10. MH SR. (2016). *Návrh akčného plánu inteligentného priemyslu SR*. Retrieved September, 30, 2022 from <https://www.mhsr.sk/uploads/files/8U6RKSS5.pdf>
11. Okeme, P. A., Skakun, A. D., Muzalevskii, A. R. (2021). Transformation of Factory to Smart Factory. In: Proceedings of the 2021 IEEE Conference of Russian Young Researches in Elektrical and Elektronic Engineering (ElConRus), pp. 1499–1503. Retrieved October 1, 2022, from <https://doi.org/10.1109/ElConRus51938.2021.9396278>
12. Rename, G., Hanelt, A., Nickerson, N. C., Kolbe, L. M. (2017). Discovering digital business models in traditional industries. *Journal of Business Strategy*, 38(2). Retrieved October 12, 2022, from <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/JBS-10-2016-0127/full/html>.
13. Richnák, P. (2021). Intensity of Innovation Activity and Its Progressivity in Enterprises in Slovakia in the Era of Industry 4.0. *AD ALTA : Journal of Interdisciplinary Research*, 11(1), 250-254. doi: 10.33543/1101250254.
14. Shi, Z., Xie, Y, Xue, W., Chen, Y., Fu, L., Xu, X. (2020). Smart factory in Industry 4.0. *Systems research and behavioral science*, 37(4), 607-617. Retrieved from: <https://doi.org/10.1002/sres.2704>.
15. Zákon č. 431/2002 Z. z. o účtovníctve v znení neskorších predpisov.

Vplyv právnej úpravy na obchodné spoločnosti z titulu inštitútu spoločnosti v kríze

The impact of legal regulation on business companies due to the institution of companies in crisis

Lucia Ondrušová¹

Abstrakt

Na realizáciu podnikateľskej činnosti v Slovenskej republike má dopad právna úprava ako aj celkový stav podnikateľského prostredia, ktoré je ovplyvňované situáciou doma i vo svete. Od roku 2016 bola zavedená právna úprava upravujúca podnikateľské prostredie z titulu inštitútu spoločnosti v kríze, kde boli ustanovené právne dopady na spoločnosti, ktoré zvyšovali záväzky spoločnosti z titulu záväzkov voči spoločníkom a tým dostávali spoločnosti do problémov v súvislosti s úhradou záväzkov voči skutočným veriteľom. Následne v roku 2020 boli zavedené rôzne reštrikčné opatrenia z titulu pandémie Covid-19, ktoré mali dopad na fungovanie obchodných spoločností, čo malo za následok zvyšovanie záväzkov z titulu rôznych úverov, pôžičiek. Zvyšovanie úverov a pôžičiek ako následok riešenia výpadkov príjmov počas pandémie malo za následok zhoršenie situácie v obchodných spoločnostiach z titulu inštitútu spoločnosti v kríze.

Kľúčové slová

spoločnosť v kríze, úpadok, hroziaci úpadok, záväzky, vlastné imanie

Abstract

The implementation of business activity in the Slovak Republic is affected by legal regulations as well as the overall state of the business environment, which is influenced by the situation at home and in the world. Since 2016, legislation has been introduced to regulate the business environment as a result of the institution of companies in crisis, where legal impacts on companies were established, which increased the company's obligations due to obligations to shareholders and thereby put companies in trouble in connection with the payment of obligations to real creditors. Subsequently, in 2020, various restrictive measures were introduced due to the Covid-19 pandemic, which had an impact on the functioning of commercial companies, which resulted in an increase in liabilities due to various loans. Increasing credits and loans as a result of solving revenue shortfalls during the pandemic had the effect of worsening the situation in business companies due to the institution of companies in crisis.

Key words

company in crisis, bankruptcy, threatened bankruptcy, liabilities, equity

JEL classification

M41, M48

¹ Ing. Lucia Ondrušová, PhD., Ekonomická univerzita v Bratislave, Fakulta hospodárskej informatiky, Katedra účtovníctva a audítorstva, Dolnozemska cesta 1/b, 852 35 Bratislava, Slovenská republika, e-mail: lucia.ondrusova@euba.sk.

1 Úvod

Uskutočňovanie podnikateľskej činnosti na Slovensku je podmienené právnou úpravou, ktorá je zameraná na všetky aspekty podnikania. Základným právnym predpisom, ktorý upravuje podnikateľskú činnosť je zákon č. 513/1991 Zb. Obchodný zákonník v znení neskorších predpisov (ďalej len „obchodný zákonník“). Obchodný zákonník upravuje samotnú podnikateľskú činnosť, konkretizuje obchodné spoločnosti, ktoré môžu realizovať podnikateľskú činnosť na území Slovenskej republiky, zameriava sa na podmienky založenia, vzniku, samotného uskutočňovania podnikateľskej činnosti ako aj zrušenia a zániku obchodných spoločností. Dôležitú oblasť zohrávajú aj podmienky ustanovujúce oblasť inštitútu spoločnosti v kríze. Obchodný zákonník ustanovuje pre niektoré kapitálové obchodné spoločnosti povinnosť zisťovať, či sa spoločnosť nachádza v kríze alebo sa v kríze nenachádza. Ide o obchodné spoločnosti, ktorými sú spoločnosť s ručením obmedzeným, akciová spoločnosť, jednoduchá spoločnosť na akcie a komanditná spoločnosť, ktorej komplementárom nie je žiadna fyzická osoba.

Okrem právnych predpisov upravujúcich podnikanie je potrebné pri realizácii podnikateľskej činnosti brať do úvahy aj okolnosti, za akých je podnikateľská činnosť vykonávaná. V súvislosti s pandemiou Covid-19 sa proces uskutočňovania podnikateľskej činnosti musel zmeniť. Boli zavedené mnohé reštrikčné opatrenia, ktoré mali veľký vplyv na obchodné spoločnosti pri realizácii podnikateľskej činnosti. V Slovenskej republike začala pandémia ovplyvňovať podnikateľskú činnosť od marca 2020, kedy došlo k zatváraniu prevádzok, hraníc, obmedzeniu ekonomického a spoločenského života (Blahušiaková, 2021). Práve tými opatreniami mnohé obchodné spoločnosti prišli o možnosť realizovať podnikateľskú činnosť v plnom rozsahu, museli uskutočniť mnohé úpravy a reorganizáciu, aby dokázali zabezpečiť svoju ďalšiu existenciu, udržateľnosť a konkurencieschopnosť. Zároveň na zabezpečenie pokračovania v podnikateľskej činnosti, si mnohé obchodné spoločnosti museli zobrať úvery, pôžičky, aby dokázali aj naďalej realizovať predmet svojej činnosti a tým vyriešiť problém s nedostatkom finančných prostriedkov. Pri riešení problému s nedostatkom finančných problémov je potrebné prihliadať aj na požiadavky podnikateľskej etiky, ktorá posudzuje ekonomické aktivity podniku na základe morálnych hodnôt, kde primárnym cieľom nie je maximalizácia zisku, ale zameranie sa na dlhodobý rozvoj a prosperitu (Mateášová, Meluchová, 2015). Navyšovaním úverov, pôžičiek sa zvyšovali aj záväzky obchodných spoločností, zároveň sa znižovali zisky pre nedostatočnú možnosť realizovať podnikateľskú činnosť v plnom rozsahu, čím sa mnohé obchodné spoločnosti museli vysporiadať aj s úpadkom, resp. hroziacim úpadkom.

2 Spoločnosť v kríze

Spoločnosť v kríze je definovaná v § 67a Obchodného zákonníka ako spoločnosť, ktorá je v úpadku alebo jej úpadok hrozí. Za spoločnosť v kríze sa považuje aj spoločnosť v čase od jej zrušenia do vstupu do likvidácie.

Úpadok je upravený v zákone č. 7/2005 Z. z. o konkurze a reštrukturalizácii a o zmene a doplnení niektorých zákonov v znení neskorších predpisov a predstavuje platobnú neschopnosť dlžníka alebo jeho predĺženie. Obchodná spoločnosť je platobne neschopná, ak nie je schopná plniť 30 dní po lehote splatnosti aspoň dva peňažné záväzky viac ako jednému veriteľovi. Obchodná spoločnosť sa považuje za predĺženú, ak má viac ako jedného veriteľa a hodnota jej záväzkov presahuje hodnotu jej majetku a zároveň dosahuje záporné vlastné imanie. Hodnota záväzkov ako aj hodnota majetku sa zisťuje z účtovníctva obchodnej spoločnosti, resp. podľa znaleckého posudku, ktorý má pred účtovníctvom prednosť.

Hroziaci úpadok je chápaný ako nízky pomer vlastných zdrojov (vlastného imania) a cudzích zdrojov (záväzkov). Výška vlastného imania a záväzkov sa zisťuje z účtovníctva danej

obchodnej spoločnosti. Ak nebolo účtovníctvo vedené správne, vychádza sa z predpokladaného stavu, ktorý by bol, ak by účtovníctvo bolo vedené správne.

Podľa ustanovení zákona č. 431/2002 Z. z. o účtovníctve v znení neskorších predpisov (ďalej aj „zákon o účtovníctve“) vlastným imaním sa rozumie rozdiel majetku a záväzkov, resp. inak povedané vlastné imanie je tvorené základným imaním, kapitálovými fondami, fondami tvorenými zo zisku, oceňovacími rozdielmi, prevedenými výsledkami hospodárenia z minulých rokov a výsledkom hospodárenia za účtovné obdobie po zdanení. Záväzok je existujúca povinnosť obchodnej spoločnosti, ktorá vznikla z minulých udalostí, je pravdepodobné, že v budúcnosti zníži ekonomické úžitky (priamo alebo nepriamo zníži peňažné prostriedky obchodnej spoločnosti) a obchodná spoločnosť vie spoľahlivo oceniť tento záväzok.

Obchodný zákonník stanovuje pomer vlastného imania a záväzkov, na základe ktorého sa posúdi, či spoločnosti hrozí úpadok, alebo v úpadku už je. Pomer vlastného imania a záväzkov je stanovený od roku 2018 na 8 ku 100.

Dôvod, prečo musí spoločnosť zisťovať pomer vlastného imania a záväzkov, je kľúčový pre posúdenie charakteru plnení poskytnutých spoločnosti. Zámerom je, aby sa určité plnenia, ktoré sú poskytnuté spoločnosti v kríze považovali z pohľadu spoločnosti za plnenia nahrádzajúce vlastné zdroje a slúžili predovšetkým na uspokojenie nárokov iných veriteľov.

Rôzne úvery, pôžičky alebo obdobné plnenia, ktoré sú poskytnuté spoločnosti v kríze alebo jej boli poskytnuté pred krízou a splatnosť takéhoto plnenia bola počas krízy odložená alebo predĺžená, sa považujú za plnenia nahrádzajúce vlastné zdroje jej financovania (Máziková, Ondrušová, Seneši, 2016). Za plnenia nahrádzajúce vlastné zdroje sa považujú plnenia, ktoré poskytne (Máziková, Ondrušová, Seneši, 2016):

- člen štatutárneho orgánu, zamestnanec v priamej riadiacej pôsobnosti štatutárneho orgánu, prokurista, vedúci organizačnej zložky podniku, člen dozornej rady,
- ten, kto má priamy alebo nepriamy podiel predstavujúci aspoň 5 % na základnom imaní spoločnosti alebo hlasovacích právach v spoločnosti, alebo má možnosť uplatňovať vplyv na riadenie spoločnosti, ktorý je porovnateľný s vplyvom zodpovedajúcim tomuto podielu,
- tichý spoločník,
- osoba blízka osobám uvedeným v predchádzajúcich možnostiach,
- osoba konajúca na účet osôb v predchádzajúcich možnostiach.

Pri plneniach nahrádzajúcich vlastné zdroje sa nezohľadňujú podiely podľa osobitných predpisov o kolektívnom investovaní, o neinvestičných fondoch, o starobnom dôchodkovom sporení, o doplnkovom dôchodkovom sporení a o dlhopisoch.

Za plnenia nahrádzajúce vlastné zdroje sa nepovažujú (Máziková, Ondrušová, Seneši, 2016):

- plnenia alebo zábezpeka poskytnutá spoločnosti počas krízy za účelom jej prekonania podľa reštrukturalizačného plánu,
- poskytnutie peňažných prostriedkov spoločnosti na dobu nepresahujúcu 60 dní, to neplatí, ak sú tieto plnenia poskytnuté opakovane,
- odklad splatnosti záväzku z dodania tovaru alebo poskytnutia služby na dobu nepresahujúcu šesť mesiacov, to neplatí, ak je odklad poskytnutý spoločnosti opakovane,
- bezodplatné poskytnutie vecí, práva alebo inej majetkovej hodnoty spoločnosti.

Plnenia nahrádzajúce vlastné zdroje spolu s príslušenstvom a zmluvnou pokutou nie je možné vrátiť, ak je spoločnosť stále v kríze alebo ak by sa úhradou tohto plnenia dostala opätovne do krízy.

3 Spoločnosť v kríze z pohľadu účtovníctva

Keďže posúdenie, či sa spoločnosť nachádza v kríze, alebo nie, vychádza z účtovníctva obchodnej spoločnosti, je dôležité, aby bolo účtovníctvo vedené správne a aby poskytovalo verný a pravdivý obraz o skutočnostiach, ktoré sú predmetom účtovníctva. Úpadok z titulu platobnej neschopnosti vie obchodná spoločnosť zistiť len z podrobných účtovných záznamov ako napr. z knihy záväzkov, inventarizačný zápis. Úpadok z titulu predĺženia spoločnosti a hroziaci úpadok vie obchodná spoločnosť zistiť okrem účtovníctva aj z účtovnej závierky. Účtovná závierka je podľa § 17 zákona o účtovníctve štruktúrovaná prezentácia skutočností, ktoré sú predmetom účtovníctva, poskytovaná osobám, ktoré tieto informácie využívajú - používatelia. Cieľom účtovnej závierky je poskytovanie informácií o finančnej situácii, výkonnosti a zmenách vo finančnej situácii účtovnej jednotky (Parajka, 2015). Účtovná závierka tiež informuje o tom, ako manažment hospodáril so zverenými zdrojmi (Šlosárová, Blahušiaková, 2017). Účtovná závierka poskytuje prehľad o sume vlastného imania a záväzkov, čím sa dá zistiť ich vzájomný pomer a posúdiť, či obchodnej spoločnosti hrozí úpadok. Tento pomer je možné zistiť z účtovnej závierky, ktorú musia obchodné spoločnosti zverejňovať v registri účtovných závierok.

Z pohľadu účtovníctva pre posúdenie, či sa obchodná spoločnosť nachádza, alebo nenachádza v kríze, je potrebné sledovať dve odlišné skutočnosti. Pri úpadku sa sleduje úhrada záväzkov voči veriteľom v lehote splatnosti, resp. najneskôr do 30 dní po lehote splatnosti, alebo či má spoločnosť záväzky, ktorých výška presahuje hodnotu majetku spoločnosti. Pri hroziacom úpadku sa sleduje pomer vlastného imania a záväzkov, ktorý nesmie presiahnuť hodnotu stanovenú obchodným zákonníkom. Riešenie, aby spoločnosť nebola v úpadku, je snaha obchodnej spoločnosti uhrádzať svoje záväzky voči veriteľom v lehote splatnosti, resp. najneskôr do 30 dní po lehote splatnosti. Zároveň je potrebné sledovať sumu záväzkov voči veriteľom, aby ich hodnota nebola vyššia, ako je hodnota majetku obchodnej spoločnosti.

Riešenie hroziaceho úpadku je dodržanie stanoveného pomeru vlastného imania a záväzkov. V prípade, že tento pomer je nižší ako pomer stanovený obchodným zákonníkom, má obchodná spoločnosť viacero možností na riešenie uvedeného stavu, a to v závislosti od samotnej štruktúry vlastného imania a záväzkov.

Z pohľadu spoločnosti, ktorej hrozí úpadok, je dôležité sledovať štruktúru vlastného imania. Základnou zložkou vlastného imania kapitálových spoločností je základné imanie, ktoré musí byť minimálne vo výške, ktorú stanovuje pre ten ktorý typ obchodnej spoločnosti obchodný zákonník. V prípade spoločnosti s ručením obmedzeným je minimálna výška základného imania 5 000 eur, v prípade akciovej spoločnosti je to 25 000 eur, v jednoduchej spoločnosti na akcie je výška základného imania aspoň 1 eur a v komanditnej spoločnosti musí komanditista vložiť vklad minimálne vo výške 250 eur.

Ako je vidieť z minimálnej výšky základného imania kapitálových obchodných spoločností, pri jednoduchej spoločnosti na akciu a komanditnej spoločnosti je výška veľmi nízka, čo môže spôsobovať problém práve pri výpočte podielu vlastného imania a záväzkov, ktorý je indikátorom hroziaceho úpadku obchodnej spoločnosti. V týchto obchodných spoločnostiach pri predchádzaní hroziacemu úpadku je vhodné považovať nad vyššou sumou základného imania, ako je minimálna suma stanovená obchodným zákonníkom.

Ďalšou zložkou vlastného imania, ktorá by mohla pomôcť udržať pomer vlastného imania a záväzkov vo výške stanovenej obchodným zákonníkom, sú kapitálové fondy. V obchodných spoločnostiach súčasťou kapitálových fondov sú zákonný rezervný fond z kapitálových vkladov, ktorý má povinnosť tvoriť iba akciová spoločnosť a jednoduchá spoločnosť na akciu a to pri svojom vzniku vo výške minimálne 10 % základného imania. Ostatné spoločnosti nemajú povinnosť jeho tvorby. Významným účtom z kapitálových fondov je účet 413 - Ostatné kapitálové fondy, na ktorom účtovné jednotky účtujú bezodplatne prijatý majetok od

spoločníka spoločnosti a to bez ohľadu na to, či ide o peňažný alebo nepeňažný majetok. Tento účet nemá presne stanovené použitie v Opatrení MF SR č. 23054/2002 zo 16. decembra 2002, ktorým sa ustanovujú podrobnosti o postupoch účtovania a rámcovej účtovej osnove pre podnikateľov účtujúcich v sústave podvojného účtovníctva, v znení neskorších predpisov. V prípade jeho tvorby je možné navýšiť sumu vlastného imania a zároveň po pominutí hroziaceho úpadku môže spoločnosť spätne vrátiť bezodplatne prijatý majetok spoločníkovi. Zároveň takéto plnenie nie je predmetom dane z príjmov právnických osôb (Vašeková, 2016).

Fondy tvorené zo zisku predstavujú ďalšiu súčasť vlastného imania, ktorej časť majú niektoré obchodné spoločnosti povinnosť tvoriť v súlade s obchodným zákonníkom a časť si môžu tvoriť dobrovoľne na základe vlastného rozhodnutia. Súčasťou fondov tvorených zo zisku je zákonný rezervný fond, ktorý povinne tvorí spoločnosť s ručením obmedzeným vo výške minimálne 5 % čistého zisku (v účtovníctve je synonymom k pojmu čistý zisk účtovný zisk), nie však viac ako 10 % základného imania a tvorí ho do výšky ustanovenej v spoločenskej zmluve najmenej však do výšky 10 % základného imania; akciová spoločnosť a jednoduchá spoločnosť na akciu najmenej v sume 10 % z čistého zisku až do dosiahnutia sumy určenej v stanovách, min. však do výšky 20 % základného imania. Komanditná spoločnosť nemá povinnosť tvorby zákonného rezervného fondu. Ostatné fondy tvorené zo zisku si tvoria kapitálové spoločnosti dobrovoľne na základe stanov, resp. svojho vlastného rozhodnutia, a to z čistého zisku spoločnosti. Pri fondoch tvorených zo zisku nie je možné, aby ich spoločníci vedeli zvyšovať z externých zdrojov, predstavujú len presun účtovného zisku spoločnosti na jednotlivé účty fondov tvorených zo zisku, a to na základe rozhodnutia valného zhromaždenia.

Prevedené výsledky hospodárenia z minulých rokov a výsledok hospodárenia za účtovné obdobie po zdanení môže byť buď zisk alebo strata obchodnej spoločnosti. V prípade, ak spoločnosť dosiahne zisk, ten zvyšuje sumu vlastného imania a má dobrý vplyv na výpočet hroziaceho úpadku spoločnosti. V prípade straty je dôležitá jej samotná výška, aby nemala vplyv na celkovú sumu vlastného imania, čím by hodnota vlastného imania mohla byť dokonca záporná. Usporiadanie straty môže spoločnosť riešiť viacerými možnosťami, ako napr. usporiadaním zo zákonného rezervného fondu, zo zisku minulých rokov alebo úhradou straty od spoločníkov. Pri usporiadaní straty zo zákonného rezervného fondu alebo zo zisku minulých rokov dochádza iba k preklápaniu medzi jednotlivými položkami vlastného imania, čím sa hodnota vlastného imania nemení. Pre zvýšenie sumy vlastného imania je vhodné uhradiť stratu spoločníkmi, čím sa zvýši hodnota vlastného imania.

Okrem skúmania a zvyšovania sumy vlastného imania musia obchodné spoločnosti sledovať aj výšku a štruktúru záväzkov. Ideálny stav je taký, že hodnota záväzkov je nižšia ako hodnota majetku obchodnej spoločnosti. V prípade, ak má spoločnosť záväzky, je dôležitá nielen ich výška, ale aj štruktúra. Je dôležité poznať, či záväzky sú voči veriteľom, ktorí nie sú prepojení s obchodnou spoločnosťou, alebo naopak sú vo vzťahu k obchodnej spoločnosti (napr. spoločník, akcionár spoločnosti, člen štatutárneho orgánu spoločnosti, tichý spoločník alebo osoba im blízka (ďalej súhrnne označovaní ako spoločníci spoločnosti)). Záväzky voči týmto osobám vo forme úverov, pôžičiek a obdobných plnení sa v prípade hroziaceho úpadku považujú za plnenia nahrádzajúce vlastné zdroje financovania spoločnosti. Obchodné spoločnosti môžu pristúpiť aj ku kapitalizácii takýchto záväzkov. To znamená, že spoločníci spoločnosti odpustia obchodnej spoločnosti záväzky z titulu úverov, pôžičiek alebo obdobných plnení a obchodná spoločnosť ich preúčtuje zo záväzkov do vlastného imania, konkrétne do položky Ostatné kapitálové fondy. Touto kapitalizáciou záväzkov sa zníži suma záväzkov spoločnosti a zvýši sa suma vlastného imania, čím dôjde k zlepšeniu pomeru vlastného imania a záväzkov.

Zhodnotenie, ktorá z uvedených možností je pre obchodnú spoločnosť najlepšia pri zvyšovaní sumy vlastného imania a tým zlepšeniu pomeru vlastného imania a záväzkov, závisí od konkrétnej obchodnej spoločnosti a jej spôsobu fungovania. Pre zabezpečenie

trvalého zvýšenia vlastného imania je dobré navýšenie základného imania, čo je časovo náročnejšie. Zvýšenie vlastného imania prostredníctvom bezodplatného poskytnutia majetku spoločnosti je najjednoduchšou možnosťou spolu s kapitalizáciou záväzkov, nakoľko je možné tento majetok vrátiť spoločníkovi po zlepšení finančnej situácie spoločnosti a odvrátenia hroziaceho úpadku spoločnosti, keďže účet Ostatné kapitálové fondy nemá presne stanovené možnosti jeho použitia a je len na rozhodnutí obchodnej spoločnosti, ako ho použije. V prípade, že spoločnosť dosahuje stratu, môže sa rozhodnúť ju usporiadať úhradou od spoločníkov, čím si taktiež zabezpečí zvýšenie vlastného imania.

4 Záver

Inštitút spoločnosti v kríze bol do právnej úpravy Slovenskej republiky zavedený od roku 2016. Od tohto roku sú obchodné spoločnosti, ktorými sú akciová spoločnosť, jednoduchá spoločnosť na akciu, komanditná spoločnosť a spoločnosť s ručením obmedzeným, povinné sledovať ukazovatele stanovené v obchodnom zákonníku, týkajúce sa spoločnosti v kríze. Za spoločnosť v kríze sa považuje spoločnosť, ktorá je v úpadku alebo ktorej úpadok hrozí. Z pohľadu dostupných informácií z registra účtovných závierok vieme posúdiť, či sa spoločnosť nachádza v kríze predovšetkým z pohľadu hroziaceho úpadku, a to na základe pomeru vlastného imania a záväzkov. Tento pomer nesmie byť nižší ako 8 ku 100. Zároveň vieme zistiť aj úpadok v prípade, ak je spoločnosť v predĺžení, nakoľko v takomto prípade spoločnosť vykazuje záporné vlastné imanie.

Možnosti riešenia spoločnosti v kríze sú rôzne. Závisí od rozhodnutia obchodnej spoločnosti, akými prostriedkami zabezpečí, aby sa spoločnosť do krízy nedostala, resp. ak sa už v kríze nachádza, aby sa z krízy dostala. Môže navýšiť základné imanie, uhradiť vykázanú stratu, resp. zabezpečiť si podnikateľskou činnosťou dostatočné finančné prostriedky na uhrádzanie záväzkov voči veriteľom a nie voči spoločníkom spoločnosti.

Príspevok bol spracovaný v rámci riešenia grantovej úlohy VEGA 1/0121/21 „Analýza vplyvu krízy súvisiacej s COVID-19 na finančné zdravie subjektov v Slovenskej republike“.

Literatúra

1. Blahušiaková, M. (2021). Účtovná závierka mikro účtovnej jednotky. *Vydavateľstvo Letra Edu*.
2. Blahušiaková, M. (2021). Impact of COVID-19 Crises on Accounting Entities Providing Accommodation Services in Slovakia. *Proceedings. 13, Financial Management of Firms and Financial Institutions: International Scientific Conference*, 7-16.
3. Máziková, K., & Ondrušová, L., & Seneši, N. (2016). Účtovníctvo vlastníckych transakcií. *Wolters Kluwer SR*.
4. Meluchová, J., & Mateášová, M. (2015). The Ethical aspect of the business in insurance in the conditions of a globalized financial market. *Financial management of firms and financial institutions: proceedings: 10th international scientific conference: 7th - 8th september 2015, Ostrava, Czech Republic*, 783-790.
5. Opatrenie MF SR č. 23054/2002 zo 16. decembra 2002, ktorým sa ustanovujú podrobnosti o postupoch účtovania a rámcovej účtovej osnove pre podnikateľov účtujúcich v sústave podvojného účtovníctva, v znení neskorších predpisov.
6. Parajka, B. (2015). Are information needs of financial entities served by financial statements in the Slovak Republic. *Financial management of firms and financial institutions: proceedings: 10th international scientific conference: 7th - 8th september 2015, Ostrava, Czech Republic*, 950-957.
7. Register účtovných závierok. dostupné na www.registeruz.sk

8. Šlosárová, A., & Blahušiaková, M. (2020). Analýza účtovnej závierky (2. prepracované a doplnené vydanie). *Wolters Kluwer SR*.
9. Vašeková, M. (2016). Contributions to capital and loans from shareholders in terms of commercial law, accounting and tax legislation in Slovakia. *Účetnictví a auditing v procesu světové harmonizace: sborník z [16.] mezinárodní vědecké konference: Vranov nad Dyjí, Česko, 13. - 15. září 2016*, 195-199.
10. Zákon č. 513/1991 Zb. Obchodný zákonník v znení neskorších predpisov.
11. Zákon č. 431/2002 Z. z. o účtovníctve v znení neskorších predpisov.
12. Zákon č. 7/2005 Z. z. o konkurze a reštrukturalizácii a o zmene a doplnení niektorých zákonov v znení neskorších predpisov



Účtovné a daňové riešenie zlúčenia ako typu kombinácie podnikov z pohľadu nástupníckej účtovnej jednotky v Slovenskej republike

Accounting and tax solution of a merger as a type of business combinations from the acquiring company point of view in the Slovak Republic

Martina Podmanická¹

Abstrakt

Zlúčenie je súčasťou širšej problematiky spájania podnikov do väčších ekonomických či právnych celkov. V medzinárodnej účtovnej terminológii je spájanie podnikov známe pod názvom podnikové kombinácie (angl. business combinations). Cieľom príspevku je komplexne prezentovať a analyzovať problematiku zlúčenia ako typu kombinácie podnikov z pohľadu nástupníckej účtovnej jednotky v Slovenskej republike z účtovného a daňového hľadiska. Príspevok objasňuje transakciu zlúčenia ako možný typ kombinácie podnikov; ozrejmuje základné pojmy súvisiace so zlúčením, ktorých pochopenie je nevyhnutné pre správne účtovné zobrazenie danej transakcie; informuje o právnych súvislostiach zlúčenia do takej miery, ktorá je potrebná pre vysvetlenie účtovných súvislostí, zároveň predostiera účtovné i daňové riešenie danej problematiky z hľadiska nástupníckej účtovnej jednotky, ktoré vyplýva z platnej účtovnej legislatívy a platného zákona o dani z príjmov.

Kľúčové slová

Zlúčenie, nástupnícka účtovná jednotka, reálna hodnota, goodwill

Abstract

Mergers are a part of a broader issue of certain types of business joining into larger economic or legal units or division of business. This is known as business combinations in international accounting terminology. The aim of this paper is to comprehensively present and analyse the issue of mergers as type of business combinations from the acquiring company point of view in the Slovak Republic from an accounting and a tax point of view. The paper clarifies mergers transaction as possible types of business combinations; explains the fundamental concepts related to the merger, because their understanding is necessary for the correct accounting solution of given transaction; informs about the legal context of mergers to the extent necessary to explain the accounting context. The paper also presents a comprehensive accounting and tax solution to this issue from the acquiring company point of view according to the currently valid accounting and tax legislation.

Key words

Merger, acquiring company, fair value, goodwill

JEL classification

M40, M41

¹ Ing. Martina Podmanická, PhD., Ekonomická univerzita v Bratislave, Fakulta hospodárskej informatiky, Katedra účtovníctva a audítorstva, Dolnozemska cesta 1, 852 35 Bratislava, email: martina.podmanicka@euba.sk.

1 Úvod

V Slovenskej republike sa za kombinácie podnikov zvyknú považovať (Farkaš, 2020): zlúčenie, splynutie, rozdelenie, kúpa podniku alebo jeho časti, vklad podniku alebo jeho časti, prevod, resp. obstaranie akcií alebo obchodných podielov. Z uvedených typov kombinácií podnikov najpočetnejšiu skupinu predstavuje prevod, resp. obstaranie akcií alebo obchodných podielov, tzv. kapitálové akvizície, ktoré vedú k vzniku väčšieho ekonomického celku, tzv. konsolidovaného celku, pričom kombinujúce podniky si zachovávajú svoju právnu subjektivitu. Najčastejšími kombináciami podnikov spomedzi prvých piatich prípadov sú zlúčenia, ale pomerne častými sú aj kúpa a vklad podniku alebo jeho časti. Odhadujeme, že ročne sa ich v Slovenskej republike realizujú desiatky, možno aj stovky. Menej častými typmi kombinácií podnikov sú splynutie a rozdelenie (Farkaš, 2020).

Na rozdiel od kúpy akcií alebo obchodných podielov danej spoločnosti či kúpy alebo vkladu podniku alebo jeho časti, pri zlúčení a splynutí obchodných spoločností alebo aj pri rozdelení spoločnosti zlúčením dochádza k situácii, keď jedna alebo viac spoločností zaniká, imanie zanikajúcej/ich spoločnosti/í preberá právny nástupca, ktorý buď existuje alebo vznikne. Vo svojej podstate dochádza v jednej právnickej osobe, v nástupnickej spoločnosti, ku spojeniu podnikov zaniknutej/tých spoločnosti/í respektíve i nástupnickej spoločnosti. Zdôrazňuje sa tu právne obmedzená životnosť obchodnej spoločnosti, t. j. jej zánik a následné pokračovanie v inom právnom subjekte. Preto sa tieto kombinácie podnikov často označujú ako právne spájanie podnikov – legal merger (Vomáčková, 2004). V odbornej ekonomickej literatúre existuje pre zlúčenie a splynutie spoločný názov fúzia.

V prípade zlúčenia alebo splynutia jednej alebo viacerých slovenských zúčastnených spoločností s jednou alebo viacerými zahraničnými zúčastnenými spoločnosťami hovoríme o cezhraničnom zlúčení alebo cezhraničnom splynutí. V príspevku sa ďalej venujeme zlúčeniu podnikov špeciálne z pohľadu nástupnickej účtovnej jednotky.

Motiváciou pre zlúčenie môže byť dosiahnutie synergického efektu zo spájania, zvýšenie hospodárnosti a efektívnosti činnosti podnikateľských subjektov, zjednodušenie riadenia podnikov, ozdravenie finančnej situácie skupiny podnikov, v prípade zlej finančnej situácie jednej zo zúčastnených spoločností, docielenie vykázania majetku a záväzkov v reálnej hodnote, vykázanie či získanie dlhodobého nehmotného majetku, daňová optimalizácia, optimalizácia nákladov v rámci skupiny, prienik na nové trhy z odvetvového i geografického hľadiska, racionalizácia a zefektívnenie organizačnej štruktúry v rámci skupiny podnikov a v neposlednom rade vytvorenie nielen ekonomického, ale aj právneho celku.

Aby sa predišlo nekalým praktikám pri zlúčení a zároveň aby sa posilnila ochrana práv veriteľov a spoločníkov zúčastnených spoločností a tiež aby sa posilnila zodpovednosť členov orgánov spoločností, ktorí svojím konaním môžu poškodiť spoločnosť, je pred samotným začatím procesu zlúčenia nevyhnutné posúdiť, či spoločnosti, ktoré sa danej transakcie idú zúčastniť, budú ku dňu účinnosti zlúčenia spĺňať zákonné podmienky, ako napr. hodnota záväzkov nástupnickej spoločnosti nesmie presahovať hodnotu jej majetku, nástupnícka spoločnosť alebo zanikajúca spoločnosť nesmú byť v likvidácii, voči nástupnickej alebo zanikajúcej spoločnosti nemôžu pôsobiť účinky vyhlásenia konkurzu, účinky začatia reštrukturalizačného konania alebo povolenia reštrukturalizácie, voči nástupnickej spoločnosti alebo zanikajúcej spoločnosti sa nemôže viesť konanie o ich zrušení a nemôžu byť súdom alebo na základe súdu zrušené.

Zlúčenie sa môže realizovať tak medzi navzájom nezávislými spoločnosťami, ako aj medzi kapitálovo prepojenými spoločnosťami, keď jedna zúčastnená spoločnosť vlastní podiel v inej zúčastnenej spoločnosti. V závislosti od toho transakcia zlúčenia môže, ale tiež nemusí mať vplyv na zmenu vlastníckych pomerov medzi zúčastnenými subjektami.

Slovenské účtovné predpisy upravujú všetky kombinácie podnikov jednotne. Nerozlišujú, či ide o kombinácie podnikov pod jednotnou kontrolou alebo nie.

Pre úspešné zvládnutie realizácie akejkoľvek kombinácie podnikov je mimoriadne dôležité správne posúdenie danej transakcie z právneho, účtovného i daňového hľadiska. Príspevok sa právnomu posúdeniu daných transakcií venuje to tej miery, ktorá je nevyhnutná pre vysvetlenie účtovných súvislostí. Nakoľko účtovníctvo má verne a pravdivo zobrazovať danú transakciu, ak nechápeme podstatu transakcie a jej právnym dôsledkom, je takmer vylúčené, aby sme verne a pravdivo zobrazili danú transakciu v účtovníctve podnikateľa. V mnohých prípadoch sa právne a účtovné posúdenie týchto transakcií odlišuje a to najmä z dôvodu, že z právneho aspektu sú tieto transakcie posudzované z hľadiska ich právnej formy a nie z hľadiska podstaty a z účtovného aspektu sú tieto transakcie posudzované z hľadiska ich podstaty, pričom ich právna forma je druhoradá (Farkaš, 2020).

Cieľom príspevku je komplexne prezentovať a analyzovať problematiku zlúčenia ako typu kombinácie podnikov z pohľadu nástupníckej účtovnej jednotky v Slovenskej republike z účtovného a daňového hľadiska tak, ako je riešená v platnej právnej úprave tejto problematiky v súčasnosti, predovšetkým v súlade so zákonom č. 513/1991 Zb. Obchodný zákonník v znení neskorších predpisov (ďalej len „Obchodný zákonník“), zákonom č. 431/2002 Z. z. o účtovníctve v znení neskorších predpisov (ďalej len „zákon o účtovníctve“), zákonom č. 595/2003 Z. z. o dani z príjmov v znení neskorších predpisov (ďalej len „zákon o dani z príjmov“), opatrením Ministerstva financií Slovenskej republiky č. 23054/2002-92 zo 16. decembra 2002, ktorým sa ustanovujú podrobnosti o postupoch účtovania a rámcovej účtovej osnove pre podnikateľov účtujúcich v systave podvojného účtovníctva, v znení neskorších predpisov (ďalej len „postupy účtovania pre podvojné účtovníctvo“).

2 Definovanie základných pojmov súvisiacich so zlúčením

Zlúčenie je postup, pri ktorom na základe zrušenia bez likvidácie dochádza k zániku jednej spoločnosti alebo viacerých spoločností, pričom imanie zanikajúcich spoločností prechádza na inú už jestvujúcu spoločnosť, ktorá sa tým stáva právnym nástupcom zanikajúcich spoločností.

Právne aspekty zlúčenia upravuje Obchodný zákonník. Zlúčenie, splynutie a rozdelenie sa nazývajú spoločným názvom zrušenie spoločnosti bez likvidácie a všeobecne sú upravené v § 69, § 69a a § 69aa Obchodného zákonníka, podrobnejšiu úpravu nájdeme v ustanoveniach týkajúcich sa jednotlivých právnych foriem obchodných spoločností.

Právne účinky zlúčenia nastávajú jeho zápisom do obchodného registra, kedy prechádza imanie zanikajúcich spoločností na nástupnícku spoločnosť, preto hovoríme, že spoločnosť, ktorá sa zúčastňuje zlúčenia a v súvislosti s ním aj zaniká, zaniká bez likvidácie, nakoľko sa likvidácia nevykoná; spoločníci zanikajúcich spoločností sa stávajú spoločníkmi nástupníckej spoločnosti; spoločnosti zanikajúce zlúčením zanikajú. Výmaz zanikajúcej spoločnosti a zápis zlúčenia sa v obchodnom registri vykoná k tomu istému dňu.

Dňu zániku spoločnosti predchádza deň zrušenia spoločnosti. Za moment zrušenia spoločnosti považujeme deň, keď bolo valným zhromaždením prijaté rozhodnutie o zrušení spoločnosti bez likvidácie. Z právneho hľadiska je to deň schválenia návrhu zmluvy o zlúčení. Návrh na zápis zlúčenia do obchodného registra musia podať súčasne všetky zanikajúce i nástupnícku spoločnosti najneskôr do tridsiatich dní od schválenia zmluvy o zlúčení.

Pre účtovné zobrazenie transakcie zlúčenia je dôležitá zásada obsahu pred formou, t. j. prednosti ekonomickej podstaty pred právnou formou. Preto je z pohľadu účtovníctva dôležitý rozhodný deň a nie deň, kedy nastávajú právne účinky zlúčenia jeho zápisom do obchodného registra. Z vecného hľadiska je rozhodný deň považovaný za deň, od ktorého spoločnosti zúčastnené na zlúčení začínajú podnikať spoločne na účet nástupníckej spoločnosti.

Z právneho hľadiska je stanovenie rozhodného dňa súčasťou zmluvy o zlúčení, je teda výsledkom dohody spoločníkov zúčastnených spoločností, v ktorých právomoci stanovenie rozhodného dňa je. Podľa Obchodného zákonníka je rozhodný deň dňom, od ktorého sa úkony zanikajúcich spoločností považujú z hľadiska účtovníctva za úkony vykonané na účet nástupníckej spoločnosti, pričom tento deň môže byť určený najskôr spätne k prvému dňu účtovného obdobia, v ktorom je vypracovaný návrh zmluvy o zlúčení za predpokladu, že účtovná závierka zostavená ku dňu, ktorý predchádza tomuto dňu, nebola schválená príslušným orgánom. Najneskorší deň, ktorý môže byť určený ako rozhodný deň, je deň výmazu zanikajúcej spoločnosti z obchodného registra. V tomto prípade priamo Obchodný zákonník určuje deň, ku ktorému sa príslušná transakcia zobrazí v účtovníctve danej spoločnosti. Možnosť určiť si rozhodný deň v pomerne širokom časom intervale je uľahčením celého procesu transakcie zlúčenia v tom zmysle, že zúčastnené spoločnosti si môžu optimalizovať celý proces transakcie po organizačnej, finančnej i časovej stránke.

3 Účtovné riešenie zlúčenia z pohľadu nástupníckej účtovnej jednotky

Účtovné aspekty zlúčenia upravuje zákon o účtovníctve a postupy účtovania pre podvojnú účtovníctvo. Od rozhodného dňa skutočnosti, ktoré sú predmetom účtovníctva zanikajúcej právnickej osoby, sú súčasťou účtovníctva a účtovnej závierky nástupníckej účtovnej jednotky. Od rozhodného dňa sa vedie účtovníctvo tak, aby bolo možné jednoznačne vyčíslit' majetok, záväzky a výsledok hospodárenia zanikajúcej právnickej osoby, ak nenastanú účinky zlúčenia. Pomerne častými bývajú totiž i prípady, keď po zrušení spoločnosti nedôjde k zániku účtovnej jednotky, existencia zanikajúcej účtovnej jednotky sa obnoví a účtovná jednotka bude pokračovať vo vedení účtovníctva tak, akoby sa žiadne úkony vedúce k jej zrušeniu neuskutočnili (Turóciová, 2012).

Podľa zákona o účtovníctve mimoriadnu účtovnú závierku a ostatné dokumenty ukladá do registra účtovných závierok za zanikajúcu účtovnú jednotku nástupnícka účtovná jednotka, pričom do dňa účinkov zlúčenia ich môže uložiť zanikajúca účtovná jednotka.

K rozhodnému dňu zostaví nástupnícka účtovná jednotka otváraciu súvahu a otvorí účtovné knihy. Pri zlúčení nástupnícka účtovná jednotka pokračuje vo vedení svojich účtovných kníh po doplnení účtov z podkladov otváracjej súvahy. Pri zlúčení nástupnícka účtovná jednotka neuzavrie účtovné knihy, zisťuje však konečné zostatky účtov na účely zostavenia otváracjej súvahy. To znamená, že pri zlúčení je pôvodný majetok a záväzky nástupníckej účtovnej jednotky ocenený v ich účtovných hodnotách, neprecenený na reálnu hodnotu.

V otváracjej súvahu nástupníckej účtovnej jednotky sa preberaný majetok a záväzky oceňujú reálnou hodnotou tak, ako boli ocenené v mimoriadnej účtovnej závierke účtovnej jednotky zanikajúcej bez likvidácie. V tejto súvislosti je dôležité uviesť, že postupy účtovania pre podvojnú účtovníctvo v § 26 ods. 1 písm. a) a b) vyžadujú, aby zanikajúca účtovná jednotka vytvárala opravné položky a rezervy z hľadiska nástupníckej účtovnej jednotky a nie zo svojho pohľadu. Podobne sa má postupovať aj pri odložených daniach, t. j. v mimoriadnej účtovnej závierke zanikajúcej účtovnej jednotky sa majú odložené dane vykazovať z hľadiska nástupníckej účtovnej jednotky, nie z hľadiska zanikajúcej účtovnej jednotky. Rozdiely medzi doterajšou účtovnou hodnotou majetku a záväzkov a ich reálnou hodnotou sa účtujú na účet 416 – Oceňovacie rozdiely z precenenia pri zlúčení, splynutí a rozdelení, teda bez vplyvu na výsledok hospodárenia. Tieto rozdiely môžu, ale nemusia predstavovať dočasné rozdiely, to v minulosti záležalo od daňového režimu, ktorý si účtovná jednotka zvolila a od 1. 1. 2018 od toho, či ide o cezhraničnú transakciu alebo nie. Ak ide o dočasné rozdiely, potom sa aj odložené dane účtujú na účet 416 – Oceňovacie rozdiely z precenenia pri zlúčení, splynutí a rozdelení (Farkaš, 2020). Zostatok účtu 416 – Oceňovacie rozdiely z precenenia pri zlúčení,

splynutí a rozdelení, ktorý v mimoriadnej účtovnej závierke vykázala zanikajúca účtovná jednotka, sa v otváracjej súvahe nástupníckej účtovnej jednotky vykazuje v súlade so zmluvou o zlúčení na účtoch účtovej skupiny 41 – Základné imanie a kapitálové fondy a účtovej skupiny 42 – Fondy tvorené zo zisku a prevedené výsledky hospodárenia. Neexistujú reštrikcie pre použitie účtu 416 – Oceňovacie rozdiely z precenenia pri zlúčení, splynutí a rozdelení s výnimkou jeho pridelenia k výsledku hospodárenia za bežné účtovné obdobie, môže sa použiť napr. na zvýšenie základného imania, na úhradu straty, ale aj na rozdelenie spoločníkom. Predstavuje vlastný zdroj krytia majetku spoločnosti, je súčasťou vlastného imania spoločnosti (Farkaš, 2020).

Účtovné jednotky zúčastnené na zlúčení môžu mať vzájomné pohľadávky a záväzky. Podľa postupov účtovania pre podvojnú účtovníctvo sa pri zlúčení vzájomné pohľadávky a záväzky vrátane rezerv a účtov časového rozlíšenia vykazujú v otváracjej súvahe v plnom rozsahu, vylúčia sa až po zlúčení, a prípadné vzniknuté rozdiely z dôvodu vylúčenia vzájomných pohľadávok a záväzkov vrátane rezerv a účtov časového rozlíšenia sa účtujú na príslušné účty nákladov a výnosov v účtovníctve nástupníckej účtovnej jednotky.

V zmysle postupov účtovania pre podvojnú účtovníctvo sa v otváracjej súvahe nástupníckej účtovnej jednotky vykazujú majetok, záväzky a vlastné imanie jednotlivých účtovných jednotiek zúčastnených na zlúčení, ak zúčastnená účtovná jednotka nemá podiel v inej zúčastnenej účtovnej jednotke. Ak jedna zúčastnená účtovná jednotka má podiel v inej zúčastnenej účtovnej jednotke (napr. ide o materskú a dcérsku účtovnú jednotku), vykazujú sa hodnoty v otváracjej súvahe nástupníckej účtovnej jednotky po vylúčení podielov, ktoré sa účtujú na účtoch účtovej skupiny 06 – Dlhodobý finančný majetok a hodnoty vlastného imania pripadajúceho na tieto podiely. Hodnota goodwillu alebo záporného goodwillu sa vykazuje podľa § 37 ods. 8 až 11 postupov účtovania pre podvojnú účtovníctvo.

Na účely vykázania v otváracjej súvahe nástupníckej účtovnej jednotky sa v súlade s ustanoveniami § 37 ods. 11 postupov účtovania pre podvojnú účtovníctvo pri zlúčení goodwill účtuje, ak účtovná hodnota podielu jednej zúčastnenej spoločnosti v inej zúčastnenej spoločnosti je vyššia než reálna hodnota majetku a záväzkov pripadajúca na tento podiel. Pri zlúčení, ak zanikajúca účtovná jednotka má podiel v nástupníckej účtovnej jednotke (napr. v prípade zlúčenia materskej účtovnej jednotky do dcérskej účtovnej jednotky), sa účtuje goodwill ako rozdiel medzi reálnou hodnotou podielu v nástupníckej účtovnej jednotke a účtovnou hodnotou vlastného imania nástupníckej účtovnej jednotky, okrem zlúčenia podľa § 26 ods. 7 postupov účtovania pre podvojnú účtovníctvo. V tejto súvislosti je dôležité, ako sú ocenené podiely jednej zúčastnenej spoločnosti v inej zúčastnenej spoločnosti a ako je ocenený majetok a záväzky tejto inej zúčastnenej spoločnosti pripadajúci na tento podiel. Na reálnu hodnotu preceňuje majetok a záväzky vždy zanikajúca účtovná jednotka. Goodwill sa účtuje na ľarchu účtu 015 – Goodwill a záporný goodwill sa účtuje v prospech účtu 015 – Goodwill.

V účtovníctve nástupníckej účtovnej jednotky nasledujú úpravy goodwillu alebo záporného goodwillu vykazaného v otváracjej súvahe nástupníckej účtovnej jednotky v súlade s § 37 ods. 12 o sumu

- a) identifikovateľného spoľahlivo oceneného dlhodobého nehmotného majetku vytvoreného vlastnou činnosťou v zanikajúcej právnickej osobe do nadobudnutia podielu v zanikajúcej účtovnej jednotke, okrem zlúčenia podľa § 26 ods. 7, ktorý sa v účtovníctve nástupníckej účtovnej jednotky zaúčtuje na účtoch dlhodobého nehmotného majetku;
- b) nerozdelených ziskov alebo neuhradených strát účtovaných na účtoch vlastného imania, ktoré pripadajú zúčastnenej účtovnej jednotke od nadobudnutia príslušného podielu v zúčastnenej účtovnej jednotke;
- c) účtovaných na účte 414 – Oceňovacie rozdiely z precenenia majetku a záväzkov a viažucu sa k zaniknutému podielu v zúčastnenej účtovnej jednotke;

d) oceňovacieho rozdielu na účte 416 – Oceňovacie rozdiely z precenenia pri zlúčení, splynutí a rozdelení v zanikajúcej účtovnej jednotke, ktorá sa vzťahuje na majetok nadobudnutý zanikajúcou účtovnou jednotkou odo dňa nadobudnutia podielu nástupníckou účtovnou jednotkou v zanikajúcej účtovnej jednotke alebo o sumu oceňovacieho rozdielu na účte 416 – Oceňovacie rozdiely z precenenia pri zlúčení, splynutí a rozdelení, ktorá sa vzťahuje k zaniknutému podielu v nástupníckej účtovnej jednotke;

e) odpisu goodwillu alebo záporného goodwillu na základe zistenia výšky zvýšenia ekonomických úžitkov v súvislosti s goodwillom a zníženia ekonomických úžitkov v súvislosti so záporným goodwillom podľa odseku 11. Príslušné ustanovenie uvádza nasledujúci postup: ak budúce zvýšenie ekonomických úžitkov bude pravdepodobne nižšie ako je výška goodwillu zaúčtovaná na účte 015 – Goodwill, príslušná časť goodwillu sa odpíše pri zlúčení, splynutí a rozdelení.

Goodwill alebo záporný goodwill pri zlúčení môže vzniknúť len vtedy, ak má jedna zúčastnená spoločnosť podiel v inej zúčastnenej spoločnosti. Goodwill je súčasťou ocenenia tohto podielu, bol obstaraný za odplatu v deň obstarania tohto podielu. Keďže v prípade zlúčenia je dňom obstarania rozhodný deň, na účely výpočtu goodwillu sa za deň obstarania goodwillu považuje práve rozhodný deň, a nie deň obstarania podielu v inej spoločnosti v minulosti. Rozdiel medzi týmito dňami môže byť aj niekoľko rokov. (Farkaš, 2020) Vplyvom úprav podľa § 37 ods. 12 sa môže z pôvodne kladného goodwillu stať záporný goodwill a z pôvodne záporného goodwillu sa môže stať kladný goodwill. Zmyslom týchto úprav je ocenenie goodwillu čo najviac priblížiť k jeho sume v deň, kedy sa podiel skutočne obstaral (Farkaš, 2020).

Až následne po vyššie uvedených úpravách zistíme hodnotu goodwillu, ktorá sa odpisuje, resp. hodnotu záporného goodwillu. Vzniknutý záporný goodwill sa jednorazovo odpíše v prospech účtu 551 – Odpisy dlhodobého nehmotného majetku a dlhodobého hmotného majetku so súvzťažným zápisom na ťarchu účtu 075 – Oprávky ku goodwillu. Hodnota goodwillu sa odpisuje na ťarchu účtu 551 – Odpisy dlhodobého nehmotného majetku a dlhodobého hmotného majetku so súvzťažným zápisom v prospech účtu 075 – Oprávky ku goodwillu. Podľa zákona o účtovníctve, ak sa nedá životnosť goodwillu spoľahlivo odhadnúť, musí ho účtovná jednotka odpísať najneskôr do piatich rokov od jeho obstarania.

Postupy účtovania pre podvojnú účtovníctvo uvádzajú, že na prvotné zaúčtovanie goodwillu alebo záporného goodwillu sa požiadavka účtovania o odloženej dani nevzťahuje. Účtovanie o odloženej dani sa vzťahuje na dočasný rozdiel ku goodwillu alebo zápornému goodwillu, ktorý vznikol po jeho prvotnom zaúčtovaní, napr. z dôvodu rôznych daňových odpisov a účtovných odpisov; ak pri prvotnom účtovaní goodwillu alebo záporného goodwillu nevznikol dočasný rozdiel. Dočasný rozdiel nevzniká v prípade goodwillu zaúčtovaného pri zlúčení, splynutí a rozdelení účtovných jednotiek, ak sa na daňové účely postupovalo v ocenení v reálnych hodnotách (Baštincová, Tužinský, 2011). V prípade, ak sa na daňové účely použilo ocenenie v pôvodných cenách, dočasný rozdiel v súvislosti s goodwillom pri zlúčení, splynutí a rozdelení účtovných jednotiek vzniká.

V situácii, že pri zlúčení vznikajú vlastné akcie alebo vlastné obchodné podiely (pri zlúčení materskej účtovnej jednotky do dcérskej účtovnej jednotky, kde nástupnícka účtovná jednotka je dcérska účtovná jednotka), v otvárací súvahe sa podľa § 26 ods. 7 postupov účtovania pre podvojnú účtovníctvo vykazuje:

- a) majetok, záväzky a vlastné imanie nástupníckej účtovnej jednotky,
- b) majetok, záväzky a vlastné imanie zanikajúcej účtovnej jednotky, a to vrátane vlastných akcií alebo vlastných obchodných podielov,

c) goodwill alebo záporný goodwill, ktorého suma sa vypočíta ako rozdiel medzi hodnotou finančnej investície tvoriacej podiel v nástupníckej účtovnej jednotke a hodnotou vlastného imania nástupníckej účtovnej jednotky pripadajúcou na tento podiel,

d) v hodnote goodwillu alebo záporného goodwillu suma na účte 428 – Nerozdelený zisk minulých rokov alebo na účet 429 – Neuhradená strata minulých rokov.

V nadväznosti na vyššie uvedené ustanovenia, podľa ktorých sa goodwill obsiahnutý v ocenení vlastných akcií alebo vlastných obchodných podielov vykazuje samostatne súvzťažne so zvýšením účtu 428 – Nerozdelený zisk minulých rokov Farkaš (2020) upozorňuje, že k tomuto ustanoveniu je potrebné pristupovať opatrne. Farkaš (2020) uvádza, že toto ustanovenie napriek tomu, že sa nachádza v súčasne platnej právnej úprave účtovníctva, pochádza ešte z čias, keď sa vlastné akcie alebo vlastné obchodné podiely vykazovali ako súčasť vlastného imania, so záporným znamienkom (t. j. znižovali vlastné imanie, bolo to s účinnosťou do 31. 12. 2014). Toto ustanovenie znamená, že ak je v hodnote vlastných akcií alebo vlastných obchodných podielov obsiahnutý goodwill a o celú hodnotu vlastných akcií alebo vlastných obchodných podielov je znížené vlastné imanie, o hodnotu goodwillu sa zvyšuje majetok na strane aktív a súčasne sa zvýši aj vlastné imanie na účte 428 – Nerozdelený zisk minulých rokov. S účinnosťou od 1. 1. 2015 sa vlastné akcie a vlastné obchodné podiely vykazujú na strane aktív súvahy a súvzťažne je potrebné vytvoriť vo vlastnom imaní rezervný fond na vlastné akcie alebo vlastné obchodné podiely. Preto vykázanie goodwillu raz ako súčasti ocenenia vlastných akcií a vlastných obchodných podielov a raz ako samostatnej položky dlhodobého nehmotného majetku, by mohlo viesť k dvojitému vykázaniu goodwillu, a teda k nadhodnoteniu majetku na strane aktív a nadhodnoteniu vlastného imania na strane pasív.

Ak sa o vlastné akcie alebo vlastné obchodné podiely následne zníži základné imanie nástupníckej účtovnej jednotky rozdiel medzi účtovnou hodnotou vlastných akcií alebo vlastných obchodných podielov a menovitou hodnotou znižovaného základného imania sa účtuje podľa charakteru na účte 428 – Nerozdelený zisk minulých rokov alebo na účte 429 – Neuhradená strata minulých rokov, neúčtuje sa teda ako náklad alebo výnos, t. j. s vplyvom na výsledok hospodárenia.

V prípade zlúčenia je nástupnícka účtovná jednotka povinná k rozhodnému dňu opätovne prehodnotiť svoje zatriedenie do veľkostných skupín a zohľadniť veľkosť majetku a priemerný prepočítaný počet zamestnancov, ktoré prevzala od zanikajúcej účtovnej jednotky.

Samostatným problémom pri zlučovaní spoločností sú náklady spojené so zlúčením spoločností v podobe napr. nákladov na znalcov, expertov z oblasti obchodného práva, účtovníctva i daňových poradcov, na overovanie účtovných závierok audítorom, poplatkov za zápisy a výmazy v obchodnom registri. Tieto náklady predstavujú v súčasnosti významné čiastky a účtujú sa ako náklady na hospodársku činnosť, neaktivujú sa ani ako dlhodobý nehmotný majetok ani ako položky časového rozlíšenia (Sklenka a kol., 2019).

4 Daňové riešenie zlúčenia z pohľadu nástupníckej účtovnej jednotky

Zákon o dani z príjmov v § 17c a § 17e komplexne upravuje zlúčenie obchodných spoločností, t. j. obsahuje úpravu na strane zanikajúcej účtovnej jednotky (ďalej „daňovníka zrušeného bez likvidácie“) aj na strane nástupníckej účtovnej jednotky (ďalej „právneho nástupcu“).

Ak sa daňovník zrušuje bez likvidácie, je podľa § 49 ods. 6 povinný buď on alebo jeho právny nástupca podať daňové priznanie v lehote do troch kalendárnych mesiacov po uplynutí zdaňovacieho obdobia, ktoré končí dňom predchádzajúcim rozhodnému dňu. Daňové priznanie sa zostavuje z podkladov mimoriadnej účtovnej závierky zostavenej ku dňu

predchádzajúcemu rozhodnému dňu. Povinnosť zaplatiť daň vyčíslenú v tomto daňovom priznaní prechádza podľa daňového poriadku na právneho nástupcu (Gášpárová, 2019). Základom mnohých daňových súvislostí zlúčenia je právne nástupníctvo, kedy právny nástupca vstupuje do práv a povinností spoločnosti, ktorá zanikla. V rámci právneho nástupníctva sa právnenému nástupcovi uznáva i nárok na uplatnenie daňovej straty daňovníka zrušeného bez likvidácie v súlade s § 30 zákona o dani z príjmov. Obdobne i v prípade platenia preddavkov na daň z príjmov v súlade s § 42 ods. 4 právny nástupca preberá povinnosť platenia preddavkov na daň z príjmov a to tak, že platí preddavky na daň z príjmov vo výške súčtu dane daňovníka zaniknutého zlúčením za zdaňovacie obdobie predchádzajúce zdaňovaciemu obdobiu, v ktorom došlo k zániku daňovníka a svojej dane za zdaňovacie obdobie predchádzajúce zdaňovaciemu obdobiu, v ktorom došlo k zlúčeniu.

Na vyčíslenie základu dane spoločností zúčastnených na zlúčení je určujúce ocenenie majetku, ktoré podľa § 17 ods. 11 zákona o dani z príjmov môže byť v:

- reálnych hodnotách, ak sa postupuje podľa § 17c zákona o dani z príjmov alebo
- pôvodných cenách, ak sa postupuje podľa § 17e zákona o dani z príjmov.

Ocenenie v pôvodných cenách sa uplatní pri cezhraničných zlúčeníach, ak sú splnené podmienky explicitne stanovené zákonom o dani z príjmov. Zákon o dani z príjmov v § 17e ods. 13 tiež zdôrazňuje, že ocenenie majetku v pôvodných cenách nie je možné použiť v prípade, ak hlavným dôvodom alebo jedným z hlavných dôvodov pre transakciu zlúčenia je zníženie alebo vyhnutie sa daňovej povinnosti. Podľa zákona o dani z príjmov predpoklad, že hlavným cieľom alebo jedným z hlavných cieľov pre zlúčenie je zníženie alebo vyhnutie sa daňovej povinnosti, vzniká v situácii, ak by zlúčenie nebolo realizované z riadnych obchodných dôvodov ako je reštrukturalizácia alebo racionalizácia činností. Nepovažujeme za správne, že zákon o dani z príjmov riadne obchodné dôvody na realizáciu zlúčenia ako kombinácie podnikov zužuje na reštrukturalizáciu a racionalizáciu činností, pričom neberie do úvahy, že dôvodom na realizáciu zlúčenia môže byť podstatne viac, vrátane optimalizácie daňovej povinnosti, ktorú jednoznačne považujeme za ekonomický dôvod pre realizáciu zlúčenia. V týchto prípadoch sa musí uplatniť postup podľa § 17c a majetok a záväzky sa musia oceniť v reálnych hodnotách.

V ostatných prípadoch zlúčenia sa na daňové účely použije ocenenie majetku a záväzkov v reálnych hodnotách, preto sa v ďalšej časti príspevku venujeme práve daňovému riešeniu zlúčenia v reálnych hodnotách.

4. 1 Daňové riešenie zlúčenia v reálnych hodnotách u nástupníckej účtovnej jednotky

Ak právny nástupca v súlade s § 17c ods. 2 zákona o dani z príjmov majetok a záväzky nadobudnuté zlúčením od daňovníka zrušeného bez likvidácie oceňuje v reálnych hodnotách v súlade s účtovným riešením, potom právny nástupca odpisuje hmotný majetok z reálnej hodnoty ako novoobstaraný majetok alebo môže pokračovať v odpisovaní hmotného majetku z reálnej hodnoty počas zostávajúcej doby odpisovania v tom prípade, ak oceňovacie rozdiely z precenenia pri zlúčení vykázané v súlade s účtovným riešením zahrnie do základu dane daňovník zrušený bez likvidácie alebo právny nástupca jednorazovo v tom zdaňovacom období, v ktorom nastal rozhodný deň.

Do základu dane právneho nástupcu daňovníka zrušeného bez likvidácie sa podľa § 17c ods. 2 zákona o dani z príjmov:

- zahrňujú oceňovacie rozdiely z precenenia pri zlúčení vykázané v súlade s účtovným riešením buď jednorazovo podľa § 17c ods. 2 alebo až do ich úplného zahrnutia, najdlhšie počas siedmich bezprostredne po sebe nasledujúcich zdaňovacích období, najmenej vo výške jednej sedminy ročne, počnúc zdaňovacím obdobím, v ktorom nastal rozhodný deň, ak odsek 11 neustanovuje inak. Ak počas tohto obdobia dôjde k zvýšeniu základného

imania, vyplateniu dividend, k predaju alebo inému vyradeniu viac ako 50 % reálnej hodnoty hmotného a nehmotného majetku, ku ktorému sa viažu oceňovacie rozdiely, je právny nástupca povinný zahrnúť zostávajúcu časť oceňovacích rozdielov do základu dane v tom zdaňovacom období, v ktorom dôjde k vzniku niektorej z týchto skutočností. Ak sa počas tohto obdobia daňovník zrušuje s likvidáciou, zrušuje bez likvidácie, je na daňovníka vyhlásený konkurz alebo dôjde k následnému predaju podniku či k nepeňažnému vkladu podniku, urobí úpravu základu dane o zostávajúcu časť oceňovacích rozdielov najneskôr v zákonom o dani z príjmov stanovenom zdaňovacom období;

- zahrnuje len rozdiel medzi sumou prevzatej rezervy a výškou skutočnej úhrady záväzku v zdaňovacom období, v ktorom došlo k úhrade záväzku, ku ktorému bola tvorená táto rezerva, ak náklad vzťahujúci sa k tomuto záväzku by bol daňovým výdavkom. Z uvedeného ustanovenia vyplýva, že v prípade, ak právny nástupca použije rezervu, ktorú od daňovníka zrušeného bez likvidácie prevzal (a ktorá znížila základ dane u daňovníka zrušeného bez likvidácie), do základu dane zahrnie len rozdiel medzi sumou prevzatej rezervy a výškou skutočnej úhrady záväzku, t. j. v prípade, že výška skutočnej úhrady záväzku je vyššia, ako je prevzatá rezerva, základ dane u právneho nástupcu sa v súlade s účtovným riešením zníži a v prípade, že výška skutočnej úhrady záväzku je nižšia, ako je prevzatá rezerva, v súlade s účtovným riešením sa základ dane u právneho nástupcu zvýši. V prípade, ak sa ukáže, že rezerva nadobudnutá zlúčením bola nepotrebná, musí právny nástupca zaúčtovať jej zrušenie opačným účtovným zápisom ako sa účtovala jej tvorba u daňovníka zrušeného bez likvidácie. Zrušenie takejto rezervy ovplyvní základ dane u právneho nástupcu v súlade s účtovným riešením. Na následnú tvorbu rezerv u právneho nástupcu sa budú vzťahovať ustanovenia § 17 ods. 23 a § 20 o tvorbe, použití alebo zrušení rezerv;
- zahrnuje sa goodwill alebo záporný goodwill v súlade s účtovným riešením až do jeho úplného zahrnutia, najdlhšie počas siedmich bezprostredne po sebe nasledujúcich zdaňovacích období, najmenej vo výške jednej sedminy ročne, počnúc zdaňovacím obdobím, v ktorom nastal rozhodný deň. Goodwill, resp. záporný goodwill teda môže právny nástupca zahrnúť do základu dane buď jednorazovo ešte v zdaňovacom období, v ktorom nastal rozhodný deň (goodwill bude položkou znižujúcou základ dane a záporný goodwill bude položkou zvyšujúcou základ dane) alebo postupne, nie však viac ako sedem zdaňovacích období. V situácii, že počas týchto najviac siedmich rokov zahŕňania goodwillu, resp. záporného goodwillu do základu dane sa daňovník zrušuje s likvidáciou, zrušuje bez likvidácie, je na daňovníka vyhlásený konkurz alebo dôjde k následnému predaju podniku či k nepeňažnému vkladu podniku, je daňovník povinný zahrnúť do základu dane ešte nezahrnutú zvyšnú časť goodwillu, resp. záporného goodwillu a to najneskôr v zákonom o dani z príjmov stanovenom zdaňovacom období.

Zákon o dani z príjmov v § 17c ods. 4 ustanovuje pre právneho nástupcu daňovníka zrušeného bez likvidácie možnosť uplatnenia daňových výdavkov pri postúpení alebo odpise pohľadávky nadobudnutej zlúčením ocenenej v reálnej hodnote, ktorá nesmie byť vyššia ako jej menovitá hodnota, pričom musí ísť o pohľadávku, ktorá bola v zdaňovacom období jej postúpenia alebo odpisu aspoň jeden kalendárny deň nepremlčaná. Pri postúpení uvedenej pohľadávky daňovým výdavkom bude reálna hodnota tejto pohľadávky bez príslušenstva najviac do výšky príjmu z jej postúpenia alebo daňovým výdavkom bude suma v ustanovenom rozsahu z reálnej hodnoty pohľadávky bez príslušenstva (20 %, 50 % alebo 100 %) v závislosti od uplynutia lehoty odo dňa nadobudnutia pohľadávky pri zlúčení (360 dní, 720 dní alebo 1 080 dní) a to podľa toho, ktorá je vyššia. Ak dôjde k odpisu uvedenej pohľadávky, daňovým výdavkom bude suma v ustanovenom rozsahu z reálnej hodnoty pohľadávky bez príslušenstva (20 %, 50 % alebo 100 %) a to v závislosti od uplynutia lehoty odo dňa nadobudnutia pohľadávky pri zlúčení (360 dní, 720 dní alebo 1 080 dní).

Zákon o dani z príjmov v § 17c ods. 11 ošetruje situáciu, ak dôjde u právneho nástupcu daňovníka zrušeného bez likvidácie k výplatu oceňovacích rozdielov z precenenia pri zlúčení v sume vyššej ako je suma oceňovacích rozdielov zahrnutá do základu dane v úhrne podľa § 17 ods. 3 písm. a). V tomto prípade je právny nástupca povinný zahrnúť do základu dane v zdaňovacom období, v ktorom dôjde k výplatu oceňovacích rozdielov, sumu prevyšujúcu už do základu dane zahrnuté oceňovacie rozdiely. Rovnako sa postupuje aj v prípade, ak u právneho nástupcu dôjde k výplatu prostriedkov zo zníženia základného imania v časti, v akej bolo predtým základné imanie zvýšené z oceňovacích rozdielov z precenenia pri zlúčení a tiež z prerozdelenia kapitálového fondu z príspevkov v časti, v akej bol kapitálový fond z príspevkov zvýšený z oceňovacích rozdielov z precenenia pri zlúčení.

5 Záver

Zlúčenie predstavuje pomerne často sa vyskytujúci typ kombinácie podnikov. Zlúčenie je spojené so zánikom aspoň jednej účtovnej jednotky podieľajúcej sa na zlúčení. Zrušená spoločnosť zaniká bez likvidácie s právnym nástupcom. Zaniká ako právnická osoba, účtovná jednotka i ako daňový subjekt. Z pohľadu nástupníckej účtovnej jednotky, ktorá sa stáva univerzálnym právnym nástupcom, pohlcuje zaniknutú účtovnú jednotku a pokračuje vo svojej existencii v zmenenej situácii, dochádza k vytvoreniu väčšieho ekonomického celku a k spojeniu do jedinej právnickej osoby. Všeobecne sa predpokladá, že napriek právnej diskontinuite zaniknutej účtovnej jednotky nie je pri zlúčení ohrozená ekonomická kontinuita, a teda nepretržitosť pokračovania v činnosti ani u jednej z účtovných jednotiek podieľajúcich sa na zlúčení. Pre zlúčenie existuje široká škála motívov, môže byť nástrojom ozdravenia finančnej situácie jednej zo spoločností zúčastnených na zlúčení, daňovej optimalizácie až po vytvorenie právneho celku, ktorý má väčšiu váhu len ako ekonomický celok, ktorý vznikne ako výsledok kapitálovej akvizície či predaja podniku za akcie, keď sa predávajúci stane akcionárom kupujúceho podniku. Zlúčenie je v posledných menovaných prípadoch len dôsledkom ekonomického spojenia a nástrojom zrušenia právnej samostatnosti kúpenej spoločnosti. Právna reorganizácia môže byť tiež ekonomickým dôvodom na absolútne zníženie daňového zaťaženia subjektov v prípade, keď sa zisková účtovná jednotka zlúči so stratovou účtovnou jednotkou.

Predkladaný príspevok rieši základné účtovné a daňové súvislosti zlúčenia z pohľadu nástupníckej účtovnej jednotky, čím preukazuje previazanosť účtovnej a daňovej legislatívy v tejto oblasti. Účtovné riešenie zlúčenia je v Slovenskej republike upravené v postupoch účtovania pre podvojnú účtovníctvo v nadväznosti na zákon o účtovníctve. Pri účtovnom zobrazení transakcie je rozhodujúca ekonomická podstata transakcie. Preto je aj z pohľadu účtovníctva dôležitý rozhodný deň. Rozhodný deň si zúčastnené strany určujú samy. Je nezávislý odo dňa zrušenia bez likvidácie a odo dňa výmazu a zápisu v obchodnom registri. Majetok a záväzky zanikajúcej spoločnosti prejdú k rozhodnému dňu na jej právneho nástupcu, ktorý počnúc týmto dňom za ňu vedie účtovníctvo. V tento deň alebo neskôr bude zanikajúca spoločnosť vymazaná z obchodného registra, prestáva existovať. Vzhľadom na to, že zanikajúca spoločnosť ku dňu predchádzajúcemu rozhodnému dňu končí ako účtovná jednotka, má povinnosť k tomuto dňu zostaviť mimoriadnu účtovnú závierku. Nástupnícka účtovná jednotka k rozhodnému dňu zostaví otváraciu súvahu a v nej zobrazí majetok a záväzky, ktoré na ňu prešli od zanikajúcej spoločnosti v ocenení reálnou hodnotou, nástupnícka účtovná jednotka svoj doterajší majetok a záväzky v otváracíj súvahe neprecení na reálnu hodnotu. Následne vylúči vzájomné prepojenie – vzájomné pohľadávky a záväzky vrátane rezerv a účtov časového rozlíšenia a tiež vzájomné majetkové prepojenie, ak má jedna zúčastnená spoločnosť podiel v inej zúčastnenej spoločnosti a vykáže goodwill alebo záporný goodwill, ktorý typicky vzniká pri kombináciách s podnikmi. Tento goodwill alebo záporný

goodwill sa následne podrobí úpravám v zmysle postupov účtovania pre podvojnú účtovníctvo, pod vplyvom ktorých môže zmeniť svoj pôvodný charakter. Až takto zistený goodwill sa následne odpisuje, resp. záporný goodwill sa jednorazovo zúčtuje do výsledku hospodárenia.

Významným faktorom pri rozhodovaní o realizácii danej transakcie býva často tiež daňový aspekt danej transakcie. Daňová úprava zlúčenia je riešená v zákone o dani z príjmov. Sprisňujúca či meniacia sa daňová legislatíva je často dôvodom útlmu či zníženého výskytu vybraných transakcií. Z dôvodu relatívne prísnych daňových predpisov týkajúcich sa najmä zdaňovania rozdielu z precenenia majetku a záväzkov, záporného goodwillu či neumožnenie použiť ocenenie majetku v pôvodných cenách, ak hlavným dôvodom alebo jedným z hlavných dôvodov pre transakciu cezhraničného zlúčenia je zníženie alebo vyhnutie sa daňovej povinnosti, nepredpokladáme nárast tohto typu kombinácií podnikov, hoci práve vo fáze recesie, v ktorej sa naša ekonomika v súčasnosti nachádza, dochádza k zvýšenému výskytu kombinácií podnikov najrôznejšieho druhu. Náklady, ktoré vyvoláva zlúčenie, sú nákladmi na hospodársku činnosť a ovplyvnia základ dane v bežnom účtovnom a zdaňovacom období. V zásade platí, že daňové dôsledky transakcií, ktoré vznikli do dňa predchádzajúceho rozhodnému dňu, znáša daňovník zrušený bez likvidácie a daňové dôsledky vyplývajúce zo zlúčenia počnúc rozhodným dňom znáša právny nástupca daňovníka zrušeného bez likvidácie. Z dôvodu dodržania uvedenej zásady základ dane u daňovníka zrušeného bez likvidácie i jeho právneho nástupcu musí prejsť špecifickými úpravami. Na vyčíslenie základu dane spoločností zúčastnených na zlúčení je určujúce ocenenie majetku, ktoré môže byť v reálnych hodnotách alebo v pôvodných cenách v závislosti od toho, či ide o ide o cezhraničnú transakciu alebo nie. V prípade, ak subjekty zúčastnené na zlúčení sú daňovníci so sídlom na území Slovenskej republiky, na daňové účely sa použije ocenenie v reálnych hodnotách, preto bolo predmetom nášho príspevku práve daňové riešenie zlúčenia v reálnych hodnotách. Pri tomto spôsobe ocenenia sa do základu dane právneho nástupcu daňovníka zrušeného bez likvidácie zahrnú napr. oceňovacie rozdiely z precenenia pri zlúčení, odpisy majetku vychádzajúce z reálnej hodnoty či goodwill alebo záporný goodwill zákonne ustanoveným spôsobom.

Proces zlúčenia, splynutia a rozdelenia je náročný po organizačnej, časovej, finančnej, personálnej i odbornej stránke, a preto jeho úspešné zvládnutie nie je možné bez spolupráce odborníkov z viacerých oblastí, predovšetkým z právnej, účtovnej a daňovej oblasti.

Literatúra

1. Baštinová, A., Tužinský, M. (2011). Splatná a odložená daň z príjmov podľa národnej a nadnárodnej úpravy účtovníctva. Bratislava: Iura Edition.
2. Farkaš, R. (2013). Odložené dane v individuálnej a konsolidovanej účtovnej závierke. Bratislava: Iura Edition.
3. Farkaš, R. (2020). *Účtovná závierka obchodných spoločností*. Bratislava: Wolters Kluwer.
4. Gášpárová, E. (2019). Zlúčenie, splynutie a rozdelenie obchodných spoločností. *Dane a účtovníctvo v praxi*, 19 (4), s. 7-23.
5. Opatrenie Ministerstva financií Slovenskej republiky č. 23054/2002-92 zo 16. decembra 2002, ktorým sa ustanovujú podrobnosti o postupoch účtovania a rámcovej účtovej osnove pre podnikateľov účtujúcich v sústave podvojného účtovníctva, v znení neskorších predpisov.
6. Sklenka, M., Šlosárová, A., Hornická, R., & Blahušiaková, M. (2019). *Účtovníctvo podnikateľských subjektov II* (2. doplnené a prepracované vydanie). Bratislava: Wolters Kluwer.

7. Turóciová, J. (2012). Zlúčenie, splynutie, rozdelenie spoločnosti z pohľadu účtovníctva. *Daňový a účtovný poradca podnikateľa*, 12 (10), s. 5-37.
8. Vomáčková, H. (2004). *Účetnictví akvizicí, fúzí a jiných vlastnických transakcí (vyšší účetnictví)*, 2.vydání, výrazně přepracované a aktualizované. Praha: Polygon.
9. Zákon č. 513/1991 Zb. Obchodný zákonník v znení neskorších predpisov.
10. Zákon č. 595/2003 Z. z. o dani z príjmov v znení neskorších predpisov.
11. Zákon č. 431/2002 Z. z. o účtovníctve v znení neskorších predpisov.

Kapitálová požiadavka poisťovne v súlade s direktívou Solventnosť II

Capital requirement of the insurance company in accordance with the Solvency II Directive

Martina Horváthová¹

Abstrakt

Poisťný sektor je veľmi špecifickým odvetvím trhu. Jeho úlohou je ochrániť klienta tým, že mu poskytne finančnú kompenzáciu za ujmy spôsobené nepriaznivou náhodnou situáciou. Aby však klienti vstupovali do takéhoto liberálneho poisťného kontraktu, musia mať voči príslušnej poisťovni pocit dôvery a istoty. Preto je celý tento sektor založený na dôveryhodnosti poisťných subjektov. Poisťovňa čelí niekoľkým rizikám, ktoré môžu ovplyvniť jej finančné zdravie. Na každé z týchto rizík je potrebné pozerat' jednotlivito, avšak treba zvažit' aj ich prepojenie. Príslušný orgán dohľadu sleduje vývoj danej poisťovne a v prípade porušenia nariadení môže fatálne zasiahnuť do jej činnosti. Kapitálová požiadavka na solventnosť je jedným z nástrojov, pomocou ktorého ohodnocuje daná poisťovňa, akú finančnú zabezpečenosť potrebuje pre svoje plynulé pokračovanie v činnosti.

Kľúčové slová

solventnosť, kapitálová požiadavka na solventnosť, štandardný vzorec, interný model, Solventnosť II

Abstract

The insurance sector is a very specific sector of the market. Its role is to protect the client by providing him with financial compensation for damages caused by an adverse fortuitous situation. However, in order for clients to enter into such a liberal insurance contract, they must have a sense of trust and security towards the relevant insurance company. Therefore, this entire sector is based on the trustworthiness of insurance entities. The insurance company faces several risks that can affect its financial health. Each of these risks must be looked at individually, but their connection must also be considered. The competent supervisory body monitors the development of the given insurance company and in case of violation of the regulations can fatally intervene in its activities. The capital requirement for solvency is one of the tools with which a given insurance company evaluates the financial security it needs for its smooth continuation of operations.

Key words

solvency, capital requirement for solvency, standard formula, internal model, Solvency II

JEL classification

G 22

¹ Ing. Martina Horváthová, Ekonomická univerzita v Bratislave, Fakulta hospodárskej informatiky, Katedra matematiky a aktuárstva, Dolnozemska cesta 1, 852 35 Bratislava, martina.horvathova@euba.sk.

1 Úvod

Práve kvôli zachovaniu dôveryhodnosti voči poisťovnému sektoru ako takému, sú poisťovne podrobené dohľadu národným, či nadnárodným regulátorom. Príslušný orgán dohľadu sleduje vývoj danej poisťovne a v prípade porušenia nariadení môže fatálne zasiahnuť do jej činnosti. Miera solventnosti premietne pomer kapitálovej požiadavky ku vlastným zdrojom. Čím väčšou mierou solventnosti poisťovňa disponuje, tým lepšie je chránená pred príchodom nepriaznivých udalostí.

Poznáme dva hlavné spôsoby výpočtu kapitálových požiadaviek. Štandardný vzorec a použitie interného modelu. Každý zo spomenutých spôsobov má svoje výhody aj nevýhody. Dôležité avšak je, ktorý z týchto spôsobov sa pozerá na riziko presnejšie a v akom prípade je výhodné zväziť jeho použitie. Každý modul rizika je osobitý a preto je vhodné uvažovať aj nad kombináciou spôsobov výpočtu kapitálovej požiadavky.

2 Dôvody a spôsoby regulácie poisťového

Hlavnou úlohou poisťovníctva je vytvoriť ochranný mechanizmus, ktorý zníži dôsledky náhodných udalostí a to tým, že poskytne finančnú kompenzáciu spoločnosti, organizácii alebo jednotlivcovi za ujmu na majetku, zdraví, či živote. Poisťovne poskytujú poisťnú ochranu prostredníctvom poisťných produktov v prostredí liberálneho poisťného trhu. Avšak toto odvetvie nie je práve bežnou formou podnikateľského prostredia, keďže poisťovníctvo môžeme chápať ako akúsi formu nadstavby k základnému systému sociálneho zabezpečenia poskytovaného štátom. Práve zmeny ohľadom ekonomickej situácie krajiny, podnikov, či jednotlivca majú priamy dôsledok na dopyt a ponuku po poisťovacích produktoch. Z toho môžeme dedukovať, že poisťný sektor v krajine je určitým ukazovateľom ekonomickeho stavu a prosperity krajiny, ako aj indikátorom ekonomickej stagnácie v čase krízy. Ako sme už spomenuli, úlohou poistenia je finančne nahradiť škodu v prípade vzniku nepredpokladanej udalosti. Avšak dopyt po poisťných službách bude existovať iba za predpokladu, že je poisťný trh dostatočne dôveryhodný a stabilný. Dostatočnú dôveryhodnosť nie je možné zabezpečiť len trhovými mechanizmami, preto poisťovne, zaistovne aj poisťovací sprostredkovatelia podliehajú určitým pravidlám, hlavne v podobe právnych predpisov. Poisťný trh je teda usmerňovaný legislatívnymi zásahmi omnoho viac, ako ostatné trhy a to práve pre vytvorenie objektívnej rovnováhy a udržanie dôveryhodnosti pre záujmy poistených, ako aj investorov pôsobiacich na poisťnom trhu.

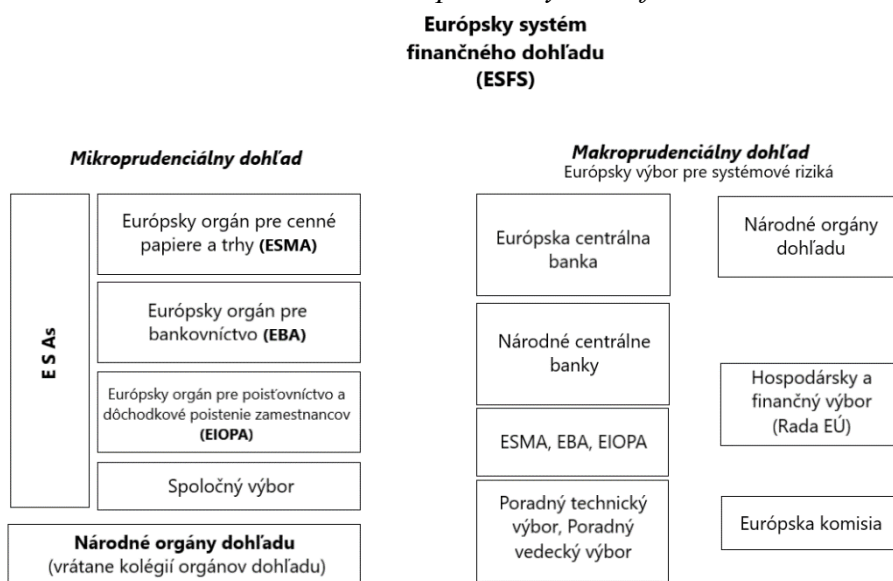
V nadväznosti na požiadavku samostatného a nezávislého orgánu dohľadu od 1. januára 2006 vykonáva integrovaný dohľad nad finančným trhom práve Národná banka Slovenska. Jej predchodcami v úlohe štátneho dozoru nad poisťovníctvom bolo do roku 2000 Ministerstvo financií, neskôr bol pre túto funkciu zriadený Úrad pre finančný trh. Kvôli nutnosti vytvorenia integrovaného dohľadu nad finančným trhom ako celkom prebrala dohľad NBS, ktorej hlavnou úlohou dohľadu nad poisťovníctvom je zabezpečiť ochranu oprávnených záujmov subjektov vystupujúcich na finančnom trhu, podporiť zdravý a bezpečný chod poisťného sektora, udržať trhovú disciplínu a v neposlednom rade zabezpečiť tvorbu záväzných právnych predpisov upravujúcich oblasť poisťovníctva. Slovenská národná banka sa pochopiteľne zaoberá aj posilnením dôvery verejnosti v poisťovníctvo, ktorá ako sme spomínali hrá v poisťnom sektore kľúčovú rolu. NBS môže vykonať dohľad prostredníctvom dvoch foriem výkonu dohľadu a to uskutočnenie dohľadu na diaľku a dohľadu na mieste, čo predstavuje zisťovanie skutočností priamo v prevádzke dohliadaného subjektu. Ak ide o cezhraničné overovanie skutočností, NBS disponuje možnosťou obrátiť sa na orgán EIOPA, či na orgány dohľadu iných členských štátov. Práve orgán EIOPA má za zodpovednosť konzistentné uplatňovanie právne záväzných aktov

EÚ. Taktiež prispieva vypracovávaním usmernení a odporúčaní pri regulácii technických predpisov (Meluchová, 2019).

Čo sa týka národnej legislatívnej úpravy oblasti poisťovníctva poznáme dva základné právne predpisy. Prvým je *Zákon č. 39/2015 Z. z. o poisťovníctve a o zmene a doplnení niektorých zákonov v znení neskorších predpisov*, ktorého predmetom je upravovať činnosti a vzťahy súvisiace so vznikom a chodom poisťovní a zaisťovní, oceňovaním aktív, záväzkov a kapitálových požiadaviek, ako aj pôsobením poisťovní a zaisťovní z iných členských štátov a zahraničných poisťovní a zaisťovní na území Slovenskej republiky. Zákon o poisťovníctve upravuje aj výkon dohľadu nad poisťovníctvom. *Občiansky zákonník* je druhým hlavným právnym predpisom, ktorý naopak upravuje náležitosti, akými sú napríklad: obsah a uzavretie poistnej zmluvy, práva a povinnosti vyplývajúce z poistenia, možnosti zmeny alebo zániku poistenia a podobné (Meluchová, 2019).

Slovenský poisťný trh je plne harmonizovaný s právom Európskej únie, ktorého hlavným cieľom je dosiahnuť rovnaké podmienky a pravidlá pre poisťovne zo všetkých členských štátov a takisto sprístupniť klientovi poistenie v akomkoľvek členskom štáte. Liberalizácia poisťného sektora je zakotvená na systéme jedinej licencie na poisťovaciu činnosť tzv. *jednotného európskeho pasu*, ktorý umožňuje poisťovacím subjektom pôsobiť v rámci celej EÚ.

Obr. 1: Architektúra Európskeho systému finančného dohľadu



Zdroj: Vlastné spracovanie podľa [2]

3 Solventnosť poisťovní

Dr. Thomas Steffen povedal výrok, ktorý definuje význam solventnosti síce obrazne, no určite je hodný zamyslenia sa. „*Všetci sme sa na začiatku tohto tisícročia naučili, že záchranné člny sa nestavajú až v búrke*“. T. Steffen týmto vyhlásením chcel zdôrazniť dôležitosť problematiky solventnosti poisťovne v jej fungovaní. Mnohí autori vysvetľujú tento pojem rôzne, no v konečnom dôsledku všetky definície zobrazujú totožnú situáciu – schopnosť stability.

S postupným vývojom kapitálového trhu prišiel aj nárast možných rizík, s čím je spojená potreba aktívneho riadenie týchto rizík. Kvôli možným výkyvom, ku ktorým prichádza na finančnom trhu, potrebujú poisťovne disponovať primeraným kapitálovým zabezpečením.

Zjednodušene si pod pojmom solventnosť môžeme predstaviť schopnosť plniť svoje záväzky v dohodnutom časovom období. Presnejšiu definíciu nájdeme v zákone č. 39/2015 Z. z. o poisťovníctve a o zmene a doplnení niektorých zákonov v znení neskorších predpisov, kde sa solventnosťou rozumie „*schopnosť v každom okamihu zabezpečiť úhradu záväzkov vyplývajúcich z vykonávania poisťovacej činnosti alebo zaistovacej činnosti.*“

V bezproblémových situáciách sú záväzky vyplývajúce z poisťnej činnosti uhrádzané klientom z prijatého poisťného, technických rezerv a iných finančných výnosov. Ak sa však nachádzame v nepriaznivom vývoji ekonomiky ako celku alebo niektorého z jej odvetví spôsobenom následkom prírodných katastrof alebo ekonomickou krízou môže nastať situácia, kedy poisťovňa nie je naďalej solventná len s použitím štandardných zdrojov. Musí preto použiť voľné nezaťažené vlastné zdroje slúžiace na krytie mimoriadnych záväzkov. Veľkosť mimoriadnych záväzkov by spravidla nemala presiahnuť veľkosť objemu kapitálu poisťovne vyčleneného na tieto záväzky. Pri nedostatku likvidných aktív je poisťovňa považovaná za nesolventnú. Medzi hlavné prostriedky slúžiace na dosahovanie solventnosti poisťovne patrí kapitálová vybavenosť (kapitálové fondy, základný kapitál,...) ako aj objem a kvalita technických rezerv. V prípade väčšieho objemu aktív ako pasív vytvára poisťovňa tzv. *kapitálový vankúš*, ktorý môže v budúcnosti použiť na financovanie neúspešných poisťných činností.

Solventnosť poisťovne informuje o štruktúre aktív a pasív poisťovne a jej výsledku hospodárenia. Keďže hodnota budúcich záväzkov vyplývajúcich v čase uzavretia poisťných zmlúv nie je známa a je takisto ovplyvnená aktuálnou ekonomickou situáciou, výška potrebného kapitálu v budúcnosti je variabilná. Charakter vzniku poisťnej udalosti je náhodný. Čo je však nemiene a jasne dané je povinnosť ochrániť poistených a udržať stabilitu a dôveryhodnosť poisťného trhu. Sledovať solventnosť poisťovní pravidelne je mimoriadne dôležitou úlohou národného regulátora, keďže týmto poisťovňa ponúka komplexný pohľad na jej hospodárenie s dôrazom na zdravý a bezpečný chod.

S pojmom solventnosť sa úzko spája pojem platobná schopnosť, ktorú mnoho autorov považuje za synonymum solventnosti. Poisťovní môžu z titulu poistenia vzniknúť také záväzky, že prijaté poisťné a poisťné rezervy jej nebudú postačovať na krytie týchto záväzkov. Platobnú schopnosť možno chápať ako disponovanie primerane veľkým objemom peňažných prostriedkov pre takéto prípady. Jej účelom je posúdiť, či poisťovňa neprebrala na seba príliš veľké záväzky a takisto posúdiť, či je hospodárenie poisťovne efektívne. Bežne v praxi by hranica platobnej schopnosti nemala byť menšia ako 25% príjmu poisťného bez vonkajšieho zaistenia. Túto hranicu určite disponibilný voľný kapitál, čo je majetok poisťovne očistený o všetky záväzky a ďalšie položky, ako napríklad neisté pohľadávky, pasívne saldo atď.

Každá krajina má vlastné právne predpisy, ktoré ustanovujú podmienky pre solventnosť poisťovne. Hodnotenie primeranosti kapitálového vybavenia poisťovne, teda dohľad nad solventnosťou vykonáva v SR **Úrad pre finančný trh**. Hodnotenie solventnosti môžu vykonať aj ratingové agentúry, poisťní makléri alebo cedenti. Úradu pre finančný trh musia poisťovne predkladať k 31. decembru, resp. do 31. marca nasledujúceho roku správy na prehodnotenie. „*Výpočet a preukazovanie solventnosti poisťovne a solventnosti pobočky zahraničnej poisťovne sa vykonáva:*

- a) *osobitne pre životné a neživotné poistenie, ak poisťovňa alebo pobočka zahraničnej poisťovne vykonáva súčasne životné poistenie a neživotné poistenie,*
- b) *pre poistenie životné, ak poisťovňa alebo pobočka zahraničnej poisťovne vykonáva len životné poistenie,*
- c) *pre poistenie neživotné, ak poisťovňa alebo pobočka zahraničnej poisťovne vykonáva len neživotné poistenie“ (Vyhláška Ministerstva financií SR o spôsobe výpočtu a preukazovania solventnosti, 2002).*

4 Projekt Solventnosť II

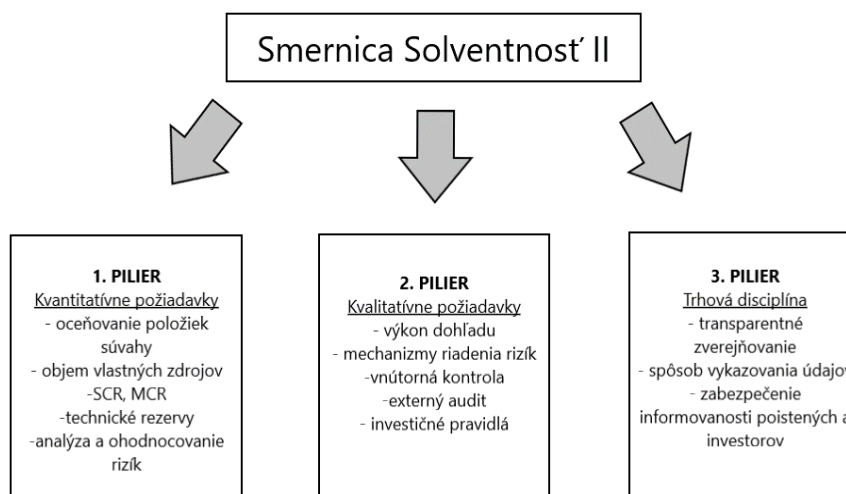
Pôvodne platný legislatívny rámec poisťného trhu Solventnosť I, vytvorený v roku 2002, bol založený na jednoduchom prístupe k výpočtu kapitálových požiadaviek. Avšak táto direktíva sa začala stávať nepostačujúcou pre vtedajšie potreby, jednoducho povedané nebol dostatočne citlivý na rizikový profil poisťovne, ktorý znamenal hrozbu pre poisťencov. Solventnosť I sa považoval za nedostatočný hlavne kvôli nezohľadňovaniu určitých rizík, konkrétne trhového, operačného, či úverového, ako aj vďaka nesprávne použitým metódam zmiernovania rizika pri zaistení a derivátoch. Taktiež sa nekládol dôraz na kvalitu systému riadenia rizík. Ako dôsledok bolo potom alokované nižšie alebo naopak vyššie množstvo kapitálu k riziku, ktorému je poisťovňa vystavená. Kvôli spomínaným nedostatkom bol v roku 2007 v Bruseli predstavený Návrh smernice Európskeho parlamentu a Rady o začatí a vykonávaní priameho poistenia a zaistenia – Solventnosť II. Jeho vypracovanie a implementácia bola výsledkom dlhoročnej snahy o pro-klientsky orientovanú harmonizáciu poisťného sektora. Tento nový, na riziká zameraný dohľad nad poisťovňami a zaist'ovňami mal zabezpečiť zvýšený dôraz na vnútorný kontrolný systém poisťovní. Práve preto sa zaoberá procesmi ako audit, kontrola, reporting, či zber dát. Smernica Solventnosť II avšak neobsahuje konkrétny postup ako riziká zmierniť. Poskytuje ale konzistentný súbor princípov, techník a metód, ktoré by mali byť v súlade s rýchlo sa rozvíjajúcim finančným trhom. Zameriava sa hlavne na zlepšenie manažmentu rizík, alokáciu kapitálu a zvýšenie stability a konkurencieschopnosti poisťovne. Táto smernica má obrovský prínos pre klientov poisťovne, keďže zabezpečuje dôveryhodnosť voči poisťovní a omnoho vyššiu ochranu poisťencov (Vyhláska Ministerstva financií SR o spôsobe výpočtu a preukazovania skutočnej miery solventnosti poisťovne a pobočky zahraničnej poisťovne, spôsobe výpočtu požadovanej miery solventnosti poisťovne a pobočky zahraničnej poisťovne a o rizikovom kapitále, 2004).

Tab. 1: Komparácia regulátorov a ich zameranie na konkrétne druhy rizika

Regulátor/ Druh rizika	Poisťné	Trhové	Kreditné	Operačné	ALM
Solventnosť I	x				
Base II		x	x	x	
Solventnosť II	x	x	x	x	x

Zdroj: Vlastné spracovanie podľa [4]

Obr. 2: Štruktúra smernice Solventnosť II – 3 piliere



Zdroj: Vlastné spracovanie podľa [2]

Direktíva Solventnosť II je postavená na princípe troch pilierov. Prvý pilier sa zaoberá kvantitatívnymi požiadavkami na kapitál poisťovne. Venuje sa najmä kapitálovým požiadavkám, ktoré majú najvýznamnejšie postavenie v krytí všetkých rizík, ktorým je poisťovňa vystavená. Rozoberá taktiež trhovo konzistentné oceňovanie položiek súvahy, či objem vlastných finančných zdrojov. V druhom pilieri sú vymedzené kvalitatívne požiadavky zamerané na výkon a úlohy dohľadu. Sú tu stanovené princípy vnútornej kontroly, nastavenie mechanizmov riadenia rizika ako aj investičné pravidlá. V poslednom pilieri sa stanovujú požiadavky na trhovú disciplínu – transparentné vykazovanie údajov a zabezpečenie informovanosti poistených a investorov (Meluchová, 2019).

Kvantitatívne dopadové štúdie (QIS)

QIS môžeme chápať ako štúdie, pri ktorých sa poisťovne mohli dobrovoľne vyjadriť k pripravovanej direktíve Solventnosť II. Týmto spôsobom boli poisťovne priamo zapojené do jej tvorby. Vypracovalo sa 5 kvantitatívnych dopadových štúdií za účelom získania objektívneho pohľadu na pripravenosť poisťovní na projekt Solventnosť II. Na začiatku sa záujem poisťovní zapojiť sa preukazoval iba v malej miere, no každou novou kvantitatívnou štúdiou sa zapájalo viac a viac poisťovní, pretože práve týmto spôsobom mohli poukázať na dobré stránky aj naopak nedostatky pripravovanej direktívy.

Tab. 2: Kvantitatívne dopadové štúdie – QIS

	OBDOBIE	ÚČASŤ	DISKUTOVANÉ OKRUHY
QIS1	Október – december 2005	312 poisťovní	Technické rezervy a riziková marža
QIS2	Máj – jún 2006	514 poisťovní	Metodológia pre zhodnocovanie kapitálu
QIS3	Apríl – jún 2007	1027 poisťovní	Spresenie štandardného vzorca pre výpočet SCR
QIS4	Apríl – júl 2008	1412 poisťovní	Spresenie štandardného vzorca pre výpočet SCR a MCR
QIS5	August – október 2010	2520 poisťovní	Finálna kalibrácia štandardného vzorca a kombinovaný prístup pre výpočet MCR

Zdroj: Vlastné spracovanie podľa [1]

5 Záver

Solventnosť poisťovne môžeme vnímať ako ukazovateľa hodnotiaceho schopnosť danej poisťovne uhrádzať svoje záväzky v prípade náhodných udalostí bežného aj mimoriadneho charakteru. Prípad, kedy poisťovňa disponuje dostatočným objemom peňažných zdrojov nemusí nutne znamenať solventnosť poisťovne aj pre dlhodobé budúce záväzky. Rovnako ako v prípade, že je poisťovňa hodnotená ako nesolventná, nemusíme ihneď predpokladať neschopnosť plnenia záväzkov z jej bežnej poisťovacej činnosti. Podľa smerníc EÚ je vykazovanie solventnosti založené na miere solventnosti. Pri porovnaní skutočnej mieri solventnosti s minimálnymi hodnotami, akými sú minimálna miera solventnosti a minimálny garančný fond zisťuje poisťný dozor, či je potrebné predpísať nápravné opatrenie alebo dokonca odobrať poisťovní povolenie na vykonávanie poisťovacej činnosti.

Direktíva Solventnosť II významne prispela k zmene výpočtu kapitálových požiadaviek. Solventnosť II je postavená na princípoch a usmerneniach, nie na presných predpisoch, čo zaručuje prispôsobenie sa rýchlo meniacemu vývoju trhu. Výpočet kapitálových požiadaviek v režime Solventnosť II reflektuje špecifický rizikový profil každej poisťovne. Vďaka

efektívnemu a transparentnému riadeniu rizík, je poisťovateľovi poskytnutá výhoda vo forme potreby držania menšieho kapitálu. V prípade takých poisťovateľov, ktorí riadia svoje riziká nedostatočne, vyžaduje Solventnosť II držanie vyššieho kapitálu. Zabezpečuje tým splnenie všetkých pohľadávok v čase ich splatnosti.

Literatúra

1. Gajdošová, Z. (2016). Zborník: *Význam a dôvody pre vznik novej regulácie Solvency II.*, 99 s. ISBN 978-80-225-4306-4.
2. Meluchová, J. (2019). *Účtovníctvo a výkazníctvo poisťovní podľa IFRS a Solventnosti II.*, 314 s. ISBN 978-80-7598-637-5.
3. Národná banka Slovenska. (2016). *Solventnosť II.* [online]. [cit. 2022-02-16]. Dostupné na internete: http://www.nbs.sk/img/Documents/Dohlad/ORM/Poistovnictvo/Solventnost_II.pdf
4. Vyhláška Ministerstva financií SR o spôsobe výpočtu a preukazovania skutočnej miery solventnosti poisťovne a pobočky zahraničnej poisťovne, spôsobe výpočtu požadovanej miery solventnosti poisťovne a pobočky zahraničnej poisťovne a o rizikovom kapitále z roku 2004.
5. Vyhláška Ministerstva financií SR o spôsobe výpočtu a preukazovania solventnosti poisťovne a solventnosti pobočky zahraničnej poisťovne z roku 2002.
6. Zákon č. 39/2015 Z. z. o poisťovníctve a o zmene a doplnení niektorých zákonov v znení neskorších predpisov.



Kybernetické riziká a ich poisťiteľnosť

Cyber risks and their insurability

Zuzana Krátka¹

Abstrakt

Kybernetické riziko je úzko prepojené s kyberpriestorom, ktorý poskytuje vďaka svojej neustálej významnej variabilite pomerne jednoduché možnosti anonymity, ktorá spolu s časovou a priestorovou neobmedzenosťou vytvára podmienky na jeho zneužívanie. Ide o riziko vyplývajúce z používania elektronických údajov a ich prenosu. To zahŕňa fyzické škody spôsobené kybernetickými útokmi, stratu alebo poškodenie údajov a ich finančné dôsledky, podvody spáchané zneužitím údajov, ako aj akúkoľvek vzniknutú zodpovednosť z neudržania dostupnosti, integrity a dôvernosti elektronicky uložených informácií. Kybernetické poistenie je veľmi dôležité pre úspešnú digitalizáciu ekonomiky. Dopyt po kybernetickom poistení v súčasnosti rastie výraznejšie ako ponúkaná kapacita. V teórii aj praxi je preto potrebné venovať dostatočnú pozornosť problematike poisťiteľnosti kybernetických rizík.

Kľúčové slová

kybernetické riziko, digitalizácia, poisťiteľnosť rizík, kybernetické poistenie

Abstract

Cyber risk is closely connected with cyberspace, which, thanks to its constant significant variability, provides relatively easy options for anonymity, which, together with time and space limitlessness, creates conditions for its abuse. This is a risk arising from the use of electronic data and its transmission. This includes physical damage caused by cyber-attacks, loss or corruption of data and its financial consequences, fraud committed by misuse of data, as well as any liability arising from failure to maintain the availability, integrity and confidentiality of electronically stored information. Cyber insurance is very important for the successful digitization of the economy. The demand for cyber insurance is currently growing more significantly than the capacity offered. In both theory and practice, it is therefore necessary to pay sufficient attention to the issue of the insurability of cyber risks.

Key words

Cyber risk, Digitization, Insurability, Cyber insurance

JEL classification

G22

1 Úvod

Počet hrozieb a rizík v kyberpriestore, ako aj počet úspešných kybernetických útokov a ich sofistikovanosť neustále rastú. Súvisí to s globálnou digitálnou transformáciou podnikov a celej spoločnosti, s rastúcim využívaním nových technológií, internetu vecí (IoT), samoučiacich sa strojov, cloud computingu, digitálnych ekosystémov, nových komunikačných štandardov ako 5G a ďalšie. Elektronické služby, internet, počítačové databázy a zdieľanie dát majú za

¹ Mgr. Ing. Zuzana Krátka, PhD., Ekonomická univerzita v Bratislave, Fakulta hospodárskej informatiky, Katedra matematiky a aktuárstva, Dolnozemska cesta 1, 852 35 Bratislava, Slovenská republika, zuzana.kratka@euba.sk.

následok, že pravdepodobnosť kybernetického útoku v akejkol'vek z jeho podôb je dnes často vyššia ako pravdepodobnosť poistnej udalosti, akou je napríklad klasická dopravná nehoda. Jedným z dôvodov je aj skutočnosť, že počet osôb s prístupom k internetovým službám a technológiám je vyšší ako počet vlastníkov osobných motorových vozidiel. (Medvec, Čillíková, 2015) Ďalším dôvodom rastu kybernetických rizík je fenomén tzv. Big Data, čiže získavanie a spracovávanie veľkého množstva dát, ktoré potom umožňujú efektívnejšie a kvalifikovanejšie manažérske rozhodnutia a prístupy ku klientom. Podniky očakávajú, že analýzou širokého spektra údajov získajú nový pohľad na existujúcich a potenciálnych zákazníkov, na ich nákupné správanie a tiež na riziko, ktoré môžu predstavovať. Vyššia úroveň vzájomného prepojenia zároveň vedie k novým obchodným modelom, úspešným koncepciám zdieľania a online platformám. (Páleš et al., 2021)

Dôsledkom prudkého nárastu kybernetických rizík je rast dopytu po ich poistnom krytí. Štandardné poistné produkty síce poistenie kybernetických rizík poznajú, pomerne často ich však majú v rámci výluk z poistenia. To znamená, že poistné krytie pri klasických produktoch (napríklad pri poistení zodpovednosti za škodu a poistení majetku) kybernetické riziká nezahŕňa vôbec alebo len nedostatočne. Práve z tohto dôvodu vznikla špecifická oblasť poistenia, ktorou je poistenie kybernetického rizika (tzv. kyberpoistenie).

2 Kybernetické riziko

Kybernetické riziko je úzko prepojené s kybernetickým priestorom. **Kybernetický priestor** alebo skrátene kyberpriestor (z angl. cyberspace) je najčastejšie vnímaný ako globálna oblasť v rámci informačného prostredia, ktorá pozostáva zo vzájomne závislej siete infraštruktúr informačných technológií vrátane internetu, telekomunikačných sietí, počítačových systémov a vstavaných procesorov a riadiacich jednotiek. Kyberpriestor môžeme chápať ako prostredie, v ktorom prúdi informácia v elektronickej forme. V danom prípade je potom možné za informáciu označiť čokoľvek, čo môže byť preložené do elektronickeho jazyka počítačov. Tieto informácie sú potom v kybernetickom priestore vytvárané, ukladané, zdieľané a je k nim voľný prístup (Hogge, 2014).

Najznámejším kybernetickým priestorom je internet, teda globálna počítačová sieť, ktorá je v súčasnosti k dispozícii v každej krajine. Nie je však možné zároveň tvrdiť, že by bol internet jediným kybernetickým priestorom. Príkladom kybernetických priestorov, ktoré nie sú pripojené na internet, sú vojenské počítačové siete, takisto technologické alebo v neposlednom rade policajné dátové siete (Refsdal, Solhaug, Stolen, 2015).

Avšak nech už ho definujeme akokoľvek, podstatou kybernetického priestoru je, že jeho jednotliví užívatelia majú možnosť rýchlo a ľahko navzájom komunikovať, zdieľať súbory alebo platiť za dohodnuté transakcie. Napríklad cloud by bez kyberpriestoru nemohol existovať, pretože základom samotného princípu cloudingu je skutočnosť, že je k dispozícii z akéhokolvek prístupového bodu. Významnou vlastnosťou kybernetického priestoru je jeho anonymita (napríklad anonymný režim proxy servera), čo pomáha kybernetickej kriminalite.

Kybernetická kriminalita úzko súvisí s nástupom počítačov, vznikom počítačových sietí a možnosťami vzdialeného prístupu k počítačom, ktoré viedli k vytvoreniu prostredia pre vznik nového druhu trestnej činnosti, v rámci ktorého vzdialenosť útočníka od obete nie je dôležitá. Kybernetická kriminalita je prepojená s kyberpriestorom, ktorý poskytuje vďaka svojej neustálej významnej variabilite pomerne jednoduché možnosti anonymity, ktorá spolu s časovou a priestorovou neobmedzenosťou vytvára ideálne podmienky pre jeho zneužívanie.

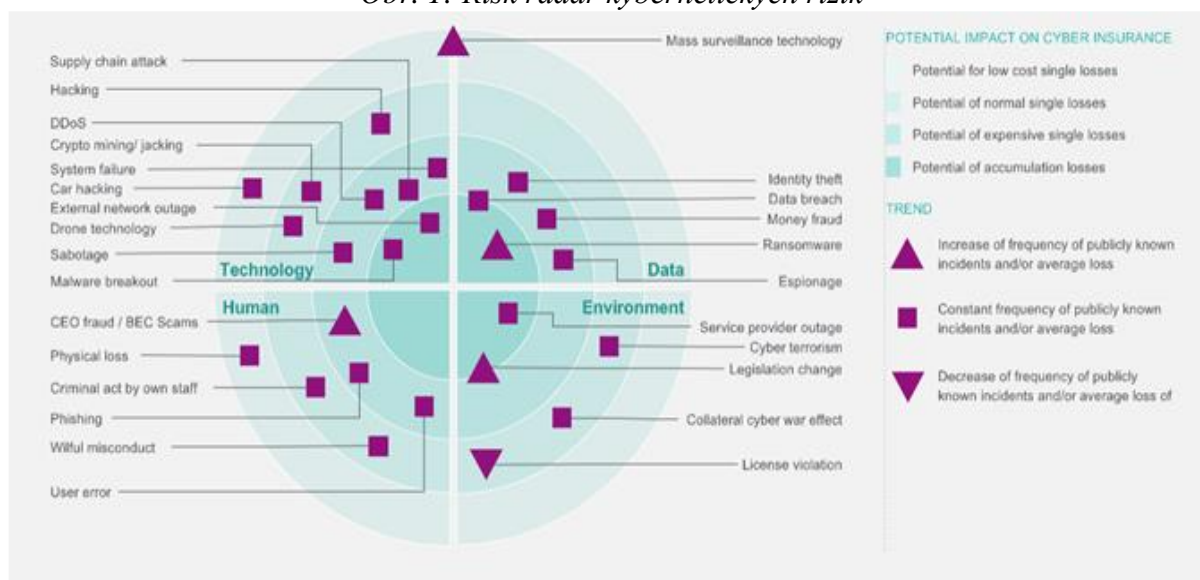
Prvé počítačové vírusy sa masovejšie rozšírili začiatkom nového milénia, neskôr sa hekovanie a kybernetické útoky začali využívať na zásahy do informačných systémov medzi štátmi a približne od roku 2010 sa rozšírili komplexnejšie útoky z rôznych dôvodov (či už to bola špionáž, získanie konkurenčnej výhody, know-how, podvody, sabotáž alebo terorizmus).

Vystavenie fyzických či právnických osôb uvedeným hrozbám má výrazne rastúcu tendenciu, ktorá má priamoúmerný charakter s technologickým pokrokom a inováciami. V súvislosti s kybernetickou kriminalitou hrozia najčastejšie nasledujúce riziká (Medvec, Čillíková, 2015):

- obmedzenie prístupu k informačným systémom spoločnosti alebo prerušenie poskytovaných webových služieb (kódovanie, výpadok siete, zlyhanie počítačov a vírusy, ktoré môžu zničiť dáta, poškodiť hardvér, ochromiť systémy alebo prerušiť prevádzku spoločnosti),
- krádež citlivých alebo osobných informácií alebo zdravotných záznamov, prípadne manipulácia s nimi,
- získanie neoprávneného prospechu (prevod elektronických peňazí),
- poškodenie dobrého mena a strata dôvery (autorské práva, obchodná značka).

Veľmi zaujímavý je pohľad jednej z najväčších svetových zaistovní Munich Re na kybernetické riziká. Vypracovala „risk radar“ kybernetických rizík, ktorý je znázornený na obrázku 1.

Obr. 1: Risk radar kybernetických rizík



Zdroj: Munich Re, 2020

3 Poistiteľnosť rizika

V rámci poistnej teórie aj praxe sa rozlišuje medzi pojmami poistné riziko a poistiteľné riziko. Riziko, ktoré poisťovňa kryje konkrétnym poistným produktom, t.j. na ktoré môže uzavrieť poistnú zmluvu na základe poistno-technických podmienok, sa nazýva **poistné riziko**. Predmetom poistenia je takmer výlučne čisté riziko. Čisté riziká sú tie, u ktorých existuje len nebezpečenstvo negatívnych odchýlok od požadovaného stavu (za ktorý sa v poisťovníctve považuje napr. uchovanie majetku, zdravia a pod.). Niektoré udalosti môžu viesť len k škodám na majetku, resp. k ujme na zdraví, pričom pozitívna stránka (napr. zvýšenie majetku) tu chýba. Práve oblasť čistých rizík je typickou oblasťou realizácie poistnej ochrany. Avšak nie každé čisté riziko musí byť pre poisťovateľa akceptovateľné – napríklad z dôvodu jeho neprimeranej veľkosti, alebo ak nie je možné vyrovnanie v rámci dostatočne veľkého poistného kmeňa.

Stanovenie poistiteľnosti ale nie je tak jednoznačnou záležitosťou – **poistiteľné riziko** musí spĺňať určité atribúty. Na definovanie rizika ako poistiteľného sa v odbornej literatúre využívajú rôzne kritéria, axiómy a definície. Jedným zo spôsobov vymedzenia poistiteľnosti je formulácia definície poistiteľnosti. Existujú viaceré definície poistiteľnosti, pričom sa zväčša

zameriavajú na určité hľadisko (Brokešová, 2011). Holsboer (1995) definuje poistiteľnosť zo strany dopytu. Podľa neho je poistiteľnosť „...situácia, kedy si poistníci môžu zakúpiť primerané krytie, ktoré potrebujú...“. Courbage a Liedtke (2003) definujú poistiteľnosť z aktuárskeho pohľadu, kde „...je riziko považované za poistiteľné, ak môže byť aplikovaný tzv. zákon veľkých čísel...“. Z hľadiska ponuky poistenia definuje poistiteľnosť Kunreuther (1997), podľa ktorého „... udalosť je poistiteľná, ak poisťovatelia môžu stanoviť poistné, ktoré reflektuje riziko a umožňuje im vytvárať primeraný zisk...“. Karten (1997) zaviedol kombinovanú definíciu, zahŕňajúcu hľadisko ponuky i dopytu, podľa ktorej sú „... riziká poistiteľné, ak existuje jednak poisťovateľ a jednak dopytujúci sa poistenia, ktorý súhlasí s podmienkami a cenou poisteného krytia...“. Komplexné vymedzenie poistiteľnosti pomocou definície je však zložité. Preto sa oveľa častejšie poistiteľnosť vymedzuje pomocou kritérií, na základe ktorých je možné identifikovať riziko ako „ideálne poistiteľné“ (Brokešová, 2011). Podľa Chovana (2006) by riziko vstupujúce do poistenia malo spĺňať nasledujúce podmienky:

- riziko by malo byť identifikovateľné,
 - definovateľné – presné pomenovanie a ohraničenie rizika,
 - analyzovateľné – z hľadiska veľkosti rizika a frekvencie jeho výskytu,
- prejav rizika musí byť náhodný,
- ním spôsobené straty by mali byť vyčísliteľné,
- malo by byť ekonomicky prijateľné aj pre poisťovňu, aj pre poisteného.

Identifikovateľnosť znamená jednoznačné určenie príčiny a typu udalosti, ktorej výsledkom bola škoda. V poistnej zmluve musí byť jednoznačne charakterizované každé riziko a udalosť, na ktoré sa poistenie vzťahuje. Analýza umožňuje posúdiť profil rizika a jeho objektívnu tarifáciu. Prejav rizika musí byť náhodný. Neurčitosť vzniku udalosti vytvára stav vyrovnanosti, pretože v štatistickom sledovaní je šanca nastatia aj nenastatia udalosti. Vyčísliteľnosť škôd spôsobených realizáciou daného rizika je nevyhnutnou podmienkou jeho poistiteľnosti. Táto vyčísliteľnosť by mala mať objektívne pravidlá a nemala by byť výrazne ovplyvniteľná subjektívnosťou posudzovateľa. Najlepšie sú vyčísliteľné priame vecné škody, horšie škody následné, ktoré si vyžadujú náročné dokazovanie. Asi najťažšie sú vyčísliteľné škody morálne, ktoré výrazne závisia od subjektívneho pohľadu jedinca. Na vyčísl'ovanie niektorých škôd existujú všeobecne platné a uznávané pravidlá, vychádzajúce z pravidiel stanovovania cien. Pri rozhodovaní o poistení rizika zohráva významnú úlohu ekonomická prijateľnosť rizika. Poisťovateľ prijme do poistenia len také riziko, ktoré je dobre plošne a časovo rozložené a umožňuje dosiahnuť ekonomickú vyrovnanosť poistenia. Na druhej strane je poistník ochotný uzavrieť len také poistenie, ktorého cena je primeraná riziku, ktoré pokrýva.

Všetky poistné riziká sú rizikami poistiteľnými, ale nie všetky riziká spĺňajúce teoretické atribúty poistiteľnosti sa v poistnej praxi reálne poisťujú. Jednotlivé poisťovne si stanovujú interný zoznam rizík, pre ktoré neposkytujú poistné krytie z hľadiska rozsahu udelenej licencie (riziká, na ktoré nemá poisťovňa povolenie poisťovať ich), z hľadiska strategických zámerov (orientácia na určitý segment poistného trhu, pričom o ostatné segmenty nemá záujem, a teda ich nepoisťuje), z hľadiska ekonomickej nevýhodnosti poistenia (výskyt mimoriadnych škôd môže v niektorých poisťovniach viesť k zhoršeným ekonomickým výsledkom, čo vedie následne k vypusteniu daného rizika z poistenia v plnom alebo obmedzenom rozsahu). Nepoistiteľné sú všetky riziká, ktoré nespĺňajú podmienky pre poistiteľné riziko. Do poistenia by nemali byť prijímané riziká špekulatívne, morálne, niektoré obchodné a finančné riziká a riziká nespĺňajúce kritéria náhodnosti vzniku udalosti, ekonomicky neúnosné riziká a tiež riziká odporujúce dobrým mravom.

4 Poistenie kybernetických rizík

Poistenie kybernetického rizika sa prvýkrát objavilo v druhej polovici deväťdesiatych rokov, no jeho rozšírenie sa zaznamenalo približne pred pätnástimi rokmi. V tomto období sa vyskytli prvé rozsiahlejšie kybernetické útoky jednak na štáty, resp. na štátne orgány, ale aj na súkromné spoločnosti. Vtedy sa začal používať aj pojem kybernetická kriminalita.

Poistenie kybernetického rizika patrí medzi hybridné poisťné produkty, teda produkty zložené z viacerých častí. Prvou je majetkové poistenie, čiže poistenie za škody spôsobené poistenému. Druhou je poistenie zodpovednosti za škodu, ak vzniknú škody tretím osobám.

Poistenie kybernetického rizika môže zahŕňať (Medvec, Čillíková, 2015):

- identifikáciu úniku údajov,
- opatrenia na nápravu poškodení spôsobených kybernetickým zásahom,
- náhradu nákladov spojených s medializáciou,
- s vyšetrovaním zdroja úniku,
- náhradu právnych nákladov súvisiacich s únikom dát,
- nákladov na notifikáciu dotknutých subjektov,
- obnovenie prerušenia prevádzky v dôsledku útoku,
- straty na zisku,
- poistenie prípadného vydierania spoločnosti,
- nečestného konania zamestnanca,
- škody tretích strán súvisiace s kybernetickým útokom,
- poistenie pokuty udelenej orgánom dohľadu.

Poistenie kybernetického rizika sa uzatvára tak ako ostatné klasické druhy poistenia poisťnou zmluvou. Tá ustanovuje podmienky, predmet a rozsah poistenia. Zahŕňa tiež výluky z poistenia spolu s limitmi poisťného krytia. V prípade poistenia fyzických osôb ide zvyčajne o formulárovú zmluvu, v prípade podnikateľských subjektov a rôznych iných typov spoločností o individuálne dohodnutý a pomerne zložitý kontrakt. Pri uzatváraní poisťnej zmluvy je najdôležitejšie uvedomiť si a riadne identifikovať potenciálne hrozby pre konkrétnu spoločnosť. Najmä v oblasti informačných technológií a pri spracúvaní citlivých dát možno predpokladať značne vyššiu expozíciu kybernetickým útokom a s nimi súvisiacim rizikám. Identifikáciu potenciálnych hrozieb musí uskutočniť expert v danej oblasti. Môže to byť interný zamestnanec oddelenia informačných technológií alebo externý spolupracovník, ktorý vypracuje audit a identifikuje oblasti, ktoré je vhodné zahrnúť do poisťného krytia. Potenciálne hrozby sa najčastejšie zaznamenávajú v dotazníku pred podpisom poisťnej zmluvy.

Problémom je predovšetkým upisovanie rizika. Z dôvodu nedostatku historických dát a ich relevantnosti sa ťažšie podľa matematicko-poisťných modelov vypočíta poisťné. To je jedným z hlavných dôvodov relatívne vysokej ceny kyberpoistenia (poisťovne nevedia exaktne produkt ohodnotiť, a teda z dôvodu obozretnosti majú tendenciu nastavovať cenu na vyššiu úroveň), čo robí produkt menej dostupným a utlmuje jeho rast. Pre výpočet poisťného musí poisťovňa zvažovať parametre ako predmet činnosti danej spoločnosti, typ a rozsah spracúvaných dát, rozsah programovej vybavenosti, úroveň ochrany dát (interné smernice upravujúce nakladanie s dátami a osobnými údajmi, použitie kryptografických nástrojov a pod.), rozsah outsourcovania služieb (cloud, platobné služby), technologické vybavenie (hardvér i softvér) a požadované limity plnení. (Medvec, 2016)

Ďalším dôležitým zmluvným dojednaním sú výluky z poistenia. Tie sú faktorom, ktorý významne ovplyvňuje rozsah poisťného krytia a má vplyv na konečnú cenu poisťného produktu. Rozsah výluk býva rôznych, u niektorých produktov môže byť pomerne široký. Výluky v rámci poistenia kybernetických rizík môžu byť napríklad:

- poisťné krytie sa nevzťahuje na udalosti spôsobené internými zamestnancami,
- poisťné krytie sa nevzťahuje na škody spôsobené klientmi poisteného,

- poistné krytie sa nevzťahuje na škody spôsobené prenosom počítačového vírusu,
- poistné krytie sa nevzťahuje na škody, ktoré vznikajú vyrubení pokuty alebo inej administratívnej sankcie,
- poistné krytie sa nevzťahuje na outsorcované činnosti, kryje len kybernetické útoky pri bežnom vykonávaní poskytovaných služieb,
- pre poistné plnenie sa niekedy vyžaduje identifikácia páchatel'a,
- poistné krytie sa niekedy nevzťahuje na náhradu ušlého zisku.

Poist'ovne majú ťažkú úlohu pri stanovovaní poistného z údajov dostupných na trhu. Môže to viesť buď k príliš drahým a nedostupným produktom, alebo na druhej strane k produktom, ktoré nebudú kryť dostatočný rozsah rizík a teda budú poskytovať obmedzený okruh poistných plnení.

5 Záver

Poist'ovne, podobne ako ostatné ekonomické subjekty, musia zvládať kybernetické riziká, ktoré ich ohrozujú, v rámci svojich operačných rizík. Súčasne však pre nich znamenajú kybernetické riziká príležitosť v rámci ich obchodnej činnosti. Poistné produkty zamerané na poistenie kybernetických rizík sú jedným zo spôsobov, ako efektívne zabezpečiť a poskytnúť ochranu klientom proti kybernetickým incidentom.

Kybernetické riziká sa dajú ťažko vyhodnotiť, čo súvisí okrem iného so skutočnosťou, že medzi kybernetickými a tradičnými rizikami sú kľúčové rozdiely. Historické údaje nemôžu veľa povedať o budúcich kybernetických udalostiach. Údaje spred viac ako desiatich rokov, keď ešte neexistovali cloudové výpočty a inteligentné telefóny, sú pri hodnotení rizík súčasných technológií málo užitočné. Poist'ovatelia musia byť schopní rozpoznať a modelovať neustále sa vyvíjajúce riziká v priebehu týchto rýchlych technologických pokrokov.

Poist'ovne venujú množstvo svojich finančných a ľudských zdrojov riešeniu problému, ako je možné využiť trhové príležitosti a zároveň zvládnuť hrozby, ktoré prinášajú kybernetické riziká. Oblasť poistenia kybernetického rizika nadobúda čoraz väčšiu dôležitosť, a teda tlak nie je len na nové a lacnejšie produkty, ale aj na regulátorov, aby ďalšiemu rozvoju kyberpoistenia pomohli vhodnými regulačnými opatreniami. Cieľom by malo byť vytvorenie čo najväčšej transparentnosti, pokiaľ ide o kybernetické riziká. IT špecialisti, regulačné a dohľadové orgány, vedecko-výskumná komunita musia pomôcť zvýšiť povedomie o kybernetických rizikách a prispieť svojimi odbornými znalosťami k vývoju vhodných kybernetických nastavení.

Príspevok bol spracovaný v rámci riešenia grantových úloh VEGA 1/0431/22 *Implementácia inovatívnych prístupov modelovania rizík v procese ich riadenia v interných modeloch poist'ovní v kontexte s požiadavkami direktívy Solvency II* a VEGA 1/0166/20 *Stanovenie kapitálovej požiadavky na krytie vybraných katastrofických rizík v životnom a neživotnom poistení*.

Literatúra

1. Brokešová, Z. (2011). Poistiteľnosť nových druhov rizík. *8th International scientific conference Financial management of firms and financial institutions*, VŠB-TU Ostrava.
2. Courbage, C., Liedtke, P. M. (2003). Insurability, its limits and extensions. *Insurance research and practice*, 18 (2), 44-49.
3. Hogge, B. (2014). *Travel Guide to the Digital World: Internet Policy and Governance for Human Rights Defenders*. Global Partners Digital. online: <https://www.gp-digital.org/publication/travel-guide-to-the-digital-world/>

4. Holsboer, J. H. (1995). Insurability and uninsurability: An introduction. *The Geneva Papers on Risk and Insurance*, 20 (77), 407-413.
5. Chovan, P. (2006). *Poistovníctvo v kocke*. Slovenská asociácia poisťovní, Bratislava.
6. Karten, W. T. (1997). How to Expand the Limits of Insurability. *The Geneva Papers on Risk and Insurance*, 22 (85), 515-522.
7. Kunreuther, H. (1997). Rethinking Society's Management of Catastrophic Risks. *The Geneva Papers on Risk and Insurance*, 83, 51–177.
8. Medvec, M., Čillíková, J. (2015). Poistenie kybernetických rizík. *Biatec*, 23 (6), 11-14.
9. Medvec, M. (2016). Kybernetická bezpečnosť v poisťovníctve – hrozba i príležitosť. *Biatec*, 24 (3), 11-15.
10. Munich RE. (2020). Cyber Risks. online: <https://www.munichre.com/en/risks/cyber-risks.html>.
11. Páleš, M. et al. (2021). *Aktuárstvo*. Vydavateľstvo Letra Edu, Bratislava.
12. Refsdal, A. – Solhaug, B. – Stolen, K. (2015). *Cyber-Risk Management*. Springer International Publishing.



Konštrukcia dlhopisového portfólia v súlade s imunizačnými stratégiami

Bond portfolio construction in accordance with immunization strategies

Ludovít Pinda¹

Abstrakt

Konštrukcia výkonného dlhopisového portfólia je náročný proces. Dlhopisové portfólio môže plniť funkciu investičného nástroja, prípadne slúžiť ako súčasť technických rezerv komerčných poisťovní. Pri investičnom zámere je vhodné využiť pasívnu, prípadne aktívnu stratégiu. Ak dlhopisové portfólio plní funkciu aktív portfólia technických rezerv poisťovne, treba pri jeho konštrukcii zohľadniť imunizačné stratégie rozobrané v príspevku.

Kľúčové slová

dlhopisové portfólio, indexovanie, core-plus stratégia, úplná imunizácia

Abstract

Constructing a performing bond portfolio is a challenging process. The bond portfolio can fulfilled the function of an investment instrument, or serve as part of the technical reserves of commercial insurance companies. When investing, it is advisable to use a passive or active strategy. If the bond portfolio fulfilled the function of the assets of the insurance company's technical reserves portfolio, the immunization strategies discussed in the post must be taken into account when constructing it.

Key words

bond portfolio, indexing, core-plus strategy, full immunization

JEL classification

G22, G23

1 Úvod

Dlhopisy sú dobre známym finančným aktívom, ktoré slúži investorom ako investičný nástroj už niekoľko desaťročí. Toto aktívum je najčastejšie označované ako nízkorizikové, čo však neznamená, že neskrýva určité riziká. Dlhopisy slúžia ako investičný nástroj mnohým hospodárskym subjektom. Dlhopisy poskytujú likviditu podnikov, vládnym organizáciám a zároveň ponúkajú isté výnosy domácnostiam a investorom, ktorí chcú dlhodobo stabilizovať svoje portfóliá. Do dlhopisov môžu investori investovať svoje peniaze aj pomocou nepriameho investovania, a to formou ETF (exchange traded funds) fondov a derivátov, ktoré využívajú tieto finančné nástroje ako podkladové nástroje. V značnej miere dlhopisy (aktíva) využívajú poisťovne, ktoré pomocou nich vykrývajú svoje záväzky.

Plnenie záväzkov poisťovne voči klientom patrí k poprednej úlohe každej poisťovne. Tá ich financuje z výplat portfólia technických rezerv poisťovne tvorenej aktívami. K tomu, aby portfólio aktív mohlo byť konštruované, treba poznať pasíva poisťovne a nie je to najľahšia úloha. Pri oceňovaní pasív životnej alebo neživotnej poisťovne je nevyhnutné oddeliť fixnú časť pasív od zostávajúcej časti pasív, ktorá je ovplyvňovaná zmenami úrokovej sadzby. Pri

¹ prof. RNDr. Ludovít Pinda, CSc., Katedra matematiky a aktuárstva, FHI Ekonomická univerzita v Bratislave, ludovit.pinda@euba.sk.

kvantifikovaní pasív je potrebné určiť ich duráciu, prípadne modifikovanú duráciu, čo nie je v praxi ľahká záležitosť.

K problematike investovania finančných prostriedkov poisťovne existuje málo dostupných materiálov. Poisťovne z dôvodu konkurenčného boja poskytujú len málo informácií o svojich aktívach a pasívach.

2 Investičné stratégie pri konštrukcii dlhopisového portfólia

Do roku 1960 boli k dispozícii iba dve základné skupiny investičných stratégií, a to aktívne a pasívne dlhopisové investičné stratégie, z ktorých najviac používaným bola stratégia „buy and hold“ (kúp a drž). Na začiatku 70. rokov však výrazne rástol záujem o využívanie alternatívnych aktívnych dlhopisových stratégií. V zásade je možné dlhopisové stratégie rozdeliť do nasledujúcich skupín:

Pasívne stratégie:

- kúpa a držba,
- indexovanie .

Aktívne stratégie:

- stratégia očakávaných úrokových sadzieb,
- hodnotová analýza,
- úroková analýza,
- analýza výnosového rozpätia,
- core-plus stratégia.

Pasívne stratégie sú často označované ako stratégie opatrného investovania. Tieto stratégie sú takto označované najmä preto, lebo nevyžadujú aktívny zásah a tým pádom ani pravidelné monitorovanie. V prípade riadenia dlhopisového portfólia poznáme dve hlavné pasívne stratégie. Prvá stratégia nesie názov “**buy and hold**“, čo v preklade znamená “kúp a drž“. Táto stratégia je založená na princípe držania zakúpených dlhopisov až do doby ich splatnosti. Druhou pasívnou stratégiou investovania do dlhopisov je takzvané indexovanie. Základným prvkom tejto stratégie je vytvoriť portfólio dlhopisov, ktorých súhrnnú výkonnosť bude kopírovať špecifický dlhopisový index.

Indexovanie, ktoré zaraďujeme tiež medzi pasívne stratégie sa využíva pri eliminovaní diverzifikovateľného rizika. Pod indexáciou rozumieme konštrukciu indexového fondu (index fund), ktorý je zvolený tak, aby kopíroval pohyby dlhopisového indexu. Pod dlhopisovým indexom spravidla chápeme taký index, ktorý bude kopírovať výkon a výnos vybraného dlhopisového indexu vládnych, či podnikových dlhopisov s rôznymi dobami splatnosti. Medzi ne patrí napríklad Vanguard Total Bond Market ETF alebo iShares Euro Corporate Bond. Rozlišujeme niekoľko druhov indexácie. **Kompletné indexovanie** (complete indexing) znamená skonštruovať také portfólio, ktoré bude kopírovať dlhopisový index ako napr. Salomon Brothers Bond Index, alebo ak by sa jednalo o medzinárodné portfólio, tak Morgan Stanley Capital International Index. Táto forma indexácie je však veľmi nákladová.

Aktívne stratégie sú založené na stanovení očakávaných faktorov, ktoré ovplyvňujú výnosnosť dlhopisov zahrnutých v portfóliu. Medzi najdôležitejšie faktory, ktoré ovplyvňujú výnosy dlhopisového portfólia patria:

- zmeny úrokových sadzieb,
- zmeny priebehu výnosovej krivky,
- zmeny v rozpätí výnosov medzi rôznymi druhmi dlhopisov,
- zmeny v rozpätí výnosov v rámci jedného dlhopisu.

Aktívne riadenie portfólia sa vyznačuje tým, že pri správe dochádza k častým a niekedy veľmi podstatným úpravám. Väčšina týchto aktívnych zásahov a úprav pramení z toho že finančné trhy sú neustále neefektívne. Neefektívnosť v tom slova zmysle znamená, že finančné nástroje akým sú tiež dlhopisy sú nesprávne ocenené a je možné z nich dosiahnuť mimoriadny zisk a to aj napriek úprave o riziko a náklady plynúce zo správy portfólia.

Správa aktívneho riadenia portfólia spočíva vo vedomí, že existujú divergentné očakávania rizika a výnosu a že práve tu existuje priestor na lepšie ohodnotenie rizika a výnosu plynúceho z držby dlhopisov. Rozlišujeme niekoľko druhov aktívnych stratégií, pričom podrobnejšie opíšeme tieto tri druhy:

- analýza očakávaných úrokových sadzieb,
- analýza výnosových kriviek,
- analýza výnosového rozpätia.

Stratégia očakávaných úrokových sadzieb je založená na presvedčení dokonalo predvídať budúce zmeny úrokových sadzieb a prispôbiť citlivosť dlhopisového portfólia k zmenám úrokových sadzieb. Pričom ako sme už spomenuli najlepším nástrojom na meranie citlivosti úrokových sadzieb je durácia. Využitie durácie je nevyhnutnou súčasťou analýzy úrokových sadzieb. Stratégia spočíva v aktívnom zásahu do durácie portfólia a to takým spôsobom, že ak sa očakáva rast úrokových sadzieb v budúcnosti, tak znamená to zásah v znížení durácie portfólia, keď sa očakáva pokles úrokových sadzieb tak ide o zásah na zvýšenie durácie portfólia. Stupeň, od ktorého sa durácia môže odchýliť od štandardného indexu, je obvykle vymedzený od našich očakávaní resp. od našej averzie k riziku. Durácia portfólia sa môže upraviť pomocou swapov na dlhopisy za nové dlhopisy prostredníctvom, ktorého je možné dosiahnuť vytýčenú duráciu portfólia. Táto forma riadenia sa využíva najmä pri termínovaných kontraktoch na efektívnejšie riadenie zmien durácie portfólia. Kúpa termínovaných dlhopisov zvyšuje duráciu celého portfólia, naopak predaj takýchto termínovaných dlhopisov znižuje ich duráciu.

Rozsah, v akom sa na výnosy portfólia podieľajú vplyvy zmien úrokových sadzieb, sa dá zistiť rozkladom výnosov portfólia na faktory, ktoré sa podieľali na ich zmene.

Stratégia založená na analýze výnosových kriviek vychádza z analýzy priebehu výnosovej krivky. Ako sme už charakterizovali, výnosová krivka predstavuje vzťah medzi výnosom a splatnosťou z emisií s rovnakou úverovou kvalitou. Je dobré vedieť, že dôležitú úlohu v tejto stratégii zohrávajú najmä zmeny tvaru výnosových kriviek, pretože tie majú rozhodujúce vplyvy na ceny jednotlivých dlhopisov v portfóliu. Podstatou tejto stratégie je, že nestačí sledovať iba parametre akým sú výnos, durácia či konvexnosť, pretože všetky tieto faktory nám veľa nepovedia o výnosnosti portfólia s určitým časovým horizontom. Vieme, že na výnosnosť v značnej miere vplývajú zmeny úrokových sadzieb a najmä pohyb výnosovej krivky.

Stratégia založená na analýze výnosového rozpätia je veľmi úzko spätá s analýzou výnosových kriviek, pretože sa snaží vytvoriť portfólio, ktoré kapitalizuje zmeny aké očakávame medzi výnosmi jednotlivých dlhopisových sektoroch. Rozpätia sa menia na základe kolísaniu úrokových sadzieb. Ak sa očakáva pokles úrokových sadzieb, tak sa zvyšuje výnosové rozpätie medzi voľne splateľnými a neodvolateľnými dlhopismi. Práve naopak, keď sa očakáva zníženie úrokových sadzieb, tak sa výnosové rozpätie zužuje. Ďalším faktorom, ktorý vplýva na rozpätie je volatilita, ktorá vplýva na ňu priamoúmerne, teda s jej zvyšovaním sa zvyšuje aj výnosové rozpätie medzi odvolateľnými a neodvolateľnými dlhopismi.

Core-plus stratégia je investičná stratégia, ktorá umožňuje investorom pridávať do svojho portfólia aj dlhopisy s väčším rizikom a samozrejme aj s väčším potenciálom návratnosti, teda s vyššou výnosnosťou. Pri stratégii typu core-plus ide predovšetkým o vytvorenie takého portfólia, ktorého "jadro" - core budú vytvárať také dlhopisy alebo dlhopisové podielové fondy,

ktoré budú odrážať trhové pozície a výkonnosti silných spoločností, ktoré sú až natoľko silné, že môžu byť udržiavané v portfóliu prakticky navždy. Takéto jadro môže predstavovať až 75 % portfólia. Zostatok portfólia sa potom rozloží medzi vyššie rizikové dlhopisy, ktoré môžu mať aj kratší investičný horizont, ako je základná časť portfólia. Pričom zväčša ide o percentuálny podiel portfólia v iných odvetviach, kde je väčšia variabilnosť výberu a umiestnenia dlhopisov, ktorých podiel na celkovom portfóliu je obvykle menší ako 25 %.

Core plus stratégia ponúka tri výhody:

- vyššie výnosy, ktoré sa dajú získať z trhovej neefektívnosti,
- zvýšenie príležitostí pre zabezpečenie výberu optimálneho portfólia,
- v dôsledku zmien aktív je väčšia šanca dosahovať mimoriadne výnosy, [3].

3 Imunizačné stratégie

Technika imunizácie portfólia dovoľuje spravovať dlhopisy tak, aby sme mali istotu, že dosiahneme výnosy, ktoré sme stanovili. Technika tejto investičnej stratégie patrí medzi štruktúrované portfóliové stratégie, t.j. využíva zostavenie portfólia dlhopisov v takej štruktúre aby sa dosiahla stanovená úroveň výnosu, bez ohľadu na to aký bude vývoj úrokových sadzieb. Táto stratégia je využívaná poisťovňami a aj penzijnými fondmi. Všeobecne povedané imunizácia slúži na zabezpečenie sa proti nepriaznivým vplyvom zmien trhových úrokových sadzieb. Jednoduchou stratégiou na splnenie tejto povinnosti je nákup bezkupónového dlhopisu s nominálnou hodnotou V , ktorý má splatnosť v čase T . Táto stratégia sa nazýva „cash flow matching“. Keď sa prijme vyrovnanie peňažných tokov, záväzok je vždy splnený, aj keď dochádza k fluktuácii úrokovej miery. Dlhopisy s nulovým kupónom s požadovanou splatnosťou však nemusia byť na trhu vždy k dispozícii. Imunizácia je stratégia riadenia portfólia aktív tak, že inštitúcia je imúnna voči fluktuáciám úrokových sadzieb. Predpokladajme, že finančná inštitúcia má tok záväzkov L_1, L_2, \dots, L_N , ktoré budú vyplatené v rôznych časoch v budúcnosti. Tieto záväzky bude financovať aktívami, ktoré generujú peňažné toky A_1, A_2, \dots, A_M v rôznych časoch v budúcnosti. Predpokladáme, že úroková sadzba i je rovná peňažným tokom všetkých splatností a vzťahuje sa na aktíva aj pasíva. Označme

$$PV_{aktíva} = \sum_{j=1}^M PV(A_j) = V_A \quad (1)$$

$$PV_{pasíva} = \sum_{j=1}^N PV(L_j) = V_P \quad (2)$$

$$D = \sum_{t=1}^n t \left[\frac{PV(A_t)}{P} \right] \quad (3)$$

a Macaulayho duráciu aktív a pasív podľa D_A resp. D_P . Stratégia spárovania durácie zahŕňa vytvorenie portfólia aktív tak, aby boli splnené tieto podmienky:

- $V_A \geq V_P$
- $D_A = D_P$

Podmienka b) zabezpečuje, že podiel súčasných hodnôt aktív a pasív sa nemení pri zmenách úrokovej sadzby. Tento výsledok možno odvodiť s ohľadom na

$$\begin{aligned} \frac{d}{di} \left(\frac{V_A}{V_P} \right) &= \frac{V_P \cdot \frac{dV_A}{di} - V_A \frac{dV_P}{di}}{V_P^2} = \frac{V_A}{V_P} \cdot \left(\frac{1}{V_A} \cdot \frac{dV_A}{di} - \frac{1}{V_P} \cdot \frac{dV_P}{di} \right) = \\ &= \frac{V_A}{V_P \cdot (1+i)} (D_P - D_A) = 0 \end{aligned} \quad (5)$$

Treba poznamenať, že stratégia porovnania durácie je založená na aproximácii Taylorovým rozvojom prvého rádu. Na zlepšenie stratégie môžeme vziať do úvahy konvexnosť portfólií aktív a pasív. Pre ochranu pomeru aktív a pasív pred malými zmenami úrokových sadzieb je vhodná Redingtonova imunizačná teória prezentovaná britským poistným matematikom Frankom Redingtonom [4] v roku 1952. Ním predkladané nasledujúce tri podmienky pre vytvorenie portfólia aktív sú:

- a) $V_A \geq V_P$
 - b) $D_A = D_P$
 - c) $C_A > C_P$
- (6)

Výrazy C_A a C_P reprezentujú konvexitu aktív, prípadne pasív, ktorá sa vypočíta z

$$C = \frac{1}{PV(i)} \frac{d^2 PV(i)}{di^2}$$

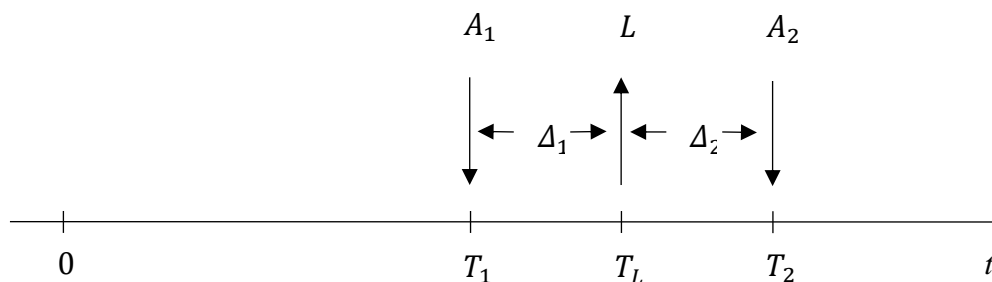
Za určitých podmienok je možné zostaviť portfólio aktív tak aby bolo zaručené, že čistá pozícia finančnej inštitúcie bude v akomkoľvek prostredí s pozitívnymi úrokovými sadzbami nezáporná. Tomuto postupu hovoríme úplná imunizačná stratégia ([2], str. 200) a tá sa dosiahne, ak pri ľubovoľných posunoch úrokovej sadzby z i_0 na i platí

$$S(i) = V_A(i) - V_P(i) \geq 0 \quad \text{pre } i > 0$$

Nech jednorázové pasívum L je potrebné uhradiť v čase T_L . Stratégia úplnej imunizácie vyžaduje financovanie záväzku L dvoma aktívami A_1, A_2 zobrazených na Obr.2.

- Prvé aktívum A_1 nastáva v čase T_1 , čo je o Δ_1 pred časom T_L .
- Druhé aktívum A_2 nastáva v čase T_2 , čo je o Δ_2 po čase T_L .

Obr. 2 Hodnoty finančného toku úplnej imunizácie



Zdroj: Vlastné spracovanie

Obr.2 ilustruje tri hodnoty finančného toku. Treba poznamenať, že všetky hodnoty $i_0, i, A_1, A_2, L, \Delta_1, \Delta_2, T_L, T_1$ a T_2 sú kladné a Δ_1 sa nemusí rovnať Δ_2 . V tomto konkrétnom príklade sú podmienky pre vytvorenie portfólia aktív v rámci úplnej stratégie imunizácie nasledovné:

- a) $V_A = V_P$
- b) $D_A = D_P$.

Pre hore uvedené hodnoty podmienka a) môže byť upravená do tvaru rovnosti súčasných hodnôt

$$A_1 \cdot (1 + i_0)^{-T_1} + A_2 \cdot (1 + i_0)^{-T_2} = L \cdot (1 + i_0)^{-T_L}$$

V podmienke b) pre rovnosť durácií je v čitateli ľavej aj pravej strany derivácia podľa úrokovej sadzby i pre $i = i_0$. Po jednoduchých aritmetických úpravách a porovnaní čitateľov je podmienka b) v tvare

$$T_1 \cdot A_1 \cdot (1 + i_0)^{-T_1} + T_2 \cdot A_2 \cdot (1 + i_0)^{-T_2} = T_L \cdot L \cdot (1 + i_0)^{-T_L}$$

Z matematického hľadiska a), b) predstavujú sústavu dvoch rovníc o štyroch neznámych. Tá je riešiteľná za predpokladu, že poznáme tieto dvojice neznámych ([2], str. 201): (a) Δ_1, Δ_2 (b) A_2, Δ_2 (c) A_1, Δ_1 alebo (d) A_1, Δ_2 . To, že

$$S(i) = V_A(i) - V_P(i) \geq 0 \quad \text{pre } i > 0$$

je dokázané v ([2], str. 201). Úplnú imunizáciu použijeme v nasledujúcej situácii.

Situácia: Finančná inštitúcia musí zaplatiť 1 000 Eur za 2 roky a 2 000 Eur za 4 roky. Súčasná trhová úroková sadzba je 10% a predpokladajme, že výnosová krivka sa nebude meniť. Inštitúcia chce imunizovať úrokové riziko kúpou dlhopisov s nulovým kupónom, ktoré sú splatné po 1, 3 a 5 rokoch. **Rizikový manažér č. 1** tejto inštitúcie navrhuje stratégiu:

- nákup 1-ročného dlhopisu s nulovým kupónom s nominálnou hodnotou 44,74 €,
- nákup 3-ročného dlhopisu s nulovým kupónom s nominálnou hodnotou 2 450,83 €,
- nákup 5-ročného dlhopisu s nulovým kupónom s nominálnou hodnotou 500,00 €.

Hodnoty zastúpenia jednotlivých dlhopisov v imunizačnom procese získal z podmienok (8), ktoré viedli k riešeniu sústavy dvoch lineárnych rovníc o troch neznámych. Z údajov o pasívach vieme vypočítať ich súčasnú hodnotu V_P a duráciu D_P

$$V_P = 1000 \cdot (1,1)^{-2} + 2000 \cdot (1,1)^{-4} = 2192,47 \text{ €}$$

a

$$D_P = \frac{[2 \cdot 1000 \cdot (1,1)^{-2} + 4 \cdot 2000 \cdot (1,1)^{-4}]}{2192,47} = 3,2461 \text{ roka}$$

Potom tvar sústavy rovníc je

$$V_A = V_P : (1,10)^{-1}F_1 + (1,10)^{-3}F_3 + (1,10)^{-5}F_5 = 2192,47,$$

$$D_A = D_P : \frac{1 \cdot (1,10)^{-1}F_1 + 3 \cdot (1,10)^{-3}F_3 + 5 \cdot (1,10)^{-5}F_5}{2192,47} = 3,2461$$

kde F_1, F_3, F_5 sú nominálne hodnoty dlhopisov (index reprezentuje dobu splatnosti). Aby mala táto sústava práve jedno riešenie, 5-ročný dlhopis volil s veľkosťou nominálnej hodnoty 500 EUR ($F_5=500$), tým redukoval počet neznámych na dve. Teda riešil sústavu dvoch rovníc o dvoch neznámych.

Pre $F_1 = 44,74$, $F_3 = 2 450,83$ a $F_5 = 500$ overme platnosť podmienok (6). Podmienka a) hovorí, že súčasná hodnota aktív je väčšia alebo rovná súčasnej hodnote pasív. Teda

$$V_A = 44,74 \cdot (1,1)^{-1} + 2450,83 \cdot (1,1)^{-3} + 500 \cdot (1,1)^{-5} = 2192,47 \text{ €}$$

a

$$V_P = 2192,47 \text{ €}$$

Táto podmienka je splnená. Podmienka b) v (6) hovorí, že durácia aktív sa rovná durácii pasív.

$$D_A = \frac{[1 \cdot 44,74 \cdot (1,1)^{-1} + 3 \cdot 2450,83 \cdot (1,1)^{-3} + 5 \cdot 500 \cdot (1,1)^{-5}]}{2192,47} = 3,2461 \text{ roka}$$

a

$$D_P = 3,2461 \text{ roka.}$$

Môžeme potvrdiť, že podmienky (4) $V_A = V_P$ a $D_A = D_P$ sú splnené. Skúmame zmeny v rozdiely súčasnej hodnoty aktív a pasív pri paralelnom posunutí úrokovej sadzby i pre všetky doby splatnosti na 9%, 11%, 15%, 30% a 80%. Označme prebytok ako

$$S(i) = V_A(i) - V_P(i) \quad \text{pre } i > 0.$$

Pre úrokovú sadzbu 9% máme

$$V_A(0,09) = 44,74 \cdot (1,09)^{-1} + 2450,83 \cdot (1,09)^{-3} + 500 \cdot (1,09)^{-5} = 2258,5 \text{ €}$$

$$V_P(0,09) = 1000 \cdot (1,09)^{-2} + 2000 \cdot (1,09)^{-4} = 2258,53 \text{ €}$$

$$S(0,09) = 2258,5 - 2258,53 = -0,03 \text{ €}$$

Dosiahnuté výpočty pre všetky zmeny úrokovej sadzby zhrňme do tabuľky Tab. 1

Tab. 1: Výpočty prebytku S pri zmenách úrokovej sadzby.

i	V_A	V_P	S
0,09	2258,50	2258,53	-0,03
0,10	2192,47	2192,47	0,00
0,11	2129,05	2129,08	-0,03
0,15	1898,95	1899,65	-0,70
0,30	1284,61	1291,97	-7,36
0,80	471,55	499,16	-27,61

Zdroj: vlastné spracovanie

So záporných hodnôt v poslednom stĺpci pre $S(i)$ a pre zmeny úrokovej sadzby okrem 10% vidíme, že splnenie podmienok v (4) nie je postačujúce pre imunizáciu spárovania aktív a pasív. Pre zaujímavosť počítame konvexitu aktív a pasív pre $i = 10\%$. Konvexita aktív je

$$C_A = \frac{2 \cdot 1 \cdot 44,74 \cdot (1,1)^{-1} + 4 \cdot 3 \cdot 2450,83 \cdot (1,1)^{-3} + 3 \cdot 5 \cdot 500 \cdot (1,1)^{-5}}{(1,1)^2 \cdot 2192,47} = 11,87$$

a konvexita pasív je

$$C_P = \frac{3 \cdot 2 \cdot 1000 \cdot (1,1)^{-2} + 5 \cdot 4 \cdot 2000 \cdot (1,1)^{-4}}{(1,1)^2 \cdot 2192,47} = 12,1676.$$

Vidíme, že konvexita aktív je nižšia ako konvexita pasív. Už z tabuľky Tab. 1 vidíme, že imunizácia nie je správne realizovaná a problém bude práve vo vzájomnom usporiadaní konvexity aktív a pasív. Preto pristúpme k ďalšiemu návrhu, ktorý predkladá ďalší rizikový manažér. Pri jeho vypracovaní sa riadil Redingtonovou teóriou imunizácie, ktorej podmienky sú sformulované v troch podmienkach (6).

Rizikový manažér č. 2 navrhuje inú stratégiu:

- nákup 1-ročného dlhopisu s nulovým kupónom s nominálnou hodnotou 154,16 €,
- nákup 3-ročného dlhopisu s nulovým kupónom s nominálnou hodnotou 2 186,04 €,
- nákup 5-ročného dlhopisu s nulovým kupónom s nominálnou hodnotou 660,18 €.

Ten, na rozdiel od návrhu prvého rizikového manažéra, hodnoty zastúpenia jednotlivých dlhopisov v imunizačnom procese vypočítal z podmienok (8), ktoré viedli k riešeniu sústavy dvoch lineárnych rovníc a jednej lineárnej nerovnice o troch neznámych. Z údajov o pasívach poznáme ich súčasnú hodnotu V_P , duráciu D_P a konvexitu vypočítanú vyššie $C_P = 12,1676$. Tvar sústavy je

$$V_A = V_P : (1,10)^{-1}F_1 + (1,10)^{-3}F_3 + (1,10)^{-5}F_5 = 2192,47$$

$$D_A = D_P : \frac{1 \cdot (1,10)^{-1}F_1 + 3 \cdot (1,10)^{-3}F_3 + 5 \cdot (1,10)^{-5}F_5}{2192,47} = 3,2461$$

$$C_A > C_P : \frac{2 \cdot 1 \cdot (1,10)^{-1}F_1 + 4 \cdot 3 \cdot (1,10)^{-3}F_3 + 6 \cdot 5 \cdot (1,10)^{-5}F_5}{(1,1)^2 \cdot 2192,47} > 12,1676$$

kde F_1, F_3, F_5 sú nominálne hodnoty dlhopisov. Riešenie tejto úlohy spadá do problematiky Lineárneho programovania. Rizikový manažér č. 2 prezentoval stratégiu, ktorá predstavovala prípustné riešenie úlohy. Teda takýchto riešení existuje nekonečne veľa, čo je pre praktické riešenie imunizácie prospešné z dôvodu možných trhových príležitostí. Overme platnosť podmienok (8) pre $F_1 = 154,16$, $F_3 = 2 186,04$ a $F_5 = 660,18$.

Súčasná hodnota uvažovaných aktív je

$$V_A = 154,16 \cdot (1,1)^{-1} + 2186,04 \cdot (1,1)^{-3} + 660,18 \cdot (1,1)^{-5} = 2192,47 \text{ €}$$

Z predchádzajúcich výpočtov je súčasná hodnota pasív $V_P = 2192,47 \text{ €}$. Teda prvá podmienka je splnená. Prejdime k druhej podmienke, ktorá požaduje rovnosť durácie aktív a pasív. Durácia aktív je

$$D_A = \frac{[1 \cdot 154,16 \cdot (1,1)^{-1} + 3 \cdot 2186,04 \cdot (1,1)^{-3} + 5 \cdot 660,18 \cdot (1,1)^{-5}]}{2192,47} = 3,2461 \text{ roka}$$

a durácia pasív z predchádzajúceho výpočtu $D_P = 3,2461$ roka. Prejdime k tretej podmienke Redingtonovej teórii imunizácie, ktorá hovorí, že konvexita aktív musí byť väčšia ako konvexita pasív. V našom prípade pre aktíva konvexita je

$$C_A = \frac{2 \cdot 1 \cdot 154,16 \cdot (1,1)^{-1} + 4 \cdot 3 \cdot 2186,04 \cdot (1,1)^{-3} + 3 \cdot 5 \cdot 660,18 \cdot (1,1)^{-5}}{(1,1)^2 \cdot 2192,47} =$$

$$= 12,1704$$

a konvexita pasív je

$$C_p = \frac{3 \cdot 2 \cdot 1000 \cdot (1,1)^{-2} + 5 \cdot 4 \cdot 2000 \cdot (1,1)^{-4}}{(1,1)^2 \cdot 2192,47} = 12,1676$$

Vidíme, že pre konvexity platí $C_A > C_p$. Teda aj tretia podmienka je splnená a podľa Redingtonovej teórie imunizácie spárovanie aktív a pasív je imunizované proti malým zmenám úrokovej sadzby. Pre úplnú informáciu počítajme

$$S(i) = V_A(i) - V_p(i), \quad \text{pre } i > 0$$

pri paralelnom posunutí úrokovej sadzby i pre všetky doby splatnosti na 9%, 11%, 15%, 30% a 80%. Pri zmene úrokovej sadzby z 10% na 9% je

Tab. 2: Výpočty prebytku S pri zmenách úrokovej sadzby

i	V_A	V_p	S
0,09	2258,53	2258,53	0,00
0,10	2192,47	2192,47	0,00
0,11	2129,08	2129,08	0,00
0,15	1899,64	1899,65	-0,01
0,30	1291,40	1291,97	-0,57
0,80	495,42	499,16	-3,74

Zdroj: vlastné spracovanie

$$V_A = 154,16 \cdot (1,09)^{-1} + 2186,04 \cdot (1,09)^{-3} + 660,18 \cdot (1,09)^{-5} = 2258,53 \text{ €}$$

$$V_p = 1000 \cdot (1,09)^{-2} + 2000 \cdot (1,09)^{-4} = 2258,53 \text{ €}$$

$$S = 2258,5 - 2258,53 = 0 \text{ €}$$

Výpočty prebytku pre zostávajúce zmeny úrokovej sadzby zhrňme do tabuľky Tab. 2. Vidíme, že na rozdiel od Finančného manažéra č.2 dosiahol imunizáciu spárovanie aktív a pasív.

Finančný manažér č.3 predložil ďalšiu stratégiu, ktorá pozostávala zo zakúpenia:

- nákup 1-ročného dlhopisu s nulovým kupónom s nominálnou hodnotou 454,55 Eur,
- nákup 3-ročného dlhopisu s nulovým kupónom s nominálnou hodnotou 1 459,09 Eur,
- nákup 5-ročného dlhopisu s nulovým kupónom s nominálnou hodnotou 1 100,00 Eur.

Pri jeho predkladanej stratégii ukážme, že spĺňa podmienky úplnej imunizácie, t. j. pre ľubovoľné zmeny úrokovej sadzby z i_0 na i platí

$$S(i) = V_A(i) - V_L(i) \geq 0 \quad \text{pre } i > 0$$

Stále majme na zreteli, že pasíva ktoré inštitúcia musí zaplatiť sú v tvare 1 000 € za 2 roky a 2 000 € za 4 roky. Súčasná trhová úroková sadzba je 10%. Finančný manažér č.3 rozdelí investíciu do 3-ročného dlhopisu na dve časti. Teda v podstate vytvárame spárovanie dvoch pasív $L_1 = 1\,000,00 \text{ €}$ a $L_2 = 2\,000,00 \text{ €}$ dvoma dvojicami aktív $[A_1, A_2]$ a $[A_1^*, A_2^*]$, pričom $A_2 + A_1^* = 1\,459,09 \text{ €}$.

Hodnoty A_1 a A_2 sú 1-ročné a 3-ročné dlhopisy s nulovým kupónom, ktoré sú potrebné na úplné imunizovanie prvého záväzku $L_1 = 1000$. Vidíme, že $T_1 = 1$, $T_L = 2$ a $T_2 = 3$.

Dve premenné v sústave poznáme t. j. $\Delta_1 = \Delta_2 = 1$ a ostatné dve A_1, A_2 počítame zo sústavy dvoch rovníc o dvoch neznámych

$$\begin{aligned} A_1 \cdot (1,1)^{-1} + A_2 \cdot (1,1)^{-3} &= 1000 \cdot (1,1)^{-2} \\ (1) \cdot A_1 \cdot (1,1)^{-1} + (3) \cdot A_2 \cdot (1,1)^{-3} &= (2) \cdot 1000 \cdot (1,1)^{-2} \end{aligned}$$

Riešením vyššie uvedeného systému rovníc dostávame $A_1 = 454,55$ a $A_2 = 550,00$. Ďalej nech A_1^* a A_2^* sú 3-ročný a 5-ročný dlhopis s nulovým kupónom. Tie budú určené na úplnú imunizáciu druhého záväzku $L_2 = 2\,000$. Uvedomme si, že teraz $T_1 = 3, T_L = 4$ a $T_2 = 5$. Opäť sme získali dve podmienky pre výpočet A_1^*, A_2^*

$$\begin{aligned} A_1^* \cdot (1,1)^{-3} + A_2^* \cdot (1,1)^{-5} &= 2000 \cdot (1,1)^{-4} \\ (3) \cdot A_1^* \cdot (1,1)^{-3} + (5) \cdot A_2^* \cdot (1,1)^{-5} &= (4) \cdot 1000 \cdot (1,1)^{-4} \end{aligned}$$

Tab. 3: Výpočty prebytku S pri zmenách úrokovej sadzby

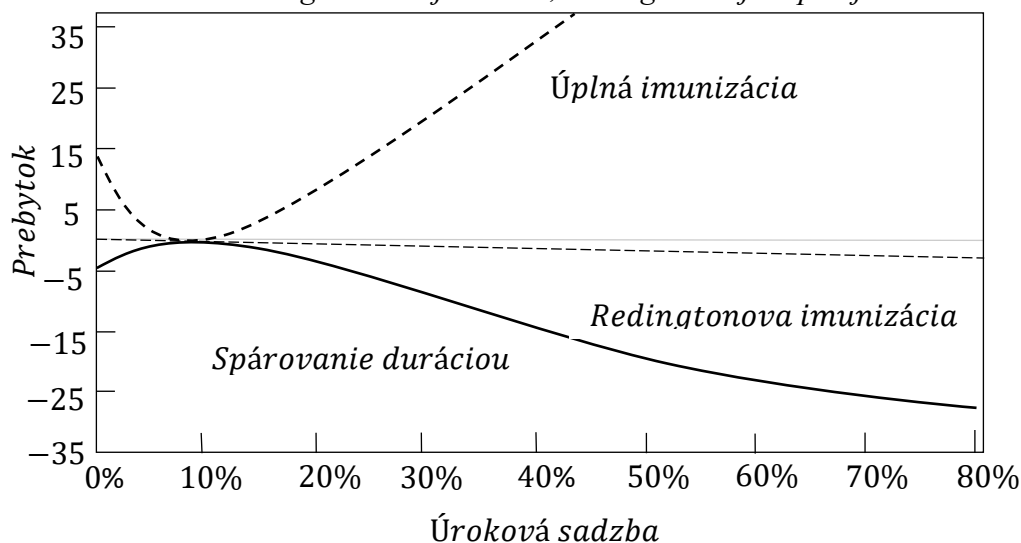
i	V_A	V_P	S
0,09	2258,62	2258,53	0,09
0,10	2192,47	2192,47	0,00
0,11	2129,17	2129,08	0,09
0,15	1901,53	1899,65	1,88
0,30	1310,04	1291,97	18,07
0,80	560,93	499,16	61,76

Zdroj: Vlastné spracovanie

Riešením vyššie uvedeného systému rovníc dostaneme $A_1^* = 909,09$ a $A_2^* = 1100$. Investícia do 3-ročného dlhopisu bola rozdelená na dve časti. Prvá časť 550,00 € bude vyčlenená na krytie záväzku 1000,00 € v 2. roku. Zostávajúca časť 1459,09 – 550,00 = 909,09 € je určená na vykrytie záväzku 2000,00 € v 4. roku. Teda v podstate vytvárame spárovanie dvoch pasív $L_1 = 1000,00$ € a $L_2 = 2000,00$ € dvoma dvojicami aktív $A_1 = 454,55$ €, $A_2 = 550,00$ € a $A_1^* = 909,09$ €, $A_2^* = 1100$ €. Stratégia Finančného manažéra č.3 spĺňa podmienky úplnej imunizácie. Ak nastane okamžitá jednorazová zmena úrokovej sadzby z 10% na 9%, potom je

$$\begin{aligned} V_A &= 454,55 \cdot (1,09)^{-1} + 1459,09 \cdot (1,09)^{-3} + 1100 \cdot (1,09)^{-5} = 2258,62 \text{ €} \\ V_P &= 1000 \cdot (1,09)^{-2} + 2000 \cdot (1,09)^{-4} = 2258,53 \text{ €} \\ S(0,09) &= 2258,62 - 2258,53 = 0,09 \text{ €} \end{aligned}$$

Obr. 2: Porovnanie stratégií vhodnej durácie, Redingtonovej a úplnej imunizácie



Zdroj: Vlastné spracovanie

Hodnoty prebytku pre zmeny úrokovej sadzby na 11%, 15%, 30% a 80% sú sústredené v tabuľke Tab. 3. Na porovnanie stratégií, ktoré sa zhodujú s duráciou, Redingtonovou a úplnou imunizáciou, sú výsledky znázornené v grafe Obr. 2.

4 Záver

Z príspevku vidno, že konštrukcia výkonného dlhopisového portfólia nie je ľahká úloha. Z pasívnych stratégií sa javí výhodný postup indexovania prípadne komplexného indexovania, podľa toho aký dlhopisový index si vyberieme ako benchmark. Aktívne stratégie využívajú neefektívnosť trhov k čomu je potrebné pozorné sledovanie vývoja na dlhopisových trhoch a vedieť využiť každú nesprávnosť v ocenení dlhopisov. Pri kopírovaní vybraného indexu na dorovnanie durácie sa dajú využiť finančné deriváty. Taktiež pri tvorbe technických rezerv, kedy dlhopisy reprezentujú aktíva technických rezerv. Plnenie záväzkov poisťovne voči klientom patrí k poprednej úlohe každej poisťovne. Tá ich financuje z výplat portfólia technických rezerv poisťovne tvorenej aktívami. K tomu, aby portfólio aktív mohlo byť konštruované, treba poznať pasíva poisťovne. Pri kvantifikovaní pasív je potrebné určiť ich duráciu, prípadne modifikovanú duráciu, čo nie je v praxi ľahká záležitosť. Portfólio aktív sme konštruovali dlhodobými dlhovými cennými papiermi – dlhopismi s nulovými kupónovými platbami, ktoré sme vyberali tak, aby spĺňali vopred stanovené podmienky.

Príspevok bol spracovaný v rámci riešenia grantovej úlohy VEGA 1/0166/20 Stanovenie kapitálovej požiadavky na krytie vybraných katastrofických rizík v životnom a neživotnom poistení.

Literatúra

1. Cipra, T. *Matematika cenných papírů*: Příbram: PBtisk, 2013, 266 pp. ISBN 978-80-7431-079-9.
2. GARRETT, S. J.: *An Introduction to the Mathematics of Finance, A Deterministic Approach*. Elsevier, 2013, ISBN: 978-0-08-098240-3.
3. GLOVA, Jozef. *Analýza portfólia: Analýza investícií a manažment portfólia* [online]. Košice, 2009,. ISBN 9791220848510. Dostupné na internete:

- <https://www.scribd.com/doc/94194855/SKRIPTA>. Učebný materiál. Technická univerzita v Košiciach, Ekonomická fakulta [Cit. 2022]
4. Redington, F. M. *Revue of principle of life office valuations*, Journal of the Institute of Actuaries, 1952, 78 (3), pp. 286-315.

Softvérová podpora rozhodovacích procesov v oblasti životného poistenia Software support of decision-making processes in the field of life insurance

Anna Strešňáková¹

Abstrakt

Rozhodovacie procesy sú súčasťou každodenného života nielen poistníka ale aj poisťovateľa. Obsiahnuť množstvo podmieňujúcich podmienok, kritérií, preferencií je náročné a tak je podpora rozhodovacieho procesu prenechávaná počítačovej technike. Softvérová podpora je rozvinutá nielen v aplikáciách veľkých spoločností zameraných na vývoj aplikácií ale aj v oblasti Open source systémov. V článku sa zameriame na možnosti využitia týchto systémov aj v oblasti životného poistenia.

Kľúčové slová

Životné poistenie, softvérová podpora, open source systém

Abstract

Decision-making processes are part of the everyday life not only of the policyholder but also of the insurer. Containing a number of conditioning conditions, criteria, preferences is difficult, so the support of the decision-making process is left to computer technology. Software support is developed not only in the applications of large companies focused on application development, but also in the field of Open source systems. In the article, we will focus on the possibilities of using these systems in the field of life insurance.

Key words

Life insurance, software support, open source system

JEL classification

G22

1 Úvod

Poisťovníctvo ovplyvňuje všetky oblasti ľudskej činnosti, akékoľvek zmeny v spoločnosti teda ovplyvnia aj poisťný trh. Napríklad nové technológie prinášajú nové príležitosti pre tvorbu poisťných produktov, alebo nárast úrovne života spôsobil zvýšený záujem poisťovní o poistenie fyzických osôb. Poisťovne neustále vytvárajú nové poisťné produkty a okrem toho sledujú vývoj ekonomiky vo svete kvôli novým príležitostiam, ale aj z dôvodu vyhodnocovaniu rizík. Poisťovníctvo je pre spoločnosť v súčasnosti nevyhnutné, pretože plní niekoľko úloh. Zabezpečuje stabilitu hospodárstva a zmiernuje prípadné otrasy. Vytvára pracovné príležitosti, investuje obrovské objemy peňazí do ekonomiky a mnoho ďalších.

2 Rozhodovací proces

Rozhodovací proces je každodennou súčasťou života človeka týkajúceho sa najmä činností. Charakteristika rozhodovacieho procesu je výber najvhodnejšieho postupu pre danú problematiku a stanovenie podmienok pre vyriešenie problematiky. Každý rozhodovací

¹ RNDr. Anna Strešňáková, PhD., Ekonomická univerzita v Bratislave, Fakulta hospodárskej informatiky, Katedra matematiky a aktuárstva, Dolnozemská 1, 852 35 Bratislava, anna.stresnakova@euba.sk.

proces sa líši s ohľadom na informovanosť podmienok vnútorného a vonkajšieho charakteru, na základe ktorej prebieha rozhodovanie (Šimák, 2006).

Množina rozhodovacích variantov môže byť zadaná ako diskrétna množina prípadných rozhodnutí alebo ako spojitá množina pomocou sústavy obmedzujúcich podmienok. Významným obmedzujúcim činiteľom je aj vedomosť o prípadných dopadoch rozhodnutia, pre ktoré je možné dosiahnuť úroveň istoty, rizika, neurčitosti. Rozhodnutie je vždy pod vplyvom kritérií rozhodovania, čiže podmienkami, vďaka ktorým sa dá posudzovať individuálne varianty a určiť najvhodnejší variant (či už zo subjektívneho hľadiska alebo z objektívneho).

V menej zložitých rozhodovacích situáciách jestvuje iba jedno rozhodovacie kritérium, no v reálnych situáciách ich je nespočetne veľa. Z druhej stránky môžeme v rozhodovaní rozoznať dve úrovne rozhodovania a to skupinovú a individuálnu. Tieto úrovne rozhodovania sú rozdielne v metódach a postupoch.

Základné prvky rozhodovacieho procesu:

- cieľ rozhodovania,
- kritéria rozhodovania,
- subjekt a objekt rozhodovania,
- varianty rozhodovania,
- dôsledky variantov rozhodovania,
- prostredie ovplyvňujúce rozhodovanie,
- algoritmus rozhodovania,
- činitele rizika. (Szabó, Jankelová, 2010)

V rámci rozhodovania je možné využiť veľa spôsobov kritérií rozhodovania. V našom prípade sa bude subjekt rozhodovať individuálne na základe svojich preferencií.

Najviac významné chyby pri rozhodovaní je nesprávne poznanie a hodnotenie a chybnosť predpokladov.

3 Životné poistenie

Životné poistenie a veľké množstvo pripoistení ponúka človeku zabezpečenie v prípade rôznych nečakaných udalostí a situácií. Napríklad ako náhla smrť, úraz, choroba, invalidita a podobne. Možnosťou je aj sporenie v rámci poistenia a tak následné ohodnotenie finančných prostriedkov.

Úlohou takéhoto poistenia je zabezpečiť rodinu a blízkych tých ľudí. Veľký význam má v prípade, keď si živiteľ rodiny berie hypotéku, úver, leasing alebo je viazaný inými finančnými záväzkami. Odbremení sa tým rodina od platenia ponechaných záväzkov poisteného v prípade nepriaznivej životnej situácie.

Poistný trh nám ponúka veľké množstvo druhov a možností poistenia. Medzi typické zaraďujeme kapitálové životné poistenie, investičné životné poistenie, rizikové životné poistenie a poistenie pre deti.

Rizikové poistenie zaraďujeme medzi nesporivé poistky. Zmluvne dohodnutá poistná suma sa vypláti v prípade keď nastane smrť poistenej osoby. Pri tomto poistení je tiež možné rozšírenie rôznymi pripoisteniami. Pri profesiách, ktoré sa zaraďujú medzi rizikové, platí takéto poistenie väčšinou zamestnávateľ. V mnohých prípadoch už takéto poistenie automaticky požadujú aj napríklad banky a leasingové spoločnosti aby tak zabezpečili krytie pôžičky, úveru, hypotéky alebo leasingu. Tak ako sme už spomínali, pri tomto druhu poistenia existuje mnoho pripoistení a teda v jednej poistnej zmluve je možné byť poistený na viacej rizikových situácií. Veľmi flexibilné a variabilné sú výška poistnej sumy a trvanie

poistenia. To súvisí hlavne od možnosti klienta, ako vysoké poistné je schopný platiť. Od toho sa odvíja aj výška poistnej sumy.

Rizikové poistenie sa ponúka v niekoľkých alternatívach:

- poistenie pre prípad smrti, ktoré ma ešte ďalšie alternatívy,
- poistenie pre prípad dožitia,
- zmiešané poistenie. (Litvová, Krátka, 2009)

4 Softvérová podpora

Technológia prenikla do všetkých oblastí života a možnosti, ktoré ponúka web 4.0, sa stali realitou. Všeobecne sa uznáva, že integrácia informačných a komunikačných technológií (IKT) a široká škála dostupných digitálnych nástrojov znamenajú zmeny v tradičných postupoch/prístupoch a urýchľujú ich transformáciu (Körtesi, P. a spol., 2022).

Informačné technológie ako podpora akéhokoľvek procesu zaujímajú svoje pevné a teraz už aj nenahraditeľné miesto. Bez informačných technológií sa spracovanie dát, modelov, optimalizácií realizuje v dnešnej dobe veľmi ťažko. Množstvo aplikácií je dostupných už nielen prostredníctvom počítačov, ale aj mobilov (Gunčaga, Koreňová, Kostrub; 2018).

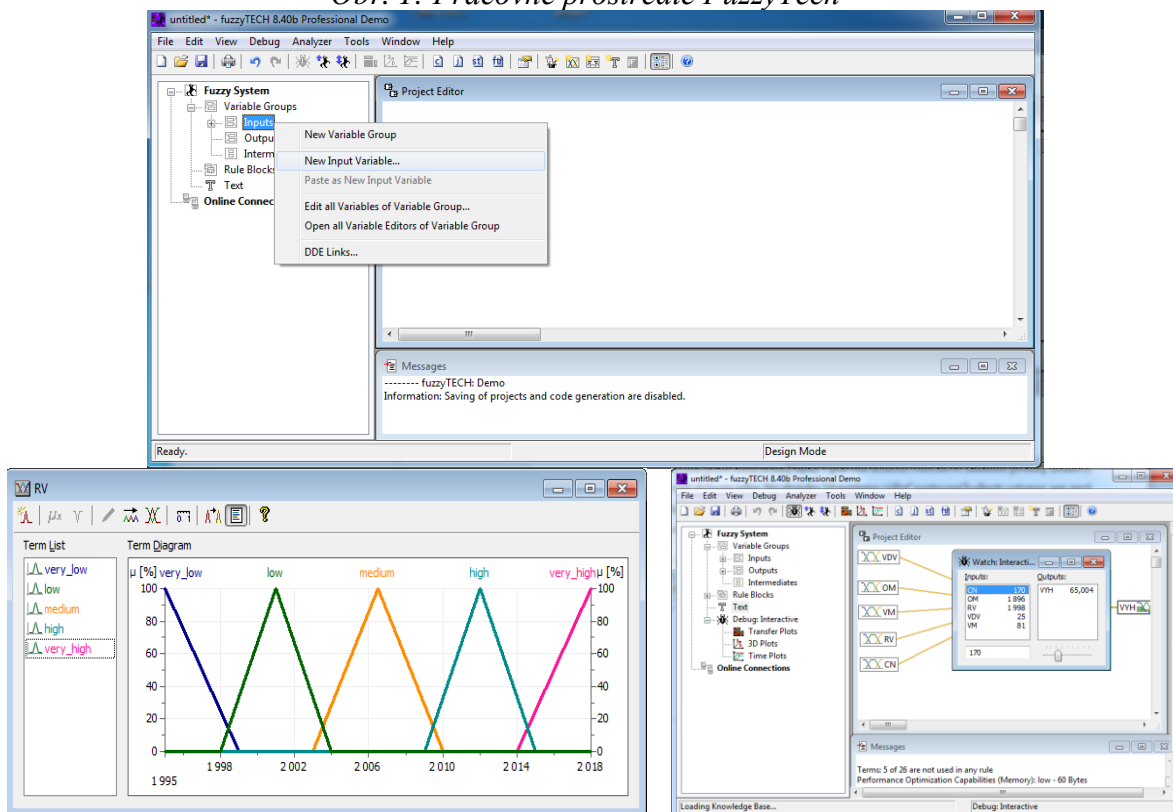
V poistnej oblasti je množstvo dát, ktoré je potrebné spracovať. Spôsoby spracovania, potrebné kroky, štatistické a matematické postupy, ktoré je potrebné použiť závisí na poisťovni, ich zaužívaných postupoch a teraz aj od direktívy Solvency II. Poisťovne používajú buď svoj interný softvérový balík alebo používajú všeobecne prístupné systémy umožňujúce implementáciu interných požiadaviek na pracovný postup. V dnešnej dobe majú úspech tzv. Open Source systémy, ktoré sú založené na voľnej dostupnosti balíkov funkcií, ktoré niekto vytvoril. Tým pádom systém je podporovaný platformou (napríklad programovacím jazykom) a jednotlivé funkcie, celé postupy sú sprístupnené používateľom.

S vývojom doby sú spojené aj zvyšujúce sa nároky na spôsob spracovania dát. Napríklad lingvistické premenné vyžadujú svoje zastúpenie v rozhodovacích procesoch a s týmto vývojom je spätý aj nástup fuzzy logiky. Umožňuje zdefinovať príslušnosť k danej vlastnosti nie striktným spôsobom – patrí - nepatrí, je – nie je. Chápeme ju ako druh logiky, ktorá rozoznáva viac než len jednoduché nepravdivé a pravdivé hodnoty. Pomocou fuzzy logiky môžu byť problémy prezentované so stupňom pravdivosti a nepravdivosti. Pracujeme s mierou členstva, čím demonštrujeme skutočnú realitu omnoho lepšie. Fuzzy logika meria istotu alebo neistotu príslušnosti prvku k množine. Umožňuje škálovanie príslušnosti napríklad vo forme patrí málo, vyhovuje viac. Celá táto oblasť je prudko sa vyvíjajúca a svoje uplatnenie si našla aj v oblasti poisťovníctva.

Nástup fuzzy logiky zachytili aj spoločnosti zaoberajúce sa vývojom softvéru a na trhu je už množstvo programov zameraných na fuzzy logiku. Iným spôsobom ako využiť širokú škálu procesov zabezpečovaných fuzzy logikou je množstvo dostupných programovacích jazykov, balíkov či priamo aplikácií, ktoré pracujú s fuzzy logikou ako Ada, ALGOL, APL, AWK, BASIC, C, C++, C#, COBOL, D, Eiffel, Erlang, F#, Forth, Fortran, Go, Haskell, IDL, Java, JavaScript, JSI, Kotlin, Lisp, Logo, Lua, ML, Objective-C, Object Pascal (Delphi), Pascal, Perl, PHP, PL/I, PL/M, PL/SQL, Prolog, Python, jazyk R, Ruby, Rust, SAS, Scratch, sh, Scheme, Simula, Smalltalk, Swift, Visual Basic. Niektoré programové balíky majú už inštalovateľné toolboxy, ktoré umožňujú priamo zadávať premenné, intenzity príslušnosti, normy. Jazyk R zaznamenal svoju dostupnosťou, jednoduchosťou, širokým využitím procedúr rozmach a je pre svoju vysokú funkcionalitu používaný aj našimi poisťovňami (Páleš, 2019).

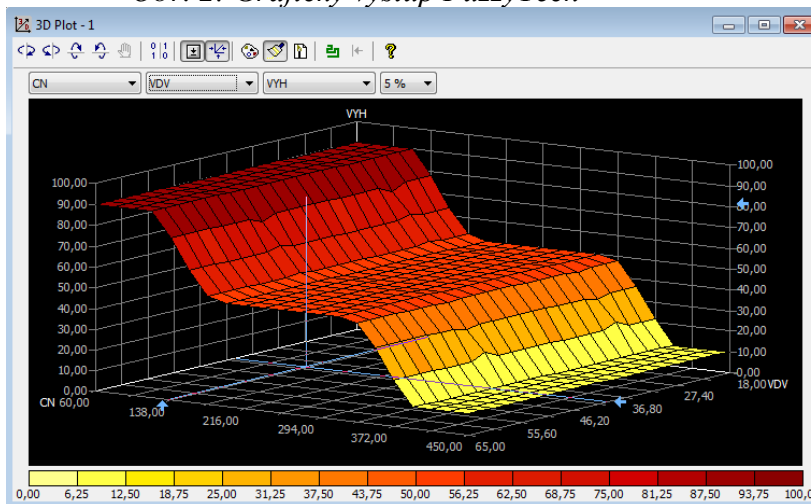
Pracovné prostredie aplikácie FuzzyTECH, môžete vidieť na obrázkoch 1 a 2.

Obr. 1: Pracovné prostredie FuzzyTech



Zdroj: vlastné spracovanie

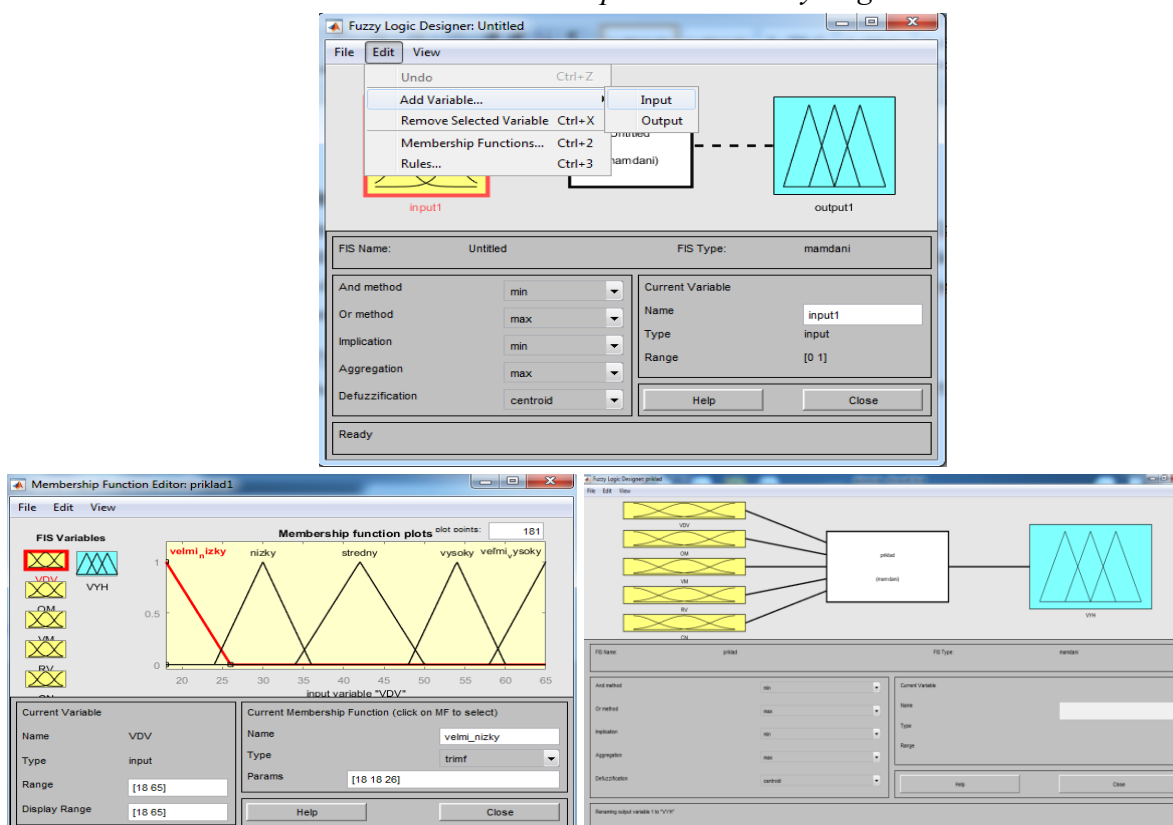
Obr. 2: Grafický výstup FuzzyTech



Zdroj: vlastné spracovanie

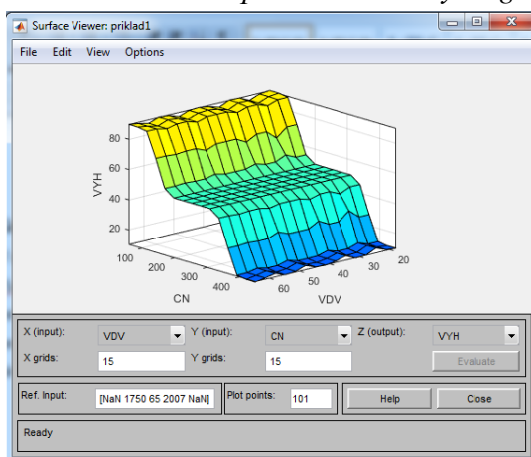
Niektoré dlho používané softvérové balíky už majú toolboxy umožňujúce priamo zadávanie funkcií intenzít príslušnosti, defuzzifikáciu. Softvérový balík používaný najmä v technickom prostredí, vyžadujúci si určité znalosti z programovania, je aj Matlab. Je to komplexný softvér pre vedecko-technické výpočty, ktorý sa dá rozšíriť o ďalšie funkcie pomocou tzv. toolboxov Ukážku toolboxu implementovaného vývojármi do tohto prostredia a možný výstup z procesu je na obrázku 3 a 4.

Obr. 3: Pracovné prostredie Fuzzy Logic



Zdroj: vlastné spracovanie

Obr. 4: Pracovné prostredie Fuzzy Logic



Zdroj: vlastné spracovanie

Z obrázkov vidno, že softvér je graficky užívateľsky prijateľný, s grafickým výstupom výsledkov.

Aplikácia fuzzy logiky v životnom poistení je najmä v oblasti odhadu rizikovosti zdravotného stavu poistencov. Pomáha „prekladať“ zdravotné záznamy a zdravotný stav do rizikovosti poistenca. Vplyv faktorov ako fajčenie, obezita, vysoký krvný tlak, dedičné choroby, úmrtie v rodine vo veku do 50 rokov sa dajú previesť do funkcií príslušnosti a tak určiť, nakoľko je zdravotný stav poistenca rizikový a či je vhodný na uzavretie životného poistenia.

Široké možnosti fuzzy logiky umožňujú každej poisťovni stanoviť si pre jednotlivé parametre vlastné intenzity príslušnosti a tým pádom vytvárať svoje modely, ktoré môžu vychádzať z historických skúseností – z ich portfólia už uzavretých poisťných zmlúv. Spôsob spracovania numerických výsledkov aplikácie modelu – defuzzifikácia umožňuje dokonca definovať, aký výsledok je pre ňu ešte prijateľný a aký zdravotný stav je pre poisťovňu neakceptovateľný – aj keď na prvý pohľad zdravotný stav možného poistenca nie je zlý, súhra faktorov a následná defuzzifikácia môžu ukázať rizikovosť klienta.

Klasifikácia klienta tým pádom umožňuje znížiť riziko poisťovne pri uzatváraní poisťnej zmluvy a čo je ešte lepšie – poisťovňa môže vybraným skupinám – preferovaným skupinám poistencov – poskytnúť zľavy alebo bonusy.

5 Záver

Rozmach informačných technológií je naozaj veľký. Spracovanie veľkého množstva dát je samozrejmosťou a rozvíjajú sa aj nové prístupy k ich spracovaniu – čo je nevyhnutné. Informácie, ktoré sa spracovávajú nemajú iba numerické hodnoty, čoraz častejšie sa pracuje s lingvistickými premennými, či sa výsledok spracovania dát uzavrie slovným vyjadrením.

Jedným zo spôsobov spracovania dát je prostredníctvom fuzzy logiky, ktorá začína mať svoje miesto aj v oblasti aktuárstva. V životnom poistení poskytuje poisťovníam odhadnúť rizikovosť klienta pri poistení na úmrtie numerickým spracovaním vplyvu jeho zdravotného stavu. Fuzzy logika ponúka veľa možností zahrnutia vplyvu faktorov – vytváranie funkcií intenzít, následné vyhodnotenie výsledku s jednoznačne pochopiteľným – napríklad slovným vyjadrením. Budúci klienti nemajú rovnaký zdravotný stav a napriek tomu ich zdravotný stav môže zaradiť do rovnakej skupiny rizika pre poisťovňu. V tom fuzzy logika ponúka široké možnosti. Fuzzy logika je len jedným z nástrojov, ktoré ponúkajú softvérovú podporu, systémov, ktoré podporujú rozhodovacie procesy. Spôsob spracovania dát sa môže líšiť a každá poisťovňa si proces môže nastaviť sama, na základe ich prístupov, skúseností a aktuálneho poisťného kmeňa.

Príspevok bol spracovaný v rámci riešenia grantovej úlohy VEGA 1/0166/20 Stanovenie kapitálovej požiadavky na krytie vybraných katastrofických rizík v životnom a neživotnom poistení a KEGA 026-UK-4/2022 Koncepcia konštrukcionizmu a rozšírenej reality v STEM vzdelávaní (CEPENSAR).

Literatúra

1. Gunčaga, J., Koreňová, L., Kostrub, D. (2018): The educational research focused on the development of mobile technologies in education. *In: Teaching with technology: perspectives, challenges and future directions.* - New York: NOVA Science Publishers, 2018. - s. 57-115
2. Körtesi, P.; Simonka, Z.; Szabo, Z.K.; Guncaga, J.; Neag, R. (2022): Challenging Examples of the Wise Use of Computer Tools for the Sustainability of Knowledge and Developing Active and Innovative Methods in STEAM and Mathematics Education. *In: Sustainability 2022*, 14. – Basel: MDPI, 2022.
3. Littvová, Z., Krátka. (2009) Životné poistenie. Bratislava: EKONÓM,
4. Páleš, M (2019). Jazyk R pre aktuárov. Bratislava : Letra Edu
5. Szabo, Ľ., Jankelová, N. (2010). Podnikateľské rozhodovanie. Bratislava: Ekonóm.
6. Šimák, L. (2006) Manažment rizík. Žilina: FŠI ŽU

Analýza disparít podielu zamestnanosti vo vzniknutých a zaniknutých podnikoch v členení podľa SK NACE a NUTS3 v rokoch 2008 až 2018

Disparity analysis of employment share of enterprise births and deaths broken down by SK NACE and NUTS3 in the years 2008-2018

Erik Šoltés¹, Silvia Komara²

Abstrakt

Článok sa zameriava na vplyv demografických udalostí podnikov, ako sú ich vznik a zánik, na zamestnanosť v aktívnych podnikoch v krajoch SR v rokoch 2008 až 2018, pričom tento vplyv je sledovaný v rámci demografie podnikov prostredníctvom týchto ukazovateľov: podiel zamestnanosti vo vzniknutých podnikoch a podiel zamestnanosti v zaniknutých podnikoch. Cieľom článku je odhaliť čistý vplyv troch faktorov: rok, sekcia ekonomických činností a kraj na podiel zamestnanosti vo vzniknutých podnikoch a v zaniknutých podnikoch. Na tento cieľ je využitý všeobecný lineárny model a s ním asociovaná analýza marginálnych stredných hodnôt a kontrastná analýza. Prezentované analýzy vychádzajú z databáz Demografia podnikov 2008 až 2018, ktoré nám na výskumné účely poskytol ŠÚ SR.

Kľúčové slová

Demografia podnikov, podiel zamestnanosti vo vzniknutých podnikoch, podiel zamestnanosti v zaniknutých podnikoch, marginálne stredné hodnoty, kontrastná analýza

Abstract

The paper aims at the impact of demographic events of enterprises, such as their birth and death, on employment in active enterprises in the regions of the Slovak Republic from the years 2008 to 2018, while this impact is monitored within the demographics of enterprises through the following indicators: employment share of enterprise births and employment share of enterprise deaths. The aim of the paper is to reveal the net effect of three factors: year, the section of economic activities, and region on the share of employment in established enterprises and death enterprises. For this purpose, a general linear model and the associated analysis of marginal means and contrast analysis are used. The presented analyses are based on the Demography of enterprises 2008 to 2018 database, which was provided to us by the SO SR for research purposes.

Key words

Business demography, Employment share of enterprise births, Employment share of enterprise deaths, Least squares means, Contrast analysis

JEL classification

C21, E32, J21, L26

¹ prof. Mgr. Erik Šoltés, PhD., Ekonomická univerzita v Bratislave, Fakulta hospodárskej informatiky, Katedra štatistiky, Dolnozemska cesta 1, 852 35 Bratislava, e-mail: erik.soltes@euba.sk.

² Ing. Silvia Komara, PhD., Ekonomická univerzita v Bratislave, Fakulta hospodárskej informatiky, Katedra štatistiky, Dolnozemska cesta 1, 852 35 Bratislava, e-mail: silvia.komara@euba.sk.

1 Úvod

Demografia podnikov poskytuje kľúčové informácie na politické rozhodovanie a ukazovatele na podporu stratégie Európa 2030. Získava aj údaje pre spoločný projekt Eurostatu a OECD – projekt EIP (*Entrepreneurship Indicators Programme*), v rámci ktorého sa zhromažďujú medzinárodne porovnateľné štatistiky z oblasti podnikania. Demografia podnikov sleduje populáciu aktívnych podnikov a ich vznik, prežívanie (až do 5 rokov po ich vzniku) a zánik [bližšie (Eurostat, 2021) a (Eurostat, 2022a)]. Tieto informácie sú cenné pri mapovaní životných cyklov podnikov a sledovaní vplyvu demografických udalostí podnikov na zamestnanosť.

Článok sa zameriavame na analýzu vplyvu demografických javov (vznik a zánik aktívnych podnikov) na zamestnanosť. Z praktických dôvodov považujeme počet zamestnaných osôb za identický s počtom pracovných miest. Na priestorové a časové porovnanie vytvárania a zániku pracovných miest v dôsledku vzniku a zániku aktívnych podnikov využívame relatívne miery, ktoré sleduje aj Eurostat, konkrétne ide o:

- podiel zamestnanosti vo vzniknutých podnikoch (ďalej aj „PZvoVP“). Táto miera predstavuje podiel počtu osôb zamestnaných v referenčnom období v novovzniknutých podnikoch na celkovom počte zamestnaných osôb v aktívnych podnikoch,
- podiel zamestnanosti v zaniknutých podnikoch (ďalej aj „PZvZP“). Táto miera je definovaná ako podiel počtu osôb zamestnaných v referenčnom období v podnikoch, ktoré v referenčnom období zanikli, na celkovom počte zamestnaných osôb v aktívnych podnikoch.

Cieľom článku je kvantifikovať čistý vplyv troch faktorov: rok, sekcia ekonomických činností a kraj na podiel zamestnanosti vo vzniknutých podnikoch a na podiel zamestnanosti v zaniknutých podnikoch. Na túto kvantifikáciu a vzájomné porovnanie medzi úrovňami jednotlivých faktorov pri fixovaní ostatných 2 faktorov sú využité marginálne stredné hodnoty a ich kontrastná analýza. Marginálne stredné hodnoty sú založené na odhadnutých všeobecných lineárnych modeloch (GLM). Metodikou GLM, analýzou marginálnych stredných hodnôt a kontrastnou analýzou sa zaoberali napr. Darlington a Hayes (2016), Haans (2018), Littell et al. (2010), Searle a Gruber (2017), Wang et al. (2018) alebo Westfall a Tobias (2007).

Analýzy prezentované v článku vychádzajú z databáz Demografia podnikov 2008 a 2018 poskytnuté ŠÚ SR. V druhej časti článku sú kvantifikované miery PZvoVP a PZvZP v krajoch SR a v rokoch 2008 až 2018. Tretia časť článku sa zameriava na analýzu marginálnych stredných hodnôt predmetných mier, ktorých odhad je založený na dvoch všeobecných lineárnych modeloch. Týmito modelmi sú modelované cieľové premenné PZvoVP a PZvZP s využitím 3 kategoriálnych vysvetľujúcich premenných:

- Year – rok 2008 až 2018,
- SK NACE – sekcie podľa klasifikácie ekonomických činností [pozri (Eurostat, 2022b)],
- NUTS3 – normalizovaná klasifikácia územných celkov na Slovensku na úrovni III, teda kraje SR [pozri (Európsky parlament, 2022)].

2 Podiel zamestnanosti vo vzniknutých podnikoch a v zaniknutých podnikoch v krajoch SR v rokoch 2008 až 2018

V roku 2018 bolo na Slovensku približne 548-tisíc aktívnych podnikov, čo je o 167-tisíc viac ako v roku 2008, avšak bolo v nich zamestnaných (1,827 mil. osôb) o približne 223-tisíc menej osôb ako v roku 2008. Najviac zamestnaných osôb v aktívnych podnikoch je v Bratislavskom kraji, pričom v sledovanom období to bolo v priemere na rok takmer 504-tisíc, čo predstavuje 28,4 % z počtu osôb zamestnaných v aktívnych podnikoch v SR. K poklesu počtu osôb zamestnaných v aktívnych podnikoch došlo v rokoch 2009-2010 a v rokoch 2012-

2013, v ostatných rokoch evidujeme nárast, pričom najväčší bol v roku 2011 (nárast o 12,8 % v SR). V období 2008-2018 na Slovensku vďaka vzniku podnikov vzniklo priemerne ročne približne 80,4-tisíc pracovných miest. Podľa tab. 1 vo všetkých krajoch SR bol najväčší PZvoVP v roku 2014 (6,7 % za SR) a najmenší v roku 2012 (3,2 % v SR). Najnepriaznivejším rokom z pohľadu dopadu vzniku a zániku podnikov na zamestnanosť bol rok 2013, kedy v SR vzniklo relatívne málo pracovných miest vo vzniknutých podnikoch (PZvoVP v SR 3,9 %, tab. 1) a zaniklo relatívne najviac pracovných miest v zaniknutých podnikoch (PZvZP v SR 4,7 %, tab. 2). V sledovanom období 2008-2018 bol rok 2013 jediným rokom, v ktorom súhrnne za celú SR a aj v každom kraji počet zaniknutých pracovných miest v zaniknutých podnikoch prevyšoval počet vzniknutých pracovných miest vo vzniknutých podnikoch. V roku 2013 sme zaznamenali aj najväčší PZvZP, a to v Nitrianskom kraji (6,5 %). Naopak, najmenší PZvZP bol súhrnne v SR v roku 2010 (2,6 %), kedy evidujeme aj celkovo najnižšiu hodnotu PZvZP, a to na úrovni 2,2 % v Žilinskom kraji, podobne ako v Bratislavskom kraji v roku 2012.

Tab. 1: Podiel zamestnanosti vo vzniknutých podnikoch v krajoch SR v rokoch 2008 až 2018

Kraj	Rok										
	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
BA	4,8%	3,6%	4,1%	3,4%	2,8%	3,9%	4,8%	4,4%	3,4%	3,9%	3,4%
BB	5,4%	5,2%	4,6%	4,5%	3,2%	3,6%	7,4%	4,2%	4,0%	5,5%	4,7%
KE	4,2%	4,9%	4,5%	4,3%	2,9%	3,9%	6,6%	4,7%	4,0%	5,4%	4,9%
NR	5,2%	5,0%	5,7%	5,1%	3,5%	4,3%	7,9%	5,1%	4,7%	5,5%	5,1%
PO	6,3%	5,7%	6,0%	5,2%	4,3%	4,4%	9,6%	5,2%	5,0%	6,3%	6,2%
TN	4,6%	4,4%	3,7%	3,9%	3,0%	3,4%	6,3%	3,8%	3,6%	4,2%	4,3%
TT	5,1%	4,4%	4,6%	4,1%	2,8%	3,3%	6,9%	4,1%	3,9%	5,0%	4,6%
ZA	4,9%	4,8%	4,1%	5,0%	4,0%	4,0%	7,7%	4,3%	4,1%	5,0%	4,8%
SR	5,0%	4,6%	4,6%	4,3%	3,2%	3,9%	6,7%	4,5%	4,0%	4,9%	4,5%

Zdroj: vlastné spracovanie v MS Excel na základe databáz Demografia podnikov 2008-2018

Tab. 2: Podiel zamestnanosti v zaniknutých podnikoch v krajoch SR v rokoch 2008 až 2018

Kraj	Rok										
	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
BA	3,5%	2,4%	2,7%	2,8%	2,2%	4,5%	2,6%	2,3%	2,7%	2,8%	2,8%
BB	4,0%	4,0%	2,5%	4,7%	3,1%	4,5%	4,0%	3,7%	3,5%	4,0%	4,0%
KE	3,5%	4,1%	2,6%	4,4%	3,0%	4,5%	4,1%	3,6%	3,4%	4,0%	4,2%
NR	3,7%	4,4%	3,2%	4,7%	3,1%	6,5%	4,2%	3,9%	4,0%	4,1%	4,7%
PO	5,8%	5,0%	2,4%	4,7%	3,8%	5,2%	4,9%	4,8%	4,2%	4,8%	5,1%
TN	3,3%	4,2%	2,6%	4,0%	3,7%	3,9%	3,6%	3,3%	3,3%	3,4%	3,5%
TT	3,3%	3,9%	2,7%	4,4%	2,8%	4,1%	3,6%	3,4%	3,3%	3,8%	3,8%
ZA	3,6%	3,8%	2,2%	4,5%	3,4%	5,1%	4,1%	4,0%	3,5%	4,1%	4,0%
SR	3,8%	3,7%	2,6%	4,0%	3,0%	4,7%	3,6%	3,4%	3,3%	3,7%	3,8%

Zdroj: vlastné spracovanie v MS Excel na základe databáz Demografia podnikov 2008-2018

V jednotlivých krajoch a v jednotlivých rokoch môžu miery PZvoVP a PZvZP výrazne variovať v jednotlivých sekciách ekonomickej činnosti. Navyše faktory, ktoré sú predmetom nášho záujmu, a to rok, príslušnosť podniku ku kraju a sekcia ekonomickej činnosti, nemusia mať rovnakú šancu ovplyvniť predmetné podiely, preto v ďalšej časti článku budeme

analyzovať vplyv uvedených 3 faktorov na tieto miery prostredníctvom marginálnych stredných hodnôt vychádzajúcich zo všeobecného lineárneho modelu.

3 Analýza marginálnych stredných hodnôt podielu zamestnanosti vo vzniknutých podnikoch a v zaniknutých podnikoch založená na GLM

Všeobecný lineárny model (GLM) s 3 vysvetľujúcimi kategoriálnymi premennými: rok (Year), sekcia ekonomickej činnosti (SK NACE) a kraj (NUTS3) vysvetľuje variabilitu PZvoVP na 63,31% (tab. 3 vľavo) a variabilitu PZvZP na 64,13 % (tab. 3 vpravo), pričom tieto premenné majú signifikantný vplyv na predmetné miery ($p < 0,0001$) a ich prínos k vysvetleniu ich variability je 51,85% (SK NACE), 5,41 % (Year) a 6,04 % (NUTS3), resp. 52,35 % (SK NACE), 3,83 % (Year) a 7,95 % (NUTS3).

Tab. 3: Základná analýza GLM pre podiel zamestnanosti vo vzniknutých podnikoch a GLM pre podiel zamestnanosti v zaniknutých podnikoch

Source	PZvoVP			PZvZP		
	F Value	DF	Pr > F	F Value	DF	Pr > F
SK NACE	134.31	16	<.0001	134.11	16	<.0001
Year	21.09	10	<.0001	14.97	10	<.0001
NUTS3	33.98	7	<.0001	44.84	7	<.0001

PZvoVP			PZvZP		
R-Square	Root MSE	Y Mean	R-Square	Root MSE	Y Mean
0.633057	2.473892	0.045546	0.641338	1.743155	0.036174

Zdroj: vlastné spracovanie v SAS EG na základe databáz Demografia podnikov 2008-2018

Kým tab. 1 a 2 uvádzajú skutočný podiel zamestnanosti vo vzniknutých, resp. v zaniknutých podnikoch, ktoré sú členené podľa rokov a krajov, odhadnuté všeobecné lineárne modely (tab. 4) kvantifikujú, aký vplyv majú jednotlivé faktory pri fixovaní ostatných 2 faktorov. Marginálne stredné hodnoty odhadnuté na základe týchto modelov odrážajú čistý vplyv faktorov SK NACE (obr. 1), Year (obr. 2) a NUTS3 (obr. 3) na PZvoVP a PZvZP.

Najskôr sa pozrime na odhadnuté parametre všeobecných lineárnych modelov (tab. 4) a na odhady marginálnych stredných hodnôt sledovaných mier PZvoVP a PZvZP pre jednotlivé sekcie ekonomických činností (obr. 1). Z pohľadu sekcií bol najväčší podiel zamestnanosti vo vzniknutých podnikoch v sekcii S – ostatné činnosti (9,88 %; 9,02 % - 10,74 %³) a najmenší v sekcii B – ťažba a dobývanie (0,89 %; -0,98 % - 2,76 %), kde bola predmetná miera nižšia v priemere o 8,99 p. b. Teba však povedať, že PZvoVP v sekcii L – činnosti v oblasti nehnuteľností nebol signifikantne odlišný ($p = 0,3437$) od sekcie S a aj keď sekcia S mala signifikantne vyšší predmetný podiel ako v ostatných sekciách, tak v prípade sekcie L sme odhalili nesignifikantný rozdiel aj v porovnaní so sekciami M – odborné, vedecké a technické činnosti a F – stavebníctvo. Uvedené 4 sekcie (S, L, M a F) mali preukázateľne vyšší PZvoVP ako ostatné sekcie. V týchto sekciách (predovšetkým v sekciách S, F a M) vznik a zánik podnikov spôsobil relatívne veľké zmeny v zamestnanosti, keďže v nich pozorujeme aj vysoký podiel zamestnanosti v zaniknutých podnikoch. Najväčší PZvZP bol v sekcii F – stavebníctvo (7,18 %; 6,92 % - 7,44 %) a v sekcii D – dodávka elektriny, plynu, pary a studeného vzduchu (0,98 %; 0,18 % - 1,78 %) bol tento podiel v priemere až o 6,20 p. b. menší (-0,0595 - 0,0025). V sekcii F bol PZvZP štatisticky nevýznamne odlišný ($p = 0,4639$) od sekcie S a zároveň

³ Za bodovými odhadmi uvádzame intervalové odhady pri spoľahlivosti odhadu 0,95.

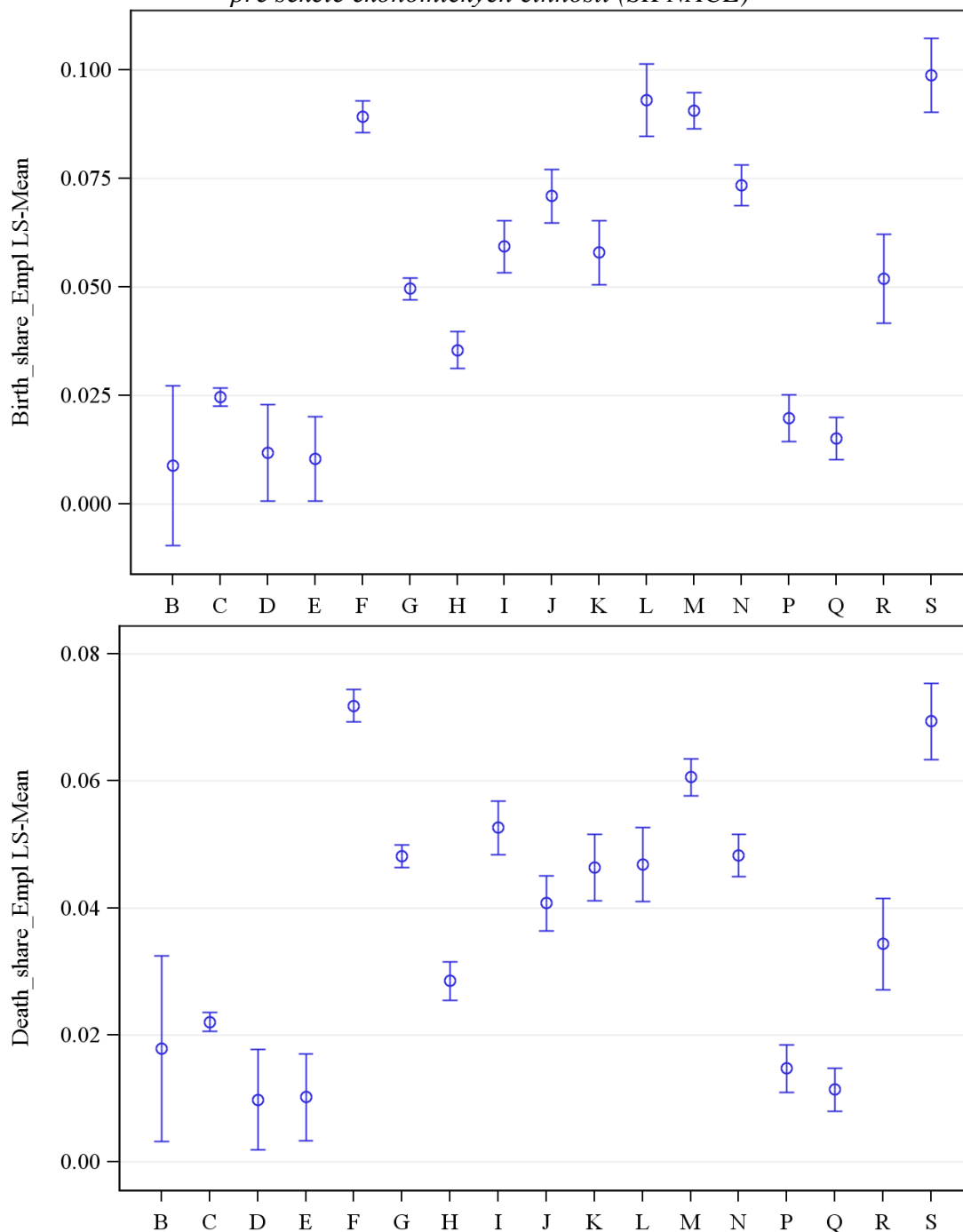
v týchto 2 sekciách bol signifikantne vyšší ako v ostatných sekciách. V uvedených 2 sekciách (F a S), ako aj v sekcii M, sa PZvZP na hladine významnosti 0,05 nedostal pod úroveň 5 %

Tab. 4: Odhad parametrov GLM pre podiel zamestnanosti vo vzniknutých podnikoch a parametrov GML pre podiel zamestnanosti v zaniknutých podnikoch

Parameter	PZvoVP			PZvZP		
	Estimate	Standard Error	Pr > t	Estimate	Standard Error	Pr > t
Intercept	0.09682	0.00497	<.0001	0.06949	0.00351	<.0001
SK NACE B	-0.08987	0.01047	<.0001	-0.05155	0.00814	<.0001
SK NACE C	-0.07412	0.00451	<.0001	-0.04733	0.00318	<.0001
SK NACE D	-0.08693	0.00719	<.0001	-0.05958	0.00510	<.0001
SK NACE E	-0.08836	0.00664	<.0001	-0.05917	0.00468	<.0001
SK NACE F	-0.00963	0.00476	0.0434	0.00246	0.00336	0.4639
SK NACE G	-0.04914	0.00456	<.0001	-0.02123	0.00321	<.0001
SK NACE H	-0.06327	0.00488	<.0001	-0.04089	0.00344	<.0001
SK NACE I	-0.03944	0.00535	<.0001	-0.01676	0.00377	<.0001
SK NACE J	-0.02787	0.00537	<.0001	-0.02864	0.00378	<.0001
SK NACE K	-0.04088	0.00579	<.0001	-0.02304	0.00408	<.0001
SK NACE L	-0.00579	0.00611	0.3437	-0.02254	0.00431	<.0001
SK NACE M	-0.00815	0.00486	0.0937	-0.00879	0.00342	0.0103
SK NACE N	-0.02531	0.00499	<.0001	-0.02110	0.00352	<.0001
SK NACE P	-0.07892	0.00517	<.0001	-0.05465	0.00364	<.0001
SK NACE Q	-0.08365	0.00503	<.0001	-0.05800	0.00354	<.0001
SK NACE R	-0.04687	0.00684	<.0001	-0.03503	0.00482	<.0001
SK NACE S	0.00000	.	.	0.00000	.	.
Year 2008	0.01019	0.00253	<.0001	0.00299	0.00179	0.0943
Year 2009	0.00628	0.00260	0.0160	0.00277	0.00184	0.1316
Year 2010	0.00711	0.00268	0.0081	-0.00704	0.00189	0.0002
Year 2011	0.00239	0.00259	0.3577	0.00542	0.00183	0.0031
Year 2012	-0.00771	0.00260	0.0031	-0.00478	0.00183	0.0093
Year 2013	-0.00393	0.00267	0.1408	0.01070	0.00188	<.0001
Year 2014	0.02384	0.00265	<.0001	-0.00050	0.00187	0.7912
Year 2015	0.00053	0.00265	0.8427	-0.00377	0.00187	0.0442
Year 2016	-0.00462	0.00263	0.0790	-0.00437	0.00186	0.0186
Year 2017	0.00432	0.00261	0.0980	-0.00115	0.00184	0.5315
Year 2018	0.00000	.	.	0.00000	.	.
NUTS3 BA	-0.01806	0.00201	<.0001	-0.01379	0.00142	<.0001
NUTS3 BB	0.00110	0.00248	0.6560	0.00174	0.00175	0.3195
NUTS3 KE	-0.00210	0.00241	0.3840	0.00075	0.00170	0.6605
NUTS3 NR	0.00412	0.00238	0.0843	0.00444	0.00168	0.0082
NUTS3 PO	0.00856	0.00242	0.0004	0.00710	0.00171	<.0001
NUTS3 TN	-0.00245	0.00240	0.3085	0.00056	0.00170	0.7397
NUTS3 TT	-0.00334	0.00246	0.1739	-0.00196	0.00173	0.2576
NUTS3 ZA	0.00000	.	.	0.00000	.	.

Zdroj: vlastné spracovanie v SAS EG na základe databáz Demografia podnikov 2008-2018

Obr. 1: Bodové a intervalové (95 %) odhady marginálnych stredných hodnôt podielu zamestnanosti vo vzniknutých podnikoch (hore) a v zaniknutých podnikoch (dole) pre sekcie ekonomických činností (SK NACE)

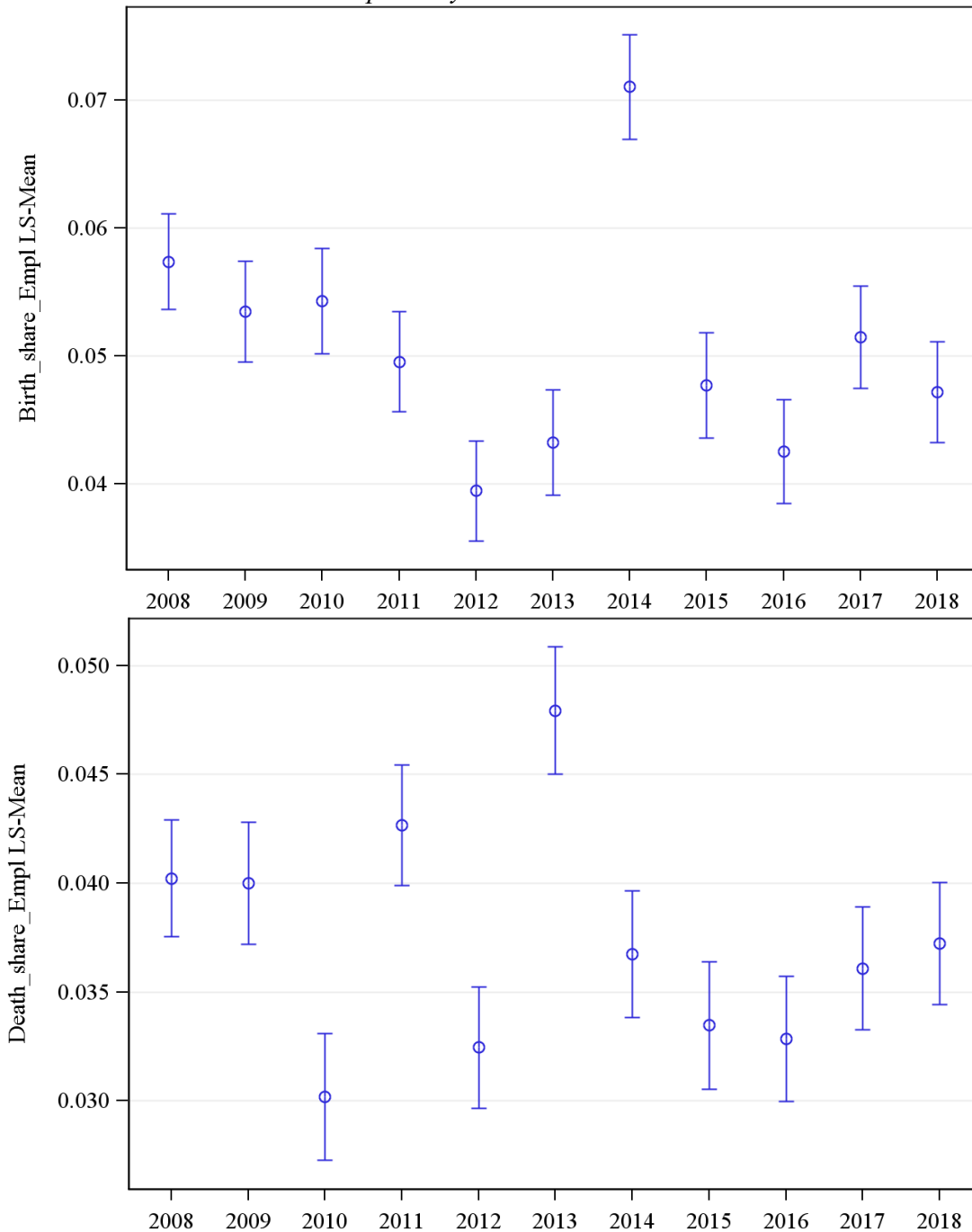


Zdroj: vlastné spracovanie v SAS EG na základe databáz Demografia podnikov 2008-2018

Relatívne malé zmeny v zamestnanosti v dôsledky vzniku a zániku podnikov sme zistili v sekciách B – ťažba a dobývanie, D – dodávka elektriny, plynu, pary a studeného vzduchu, E – dodávky vody, čistenie a odvod odpadových vôd, odpady a odstraňovanie odpadov, Q – zdravotníctvo a sociálna pomoc a P – vzdelávanie, medzi ktorými nebol významný rozdiel ani z pohľadu podielu zamestnanosti vo vzniknutých podnikoch a ani z pohľadu podielu zamestnanosti v zaniknutých podnikoch. S vysokou pravdepodobnosťou stredná hodnota PZvoVP v týchto sekciách nepresiahla 2,5% a stredná hodnota PZvZP nepresiahla 2 %

(v prípade sekcie B je to špecifické vzhľadom na široký intervalový odhad spôsobený malým počtom pozorovaní).

Obr. 2: Bodové a intervalové (95 %) odhady marginálnych stredných hodnôt podielu zamestnanosti vo vzniknutých podnikoch (hore) a v zaniknutých podnikoch (dole) pre roky 2008 až 2018

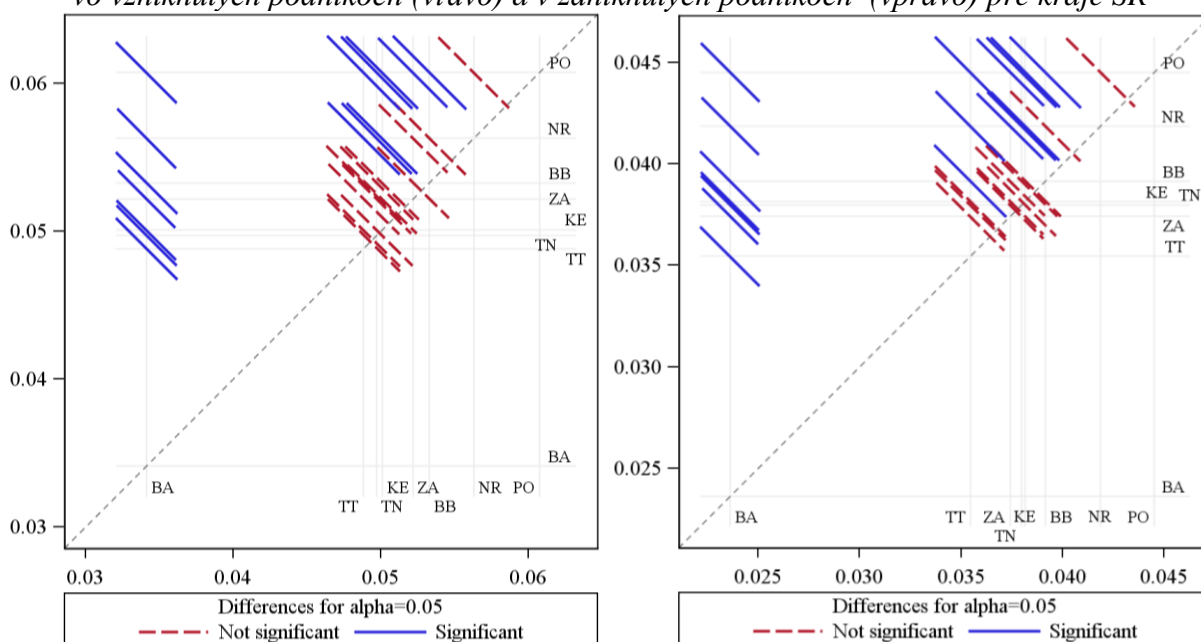


Zdroj: vlastné spracovanie v SAS EG na základe databáz Demografia podnikov 2008-2018

Regresné koeficienty pre faktor Year (tab. 3) a odhady marginálnych stredných hodnôt (obr. 2) potvrdzujú zistenia z tab. 1 a 2. Najmenšia stredná hodnota podielu zamestnanosti vo vzniknutých podnikoch bola v roku 2012 (3,95 %; 3,55 % - 4,34 %), v ktorom bola o 3,15 p. b. menšia (-0,0077 - 0,0238) ako v roku 2014 (7,10 %; 6,69 % - 7,51 %), ktorý bol z hľadiska

vzniku pracovných miest v novovzniknutých podnikoch najpriaznivejším rokom. V roku 2014 bol PZvoVP signifikantne vyšší ako vo všetkých ostatných rokoch a dokonca o takmer 1,5 p. b. vyšší ako v roku 2008, kedy sme zaznamenali druhý najväčší PZvoVP. Na druhej strane, najväčší podiel zamestnanosti v zaniknutých podnikoch bol v roku 2013 (4,79 %; 4,50 % - 5,09 %), v ktorom bol PZvZP o 1,77 p. b. väčší (0,0107 + 0,0070) ako v roku 2010 (3,02 %; 2,72 % - 3,31 %), ktorý bol zasa najpriaznivejším rokom z hľadiska zániku pracovných miest v zaniknutých podnikoch. V roku 2013 zánik podnikov spôsobil signifikantne vyšší zánik pracovných miest ako v ostatných rokoch. Zánik podnikov spôsobil relatívne najmenšiu zmenu v zamestnanosti v aktívnych podnikoch už v spomínanom roku 2010, v ktorom však marginálna stredná hodnota PZvZP nebola signifikantne odlišná od rokov 2012 ($p = 0,2279$), 2015 ($p = 0,0900$) a 2016 ($p = 0,1635$).

Obr. 3: Diffogram marginálnych stredných hodnôt podielu zamestnanosti vo vzniknutých podnikoch (vľavo) a v zaniknutých podnikoch (vpravo) pre kraje SR



Zdroj: vlastné spracovanie v SAS EG na základe databáz Demografia podnikov 2008-2018

Kým v prípade rokov (faktor Year) medzi odhadmi marginálnych stredných hodnôt ukazovateľa PZvoVP a ukazovateľa PZvZP nebola signifikantná lineárna závislosť ($p = 0,9697$) a skôr môžeme uvažovať o časovo posunutej závislosti, tak v prípade krajov (obr. 3) pozorujeme veľmi silnú priamu lineárnu závislosť ($r = 0,9886$, $p < 0,0001$), podobne ako v prípade sekcií ekonomických činností ($r = 0,9360$, $p < 0,0001$).

Tak ako v prípade grafov na obr. 1 a 2, aj v prípade diffogramov na obr. 3, je potrebné mať na zreteli mierku osi y, na základe ktorej zistíme, že vo všetkých krajoch SR bol v sledovanom období podiel zamestnanosti vo vzniknutých podnikoch približne o 1,5 p. b. väčší ako podiel zamestnanosti v zaniknutých podnikoch. Obidve sledované miery (PZvoVP a PZvZP) mali pri fixovaní faktorov Year a SK NACE najväčšiu strednú hodnotu v Prešovskom kraji (PZvoVP: 6,07 %; 5,68 % - 6,47 %; PZvZP: 4,45 %; 4,17 % - 4,73 %). V Prešovskom kraji však boli obidve miery nesignifikantne odlišné ($p = 0,0732$, resp. $p = 0,1290$) od Nitrianskeho kraja (PZvoVP: 5,63 %; 5,25 % - 6,01 %; PZvZP: 4,18 %; 3,91 % - 4,46 %), čo je znázornené aj v diffograme na obr. 3 a zároveň boli preukázateľne vyššie ako v ostatných krajoch. V uvedených dvoch krajoch (Prešovský a Nitriansky) mal vznik a zánik podnikov najväčší vplyv na zmenu zamestnanosti v aktívnych podnikoch. Potom nasledujú

Banskobystrický, Žilinský, Košický, Trenčiansky a Trnavský kraj. Medzi dvojicami týchto 5 krajov nie je signifikantný rozdiel ani z pohľadu PZvoVP a ani z pohľadu PZvZP. Na overenie zhody marginálnych stredných hodnôt PZvoVP a PZvZP vo všetkých 5 krajoch sme použili príkaz CONTRAST s takouto syntaxou:

```
CONTRAST 'BB=ZA=KE=TN=TT'
NUTS3 0 1 0 0 0 0 0 -1,
NUTS3 0 0.5 -1 0 0 0 0 0.5,
NUTS3 0 0.3333 0.3333 0 0 -1 0 0.3333,
NUTS3 0 0.25 0.25 0 0 0.25 -1 0.25;
```

Tento príkaz aplikovaný v rámci PROC GLM osobitne pre model PZvoVP a osobitne pre model PZvZP generoval výsledky v tab. 5.

Tab. 5: Test zhody marginálnych stredných hodnôt podielu zamestnanosti vo vzniknutých podnikoch a v zaniknutých podnikoch pre kraje BB, ZA, KE, TN a TT

Contrast	DF	PZvoVP			PZvZP		
		Contrast SS	F Value	Pr > F	Contrast SS	F Value	Pr > F
BB=ZA=KE=TN=TT	4	25.738	1.05	0.3793	13.776	1.13	0.3390

Zdroj: vlastné spracovanie v SAS EG na základe databáz Demografia podnikov 2008-2018

V Banskobystrickom, Žilinskom, Košickom, Trenčianskom a Trnavskom kraji nemôžeme predpokladať rozdielnu marginálnu strednú hodnotu podielu zamestnanosti vo vzniknutých podnikoch ($p = 0,3793$) a ani podielu zamestnanosti v zaniknutých podnikoch ($p = 0,3390$). Z uvedeného dôvodu sme predmetné miery odhadli naprieč uvedenými 5 kraji (tab. 6), a to použitím príkazu ESTIMATE:

```
ESTIMATE 'BB-ZA-KE-TN-TT'
intercept 5 NUTS3 0 1 1 0 0 1 1 1 / DIVISOR=5;
```

Tab. 6: Odhad marginálnej strednej hodnoty podielu zamestnanosti vo vzniknutých podnikoch a v zaniknutých podnikoch naprieč kraji BB, ZA, KE, TN a TT

Parameter	PZvoVP		PZvZP	
	Estimate	Standard Error	Estimate	Standard Error
BB-ZA-KE-TN-TT	0.0508	0.001165	0.0376	0.000847

Zdroj: vlastné spracovanie v SAS EG na základe databáz Demografia podnikov 2008-2018

Z bodových odhadov a štandardných chýb uvedených v tab. 6 sme získali intervalové odhady. Naprieč Banskobystrickým, Žilinským, Košickým, Trenčianskym a Trnavským krajom so spoľahlivosťou 0,95 odhadujeme strednú hodnotu PZvoVP z intervalu 4,85 % - 5,31 % a strednú hodnotu PZvZP z intervalu 3,59 % - 3,93 %.

Ak sa ešte raz pozrieme na obr. 3, vidíme, že štatisticky významne najnižšiu marginálnu strednú hodnotu podielu zamestnanosti vo vzniknutých podnikoch a podielu zamestnanosti v zaniknutých podnikoch mal Bratislavský kraj, a to 3,41 % (3,16 % - 3,67 %), resp. 2,36 % (2,18 % - 2,54 %).

4 Záver

Na základe všeobecných lineárnych modelov sme odhalili, že z 3 vysvetľujúcich premenných: rok, sekcia ekonomickej činnosti a kraj, viac ako 50 % variability podielu zamestnanosti vo vzniknutých podnikoch (PZvoVP) a aj podielu zamestnanosti v zaniknutých podnikoch (PZvZP) spôsobuje sekcia ekonomickej činnosti, pričom všetky 3 premenné vysvetľujú takmer 2/3 variability PZvoVP a PZvZP.

Zistili sme, že v sledovanom období 2008 až 2018 vznik a zánik podnikov spôsobil najväčšie relatívne zmeny v zamestnanosti v sekciách S – ostatné činnosti, F – stavebníctvo, M – odborné, vedecké a technické činnosti a L – činnosti v oblasti nehnuteľností, kde pri fixovaní ostatných 2 faktorov boli obidva podiely – PZvoVP a PZvZP vysoké, pričom najväčšia stredná hodnota PZvoVP bola v sekcii S – ostatné činnosti (9,02 % - 10,74 %) a najväčšia stredná hodnota PZvZP bola v sekcii F – stavebníctvo (6,92 % - 7,44 %). Relatívne malé zmeny v zamestnanosti v dôsledky vzniku a zániku podnikov sme zistili v sekciách B – ťažba a dobývanie, D – dodávka elektriny, plynu, pary a studeného vzduchu, E – dodávky vody, čistenie a odvod odpadových vôd, odpady a odstraňovanie odpadov, Q – zdravotníctvo a sociálna pomoc a P – vzdelávanie, medzi ktorými nebol signifikantný rozdiel ani z pohľadu PZvoVP a ani z pohľadu PZvZP.

Najmenšiu strednú hodnotu PZvoVP za podmienky *ceteris paribus* sme kvantifikovali v roku 2012 (3,55 % - 4,34 %), v ktorom bola o 3,15 p. b. menšia ako v roku 2014, ktorý bol z hľadiska vzniku pracovných miest v novovzniknutých podnikoch najpriaznivejším rokom. Najväčšia stredná hodnota PZvZP bola v roku 2013 (4,50 % - 5,09 %), v ktorom bola o 1,77 p. b. väčšia ako v roku 2010, ktorý bol zasa najpriaznivejší z hľadiska zániku pracovných miest v zaniknutých podnikoch.

Medzi odhadmi marginálnych stredných hodnôt ukazovateľa PZvoVP a PZvZP pre faktor rok nebola signifikantná lineárna závislosť (skôr usudzujeme časovo posunutú závislosť, ktorá však nebola predmetom nášho výskumu), avšak pre faktor SK NACE a faktor NUTS3 (kraje) bola táto závislosť preukázateľne veľmi silná a priama.

Obidve sledované miery (PZvoVP a PZvZP) mali pri fixovaní faktorov rok a SK NACE najväčšiu strednú hodnotu v Prešovskom kraji (PZvoVP: 5,68 % - 6,47 %; PZvZP: 4,17 % - 4,73 %), za ktorým nasledoval Nitriansky kraj. Signifikantne najnižšiu marginálnu strednú hodnotu PZvoVP a PZvZP sme odhalili v Bratislavskom kraji, a to 3,16 % - 3,67 %, resp. 2,18 % - 2,54 %. Kontrastnou analýzou sme zistili, že medzi ostatnými 5 kraji v sledovanom období nebol preukázateľný rozdiel ani v prípade jednej miery, a preto sme vypočítali odhady aj naprieč týmito 5 kraji.

Podľa Šoltésa a Blahušiakovej (2021) je nízka miera vzniku podnikov a nízka miera zániku podnikov ako aj nízke asociované miery týkajúce sa zamestnanosti (PZvoVP a PZvZP) typické pre ekonomicky silné krajiny, v ktorých je väčšina podnikov dobre etablovaná a podnikateľské prostredie je stabilné. Podľa OECD (2021) má Slovensko jednu z najväčších mier vzniku podnikov a podľa Šoltésa a Blahušiakovej (2021) týka sa to aj miery zániku podnikov a PZvoVP a PZvZP. Z analýz prezentovaných v tomto článku vidíme analógiu aj na regionálnej úrovni v rámci SR.

Príspevok bol spracovaný v rámci riešenia grantovej úlohy VEGA 1/0561/21: *Vplyv krízy COVID-19 na demografiu podnikov a zamestnanosť v SR.*

Literatúra

1. Darlington, R. B., & Hayes, A. F. (2016). *Regression analysis and linear models: concepts, applications, and implementation*. Guilford Publications.
2. Eurostat (2021). *Key figures on European business – Statistics illustrated*. Luxemburg: Publications Office of the European Union.
3. Eurostat (2022a). *Business demography*. Retrieved July 13, 2022, from <https://ec.europa.eu/eurostat/web/structural-business-statistics/business-demography>
4. Eurostat (2022b). *NACE Rev. 2 - Statistical classification of economic activities*. Retrieved July 13, 2022, from <https://ec.europa.eu/eurostat/web/nace-rev2/overview>
5. Európsky parlament (2022). *Spoločná nomenklatúra územných jednotiek pre štatistické účely (NUTS)*. Retrieved July 13, 2022, from <https://www.europarl.europa.eu/factsheets/sk/sheet/99/spolocna-nomenklatura-uzemnych-jednotiek-pre-statisticke-ucely-nuts->
6. Haans, A. (2018). Contrast analysis: A tutorial. *Practical Assessment, Research, and Evaluation*, 23(1), 9. doi: [10.7275/7dey-zd62](https://doi.org/10.7275/7dey-zd62).
7. Littell, R. C., Stroup, W. W., & Freund, R. J. (2010). *SAS for linear models*. 4th ed. Cary, NC: SAS Institute Inc.
8. OECD (2021). *SME Entrepreneurship Policy in Slovak Republic, OECD Studies on SMEs and Entrepreneurship*. Paris: OECD Publishing.
9. Searle, S. R., & Gruber, M. H. J. (2017). *Linear models*. 2nd ed. John Wiley & Sons.
10. Šoltés, E. & Blahušiaková, M. (2021). Demografia podnikov a jej vplyv na zamestnanosť v krajinách V4 a v Rakúsku v rokoch 2008 až 2018. In *Vplyv krízy COVID-19 na demografiu podnikov a zamestnanosť v SR a EÚ: zborník vedeckých statí k projektu VEGA 1/0561/21*. Bratislava: Vydavateľstvo Ekonóm, 81-97.
11. Wang, B., Wu, P., Kwan, B., Tu, M. X., & Feng, Ch. (2018). Simpson's paradox: examples. *Shanghai Archives of Psychiatry*, 30(2), 139. doi: [10.11919/j.issn.1002-0829.218026](https://doi.org/10.11919/j.issn.1002-0829.218026).
12. Westfall, P. H., & Tobias, R. D. (2007). Multiple testing of general contrasts: Truncated closure and the extended Shaffer–Royen method. *Journal of the American Statistical Association*, 102(478), 487-494. doi: [10.1198/016214506000001338](https://doi.org/10.1198/016214506000001338).



Využitie stochastických modelov v analýze úmrtnosti populácie na Slovensku vo vzťahu k životnému poisteniu

Using stochastic models in the mortality analysis population in Slovakia in relation to the life insurance

Tatiana Šoltésová¹, Jana Kútiková²

Abstrakt

Sledovanie úmrtnosti je dôležitou súčasťou udržiavania stability životných poisťovní, keďže je predpokladom rôznych poisťno-matematických výpočtov. Cieľom článku je analyzovať vývoj úmrtnosti populácie Slovenska od vzniku samostatnej Slovenskej republiky (1993) až po súčasnosť (2020) použitím dvoch stochastických modelov - Lee-Carterovho modelu a Cairns-Blake-Dowdovho modelu a poukázať na ich použiteľnosť pre rôzne vekové skupiny poistného kmeňa. V článku porovnávame projekčné vlastnosti jednotlivých modelov úmrtnosti pre údaje zo Slovenska vo vekovom intervale od 0 do 100 rokov v závislosti od typu modelu. Vychádzame z údajov o úmrtnosti obyvateľstva Slovenska získaných z databázy Štatistického úradu Slovenskej republiky.

Kľúčové slová

Úmrtnosť, Lee-Carterov model, Cairns-Blake-Dowdov model, životné poistenie, SAS Enterprise Guide

Abstract

Monitoring mortality is an important part of maintaining the stability of life insurance companies, as it is an assumption for various actuarial calculations.

The aim of the article is to analyse the development of mortality of the population of Slovakia from the establishment of the independent Slovak Republic (1993) until present (2020) using two stochastic models - Lee-Carter model and Cairns-Blake-Dowd model and to point out their applicability for different age groups of the insurance portfolio.

In the article, we compare the projection properties of individual mortality models for data from Slovakia in the age interval from 0 to 100 years, depending on the type of model. We are based on data on the mortality rate of the Slovak population obtained from the database of the Statistical Office of the Slovak Republic.

Key words

Mortality, Lee-Carter model, Cairns-Blake-Dowd model, life insurance, SAS Enterprise Guide

JEL classification

C10, J11

¹ doc. Mgr. Tatiana Šoltésová, PhD., Ekonomická univerzita v Bratislave, Fakulta hospodárskej informatiky, Katedra matematiky a aktuárstva, Dolnozemska cesta 1/b, 852 35 Bratislava 5, Slovenská republika, tatiana.soltesova@euba.sk.

² Ing. Jana Kútiková, PhD., Ekonomická univerzita v Bratislave, Fakulta hospodárskej informatiky, Katedra štatistiky, Dolnozemska cesta 1/b, 852 35 Bratislava 5, Slovenská republika, jana.kutikova@euba.sk.

1 Úvod

Úmrtie patrí ku kľúčovým poistným rizikám pre oblasť životného poistenia. Smrť považujeme za náhodný jav, pretože nevieme presne určiť kedy nastane. Práve kvôli tomu je častým predmetom poistenia, ktoré v prípade nastatia poistnej udalosti (úmrtia poisteného) poskytne pozostalým finančné prostriedky.

Faktorov ovplyvňujúcich úmrtnosť je mnoho. Medzi významné patrí životná úroveň, pohlavie, vierovyznanie, miera kriminality, nehodovosť, miera chorobnosti, vojny, držanie zbraní, samovraždy. Všeobecne ich môžeme rozdeliť do štyroch skupín:

- a) *genetické faktory*,
- b) *ekologické faktory* (životné prostredie a klimatické podmienky),
- c) *sociálno-ekonomické faktory* (životná úroveň, úroveň vzdelania, stravovacie návyky, fyzická aktivita, stav zdravotníctva, sociálne zabezpečenie, či ekonomická situácia krajiny.
- d) *pokrok v medicíne*.

Očakávania o úmrtnostnom správaní poistného kmeňa úzko súvisia s typom produktu životnej poisťovne. Dramatický pokles úmrtnosti predstavuje veľmi vážne finančné riziká pre životné poisťovne, pre ktoré je znalosť úmrtnostného správania obyvateľstva v závislosti od veku kľúčovým faktorom mnohých poistno-matematických výpočtov, ako je výpočet poistného a technických rezerv. Čím presnejšie je možné odhadnúť pravdepodobnosť úmrtia poistencov, tým nižšie je riziko nesprávneho ocenenia poistnej zmluvy (resp. nevhodného uloženia finančných prostriedkov). Poisťovne pri svojich výpočtoch zohľadňujú dlhodobé pozorovania, ktorých základom sú úmrtnostné tabuľky. Tieto úmrtnostné tabuľky si poisťovňa vytvára na základe informácií o vývoji úmrtnosti vo vlastnom portfóliu poistných zmlúv, alebo tiež môže použiť údaje o úmrtnostnom správaní populácie v danej krajine, ktoré sú dostupné na Štatistickom úrade príslušnej krajiny. Informácie o úmrtnostných tabuľkách môžeme nájsť napríklad v publikáciách Sekerovej a Bilíkovej (2007), Špirkovej a Urbaníkovej (2012) a Šoltésovej (2019).

2 Stochastické modely ľudskej úmrtnosti

Stochastické modely sa kvôli zjednodušeniu zvyknú označovať M1, M2, atď. a sú zosumarizované v Tab. 1. Niektoré z týchto modelov si vyžadujú určité obmedzenia parametrov. Počet obmedzení parametrov požadovaný pre každý model je tiež uvedený v Tab. 1.

Tab. 1: Základné stochastické modely ľudskej úmrtnosti

M1: Lee-Carter model (1992)	
$\ln(m_{x,t}) = \beta_x^{(1)} + \beta_x^{(2)} \kappa_t^{(2)}$	(2 obmedzenia)
M2: Renshaw-Haberman model (2006)	
$\ln(m_{x,t}) = \beta_x^{(1)} + \beta_x^{(2)} \kappa_t^{(2)} + \beta_x^{(3)} \gamma_{t-x}^{(3)}$	(4 obmedzenia)
M3: Currie Age-Period-Cohort model APC (2006)	
$\ln(m_{x,t}) = \beta_x^{(1)} + n_\alpha^{-1} \kappa_t^{(2)} + n_\alpha^{-1} \gamma_{t-x}^{(3)}$	(3 obmedzenia)
M4: Currie, Durban, and Eilers model P-splines (2004)	
$\ln(m_{x,t}) = \sum_{i,j} \theta_{ij} B_{ij}(t, x)$	(bez obmedzení)

M5: Cairns-Blake-Dowd model CBD-1 (2006)	
$logit(q_{x,t}) = \kappa_t^{(1)} + \kappa_t^{(2)}(x - \bar{x})$	(bez obmedzení)
M6: Cairns et al. model (2009)	
$logit(q_{x,t}) = \kappa_t^{(1)} + \kappa_t^{(2)}(x - \bar{x}) + \gamma_{t-x}^{(3)}$	(2 obmedzenia)
M7: Cairns et al. model CBD-2 (2007)	
$logit(q_{x,t}) = \kappa_t^{(1)} + \kappa_t^{(2)}(x - \bar{x}) + \kappa_t^{(3)}((x - \bar{x})^2 - \hat{\sigma}_x^2) + \gamma_{t-x}^{(4)}$	(3 obmedzenia)
M8: Cairns et al. model CBD-3 (2007)	
$logit(q_{x,t}) = \kappa_t^{(1)} + \kappa_t^{(2)}(x - \bar{x}) + \gamma_{t-x}^{(3)}(x_c - x)$	(1 obmedzenie)

Zdroj: vlastné spracovanie

V stochastických modeloch budeme používať nasledujúce označenia parametrov:

- β_x odráža efekt úmrtnosti spojený s vekom. Vekové efekty sa týkajú zmien v životných skúsenostiach v dôsledku chronologického veku.
- κ_t reprezentuje efekt periódy. Je výsledkom vonkajších faktorov, ktoré v určitom kalendárnom čase rovnako ovplyvňujú všetky vekové skupiny. Môže vzniknúť z radu environmentálnych, sociálnych a ekonomických faktorov, napr. vojna, hladomor, hospodárska kríza. Tento parameter je závislý od času.
- γ_c odzrkadľuje efekt týkajúci sa kohorty, pričom $c = t - x$ označuje rok narodenia. Kohorta predstavuje skupinu osôb, u ktorej došlo v rovnakom čase k nejakej významnej demografickej udalosti. Medzi efekty kohorty patria spoločenské a historické zmeny ovplyvňujúce konkrétnu skupinu so zdieľanou udalosťou (napr. sobáš alebo vojna).

Modely M1 až M3 môžeme označiť ako modely patriace do rodiny zovšeobecnených modelov Lee-Carter a modely M5 – M8 patria k členom rodiny zovšeobecnených modelov CBD-Perks. Všetky modely M1 – M3 a M5 – M8 zdieľajú rovnaký základný predpoklad, že vekové, periodové a kohortné efekty sú svojou povahou kvalitatívne odlišné, a preto je potrebné ich modelovať rôznymi spôsobmi. Naproti tomu modely P-splines, M4, predpokladajú, že v podkladových povrchoch úmrtnosti je hladkosť tak v periodových, ako aj vo vekových a kohortných efektoch. Modely M5 – M8 sa líšia od modelov M1 – M3 tým, že predpokladajú funkčný vzťah (a teda hladkosť) medzi mierami úmrtnosti v susedných vekových skupinách v rovnakom roku.

Od všetkých stochastických modelov sa požaduje, aby parametre závislé od času boli vzhľadom k predĺženiu modelovaného obdobia úplne robustné. To znamená, že keď budú k dispozícii údaje o úmrtnosti za ďalší rok, tak sa podľa nich aktualizuje stochastický model, ale časovo závislé parametre v predchádzajúcich rokoch to neovplyvní. Táto vlastnosť, ktorú nazývame invariantnosť voči novým údajom, je zásadne dôležitá, pretože sledovanie vývoja týchto parametrov by nebolo možné, ak by sa menili ich historické hodnoty.

3 Lee-Carterov model úmrtnosti

Jedným z prvých a zároveň najznámejších je Lee-Carterov model (LC model). Tento model spočíva v kombinácii demografického modelu úmrtnosti s metódami prognózovania časových radov. Model je vhodný na modelovanie celého vekového intervalu, pričom nemá problém sa prispôbiť anomáliám miery úmrtnosti, akými sú napríklad dojčenská úmrtnosť

a havarijný hrb. LC model obsahuje tri parametre, z ktorých dva závisia od veku a jeden sa vyvíja v závislosti od času. Lee a Carter (1992) predpokladali, že logaritmy centrálnych mier úmrtnosti vyhovujú vzťahu

$$\ln(m_{x,t}) = \beta_x^{(1)} + \beta_x^{(2)}\kappa_t^{(2)} + \varepsilon_{x,t} \quad (1)$$

Parameter $\beta_x^{(1)}$ opisuje všeobecný tvar logaritmu centrálnej miery úmrtnosti v závislosti od veku. Tento parameter nie je závislý od času a predstavuje priemernú úmrtnosť ľudí v konkrétnom veku x . Jediný prvok závislý od času je parameter $\kappa_t^{(2)}$, ktorý charakterizuje fluktuáciu úrovne úmrtnosti v závislosti od času. Ak poklesne, znamená to, že úmrtnosť sa zlepšila a naopak, ak vzrastie, svedčí to o zhoršujúcej sa úrovni úmrtnosti.

Parameter $\beta_x^{(2)}$ určuje, ako táto zmena úrovne úmrtnosti ovplyvní centrálnu mieru úmrtnosti $m_{x,t}$ v konkrétnom veku x . Ak je vysoká v porovnaní s určitým vekom, znamená to, že úmrtnosť sa v tomto veku zlepšuje rýchlejšie ako v iných vekových skupinách. Naopak, ak by bol tento parameter negatívny, znamenalo by to, že úmrtnosť sa v týchto vekoch zhoršuje. Člen $\varepsilon_{x,t}$ odráža náhodnú zložku spôsobenú historickými vplyvmi, ktoré model nezachytil. Na odhad parametrov modelu sme použili metódu Habermana a Russolillo, ktorá vychádza z metódy najmenších štvorcov za použitia singulárneho rozkladu matice (Haberman a Russolillo, 2005).

3.1 Aplikácia Lee-Carterovho modelu úmrtnosti na populáciu Slovenska

Predmetom modelovania sú vekovo špecifické miery úmrtnosti zvlášť mužov a žien, a tiež spoločné miery úmrtnosti v rozpätí od 0 do 100 rokov vypočítané pomocou údajov o úmrtnosti získaných zo Štatistického úradu Slovenskej republiky. V Tab. 2 a 3 nájdeme výsledky odhadnutých parametrov Lee-Carterovho modelu pre populáciu Slovenskej republiky za časové obdobie od roku 1993 do 2020, pričom hodnoty parametrov závislých od veku sú uvedené v Tab. 3 a hodnoty parametra závislého od času sú uvedené v Tab. 2.

Tab. 2: Odhad parametra $\kappa_t^{(2)}$ LC modelu

Rok	$\kappa_t^{(2)}$	Rok	$\kappa_t^{(2)}$
1993	16,646	2007	4,861
1994	20,793	2008	0,980
1995	22,138	2009	-2,016
1996	17,481	2010	-3,314
1997	17,542	2011	-9,337
1998	18,241	2012	-10,787
1999	14,966	2013	-14,556
2000	13,875	2014	-19,430
2001	13,340	2015	-16,407
2002	10,333	2016	-22,859
2003	10,052	2017	-21,953
2004	6,819	2018	-23,869
2005	8,292	2019	-29,535
2006	5,840	2020	-18,741

Zdroj: vlastné spracovanie

Tab. 3: Odhad parametrov $\beta_x^{(1)}$ a $\beta_x^{(2)}$ LC modelu

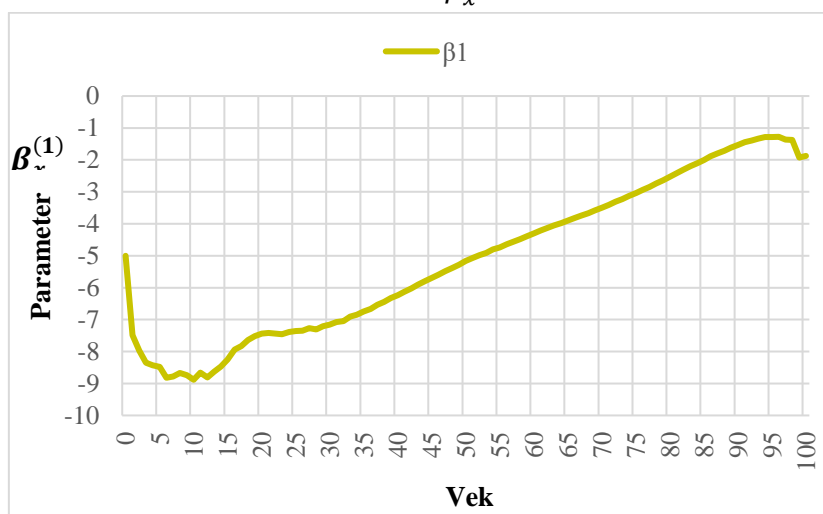
Vek	$\beta_x^{(1)}$	$\beta_x^{(2)}$	Vek	$\beta_x^{(1)}$	$\beta_x^{(2)}$	Vek	$\beta_x^{(1)}$	$\beta_x^{(2)}$	Vek	$\beta_x^{(1)}$	$\beta_x^{(2)}$	Vek	$\beta_x^{(1)}$	$\beta_x^{(2)}$
0	-5,006	0,015	20	-7,435	0,007	40	-6,234	0,015	60	-4,302	0,009	80	-2,526	0,009
1	-7,491	0,011	21	-7,420	0,011	41	-6,125	0,014	61	-4,214	0,008	81	-2,415	0,007
2	-7,972	0,016	22	-7,442	0,010	42	-6,020	0,014	62	-4,131	0,009	82	-2,307	0,007
3	-8,346	0,024	23	-7,458	0,011	43	-5,902	0,014	63	-4,049	0,008	83	-2,191	0,007
4	-8,427	0,016	24	-7,386	0,009	44	-5,789	0,014	64	-3,980	0,009	84	-2,101	0,006
5	-8,479	0,019	25	-7,357	0,011	45	-5,689	0,013	65	-3,904	0,010	85	-2,002	0,005
6	-8,824	0,026	26	-7,352	0,011	46	-5,591	0,013	66	-3,821	0,010	86	-1,887	0,005
7	-8,782	0,022	27	-7,268	0,010	47	-5,481	0,013	67	-3,742	0,010	87	-1,797	0,004
8	-8,667	0,014	28	-7,312	0,009	48	-5,378	0,013	68	-3,665	0,010	88	-1,714	0,004
9	-8,737	0,012	29	-7,210	0,010	49	-5,283	0,013	69	-3,579	0,010	89	-1,615	0,003
10	-8,883	0,020	30	-7,153	0,011	50	-5,164	0,011	70	-3,496	0,010	90	-1,536	0,002
11	-8,656	0,010	31	-7,077	0,009	51	-5,074	0,010	71	-3,404	0,010	91	-1,443	0,002
12	-8,809	0,015	32	-7,047	0,011	52	-4,978	0,011	72	-3,310	0,011	92	-1,391	0,001
13	-8,632	0,013	33	-6,909	0,011	53	-4,909	0,010	73	-3,229	0,011	93	-1,336	-0,001
14	-8,474	0,012	34	-6,848	0,011	54	-4,798	0,010	74	-3,129	0,011	94	-1,287	0,000
15	-8,248	0,012	35	-6,748	0,013	55	-4,737	0,010	75	-3,034	0,010	95	-1,281	0,001
16	-7,934	0,008	36	-6,662	0,010	56	-4,644	0,010	76	-2,942	0,010	96	-1,277	-0,001
17	-7,832	0,011	37	-6,538	0,010	57	-4,565	0,009	77	-2,849	0,009	97	-1,367	-0,003
18	-7,633	0,009	38	-6,446	0,014	58	-4,484	0,009	78	-2,741	0,009	98	-1,378	0,002
19	-7,521	0,008	39	-6,322	0,014	59	-4,388	0,009	79	-2,634	0,009	99	-1,929	-0,011

Zdroj: vlastné spracovanie

Z dôvodu veľkého množstva údajov znázorňujú obe tabuľky parametre modelu bez uvažovania pohlavia ako faktora, ktorý vplyva na úmrtnosť.

Pre lepšie pochopenie sú odhadované parametre LC modelu za obdobie od roku 1993 po 2020 znázornené na Obr. 1, 2 a 3. Všeobecný tvar krivky logaritmu centrálnej miery úmrtnosti reprezentovaný parametrom $\beta_x^{(1)}$ vykazuje podľa očakávaní vysokú dojčenskú úmrtnosť, havarijný hrb medzi 18 až 24 rokom života a takmer lineárny nárast u starších vekových skupín.

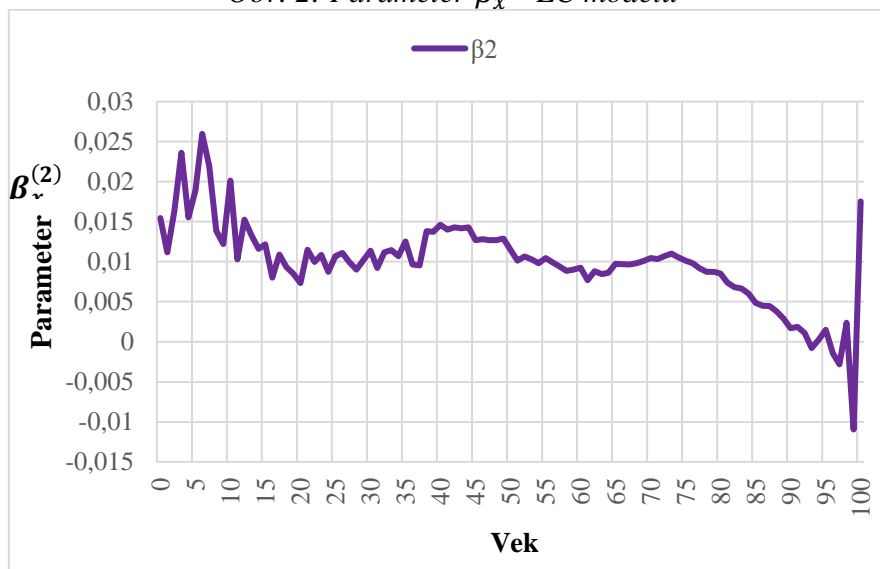
Obr. 1: Parameter $\beta_x^{(1)}$ LC modelu



Zdroj: vlastné spracovanie

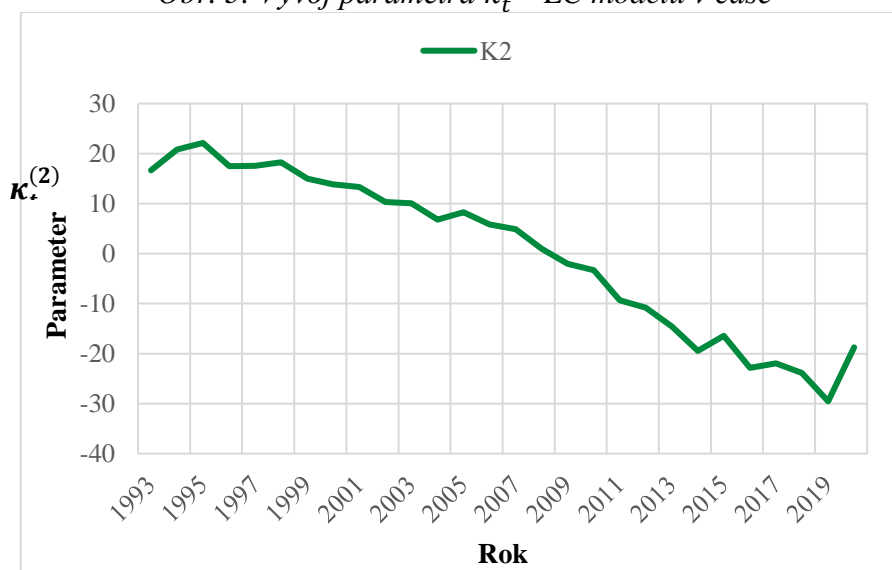
Parameter citlivosti úmrtnosti $\beta_x^{(2)}$ je kladný až do veku 92 rokov. To znamená, že do tohto veku sa úmrtnosť počas sledovaného obdobia zlepšovala. V porovnaní s inými vekmi sú hodnoty tohto parametra výrazne vyššie v rannom štádiu života okolo 5 až 15 roku života, čo naznačuje, že úmrtnosť na tomto vekovom intervale sa zlepšuje rýchlejšie ako v iných vekových skupinách. U ľudí nad 93 rokov je v niektorých prípadoch parameter $\beta_x^{(2)}$ záporný alebo veľmi blízky 0, čo znamená, že úmrtnosť sa pre tieto veky zhoršuje alebo zostáva približne rovnaká. Index úmrtnosti $\kappa_t^{(2)}$ naznačuje vývoj úmrtnosti v čase. Na Obr. 3 môžeme pozorovať, že parameter má klesajúci trend, čo naznačuje zlepšovanie (pokles) úmrtnosti v čase. V poslednom pandemickom roku došlo k pomerne prudkému nárastu parametra $\kappa_t^{(2)}$, čo je v súlade s aktuálnou úmrtnostnou situáciou.

Obr. 2: Parameter $\beta_x^{(2)}$ LC modelu



Zdroj: vlastné spracovanie

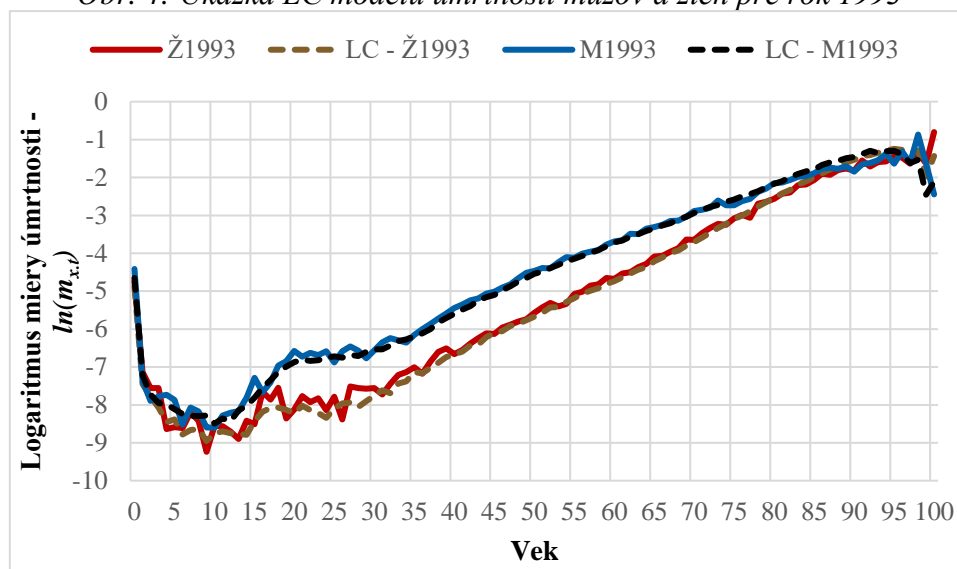
Obr. 3: Vývoj parametra $\kappa_t^{(2)}$ LC modelu v čase



Zdroj: vlastné spracovanie

Na Obr. 4 sme znázornili pozorované centrálné miery úmrtnosti mužov (M1993) a žien (Ž1993) podľa veku prevedené do logaritmického podoby na začiatku projekcie v roku 1993. Prerušovanými čiarami sú na grafe na obr. 4 vykreslené vekovo špecifické centrálné miery úmrtnosti odhadované pomocou LC modelu úmrtnosti.

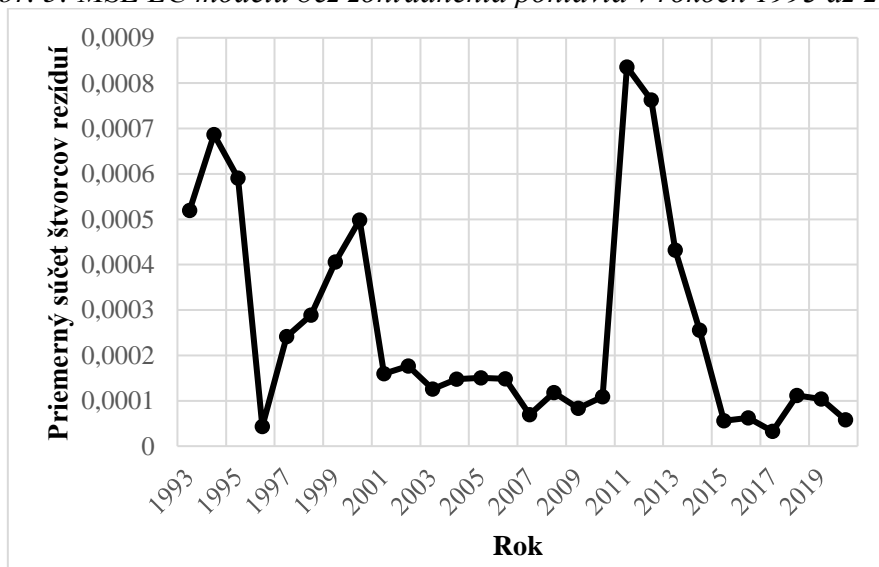
Obr. 4: Ukážka LC modelu úmrtnosti mužov a žien pre rok 1993



Zdroj: vlastné spracovanie

Zistili sme, že modelované miery úmrtnosti sú veľmi blízke pozorovaným (skutočným) mieram úmrtnosti, ktoré zahŕňajú nesystematickú volatilitu. Na Obr. 4 nie sú viditeľné žiadne výrazné podhodnotenia respektíve nadhodnotenia úmrtnosti. LC model nemal problém sa prispôbiť dojčenskej úmrtnosti ako aj úmrtnosti v oblasti havarijného hrbu pozorovateľného najmä u mužskej časti populácie.

Obr. 5: MSE LC modelu bez zohľadnenia pohlavia v rokoch 1993 až 2020



Zdroj: vlastné spracovanie

O kvalite LC modelu svedčí vývoj priemerného súčtu reziduí (MSE) zobrazeného na Obr. 5. Najspoľahlivejšie sa nám podarilo vyrovnáť krivku logaritmu skutočnej vekovo

špecifickej miery úmrtnosti pomocou LC modelu v rokoch 1996 a 2017. Naopak najvyššie hodnoty priemerného súčtu štvorcov rezíduí sú namerané v rokoch 1994 a 2004.

4 Cairns-Blake-Dowdov model úmrtnosti

Cairns, Blake a Dowd (2006) pozorovali na údajoch z Anglicka, Walesu a Spojených štátov, že efekt kohorty odhadovaných mier úmrtnosti má trend podľa roku narodenia, a preto predstavili stochastický model, ktorý obsahuje dva časovo závislé parametre. Model využíva relatívnu jednoduchosť (t. j. takmer lineárnosť logaritmu $q_{x,t}$) krivky miery úmrtnosti vo vyššom veku. Hlavná nevýhoda Cairns-Blake-Dowdov modelu (CBD modelu) spočíva v tom, že bol navrhnutý pre vyšší vek, a teda ignoruje potreby modelovania úmrtnosti v nižšom veku (napríklad havarijný hrb alebo dojčenskú úmrtnosť). V publikácii Cairns a kol. (2009) to autori argumentovali tým, že významné náklady spojené s úmrtnosťou sú v staršom veku, a preto sa ich modelovanie zameralo práve na vyšší vek. Model priamo využíva pravdepodobnosť úmrtia $q_{x,t}$ namiesto centrálnej miery úmrtnosti $m_{x,t}$ a môžeme ho vyjadriť v tvare logitovej, resp. logaritmickej funkcie takto

$$\text{logit}(q_{x,t}) = \ln\left(\frac{q_{x,t}}{1-q_{x,t}}\right) = \kappa_t^{(1)} + \kappa_t^{(2)}(x - \bar{x}) + \varepsilon_{x,t} \quad (2)$$

kde

x je vek ($x = x_1, x_2, \dots, x_p$),

t je rok ($t = t_1, t_2, \dots, t_q$),

$q_{x,t}$ je pravdepodobnosť úmrtia, ktorá predstavuje pravdepodobnosť, že jedinec vo veku x v čase t zomrie v priebehu jedného roku, a to v časovom intervale medzi (t) a ($t + 1$),

$\ln\left(\frac{q_{x,t}}{1-q_{x,t}}\right)$ reprezentuje logistickú transformáciu $q_{x,t}$, pričom $\frac{q_{x,t}}{1-q_{x,t}}$ vyjadruje šancu na úmrtie,

$\kappa_t^{(1)}$ a $\kappa_t^{(2)}$ sú dva stochastické parametre a predstavujú dva časové indexy modelu,

\bar{x} je priemerný modelovaný vek,

$\varepsilon_{x,t}$ odráža náhodnú zložku spôsobenú historickými vplyvmi, ktoré model nezachytil.

4.1 Aplikácia Cairns-Blake-Dowdovho modelu úmrtnosti na populáciu Slovenska

V prípade slovenskej populácie sme spozorovali, že *logit* krivka miery úmrtnosti začína mať lineárny trend vo veku od 30 rokov. Našu analýzu sme preto zamerali na vekový interval $\langle 30,100 \rangle$, z čoho vyplýva, že priemerný vek na tomto vekovom intervale je $\bar{x} = 65$. Už na základe zvoleného intervalu vieme povedať, že CBD model úmrtnosti nie je vhodný na modelovanie dojčenskej úmrtnosti a ani havarijného hrbu. Využitie môže nájsť napríklad pri modelovaní penzijných schém. CBD model obsahuje dva parametre, pričom obidva sú závislé od času. Parametre modelu sme odhadli pomocou metódy najmenších štvorcov.

Tab. 4 a 5 pozostávajú z odhadnutých parametrov CBD modelu pre populáciu Slovenskej republiky za časové obdobie 1993 – 2020. V oboch tabuľkách sú odhadnuté indexy úmrtnosti zvlášť pre mužov a ženy, ako aj po nezohľadnení pohlavia ako faktora vplývajúceho na úmrtnosť.

Z dôvodu lepšej prehľadnosti sú odhadované parametre CBD modelu za obdobie od roku 1993 po 2020 znázornené na grafoch na obr. 6 a 7. Úrovňová konštanta modelu $\kappa_t^{(1)}$ reprezentuje úroveň úmrtnosti v čase. Ako je znázornené na obr. 6, odhadovaný parameter $\kappa_t^{(1)}$ z roka na rok klesá, čo potvrdzuje myšlienku, že celková úroveň úmrtnosti sa v sledovanom období medzi rokmi 1993 a 2020 zlepšila. V roku 2000 vidíme na grafe na

obr. 6 vo vývoji parametra $\kappa_t^{(1)}$ ostrý skok, čo môže súvisieť aj s tým, že v tomto roku sa nám podľa grafu na obr. 9 najmenej podarilo priblížiť ku skutočným mieram úmrtnosti. V poslednom roku môžeme vidieť prudší nárast tohto parametra, čo je spojené s pretrvávajúcou pandémiou koronavírusu.

Tab. 4: Odhad parametra $\kappa_t^{(1)}$ CBD modelu

Rok	$\kappa_t^{(1)}$	$\kappa_t^{(1)}$ Muži	$\kappa_t^{(1)}$ Ženy	Rok	$\kappa_t^{(1)}$	$\kappa_t^{(1)}$ Muži	$\kappa_t^{(1)}$ Ženy
1993	-3,746	-3,476	-4,128	2007	-3,868	-3,587	-4,244
1994	-3,699	-3,429	-4,077	2008	-3,900	-3,618	-4,300
1995	-3,700	-3,422	-4,074	2009	-3,944	-3,669	-4,314
1996	-3,766	-3,522	-4,128	2010	-3,968	-3,688	-4,354
1997	-3,779	-3,522	-4,144	2011	-3,957	-3,691	-4,331
1998	-3,777	-3,514	-4,159	2012	-3,985	-3,717	-4,354
1999	-3,813	-3,538	-4,208	2013	-4,022	-3,766	-4,368
2000	-3,848	-3,577	-4,256	2014	-4,068	-3,791	-4,436
2001	-3,774	-3,495	-4,165	2015	-4,044	-3,768	-4,429
2002	-3,805	-3,515	-4,215	2016	-4,093	-3,862	-4,418
2003	-3,813	-3,533	-4,207	2017	-4,100	-3,846	-4,447
2004	-3,855	-3,578	-4,249	2018	-4,114	-3,858	-4,486
2005	-3,835	-3,565	-4,215	2019	-4,149	-3,907	-4,490
2006	-3,858	-3,564	-4,259	2020	-4,094	-3,838	-4,444

Zdroj: vlastné spracovanie

Tab. 5: Odhad parametra $\kappa_t^{(2)}$ CBD modelu

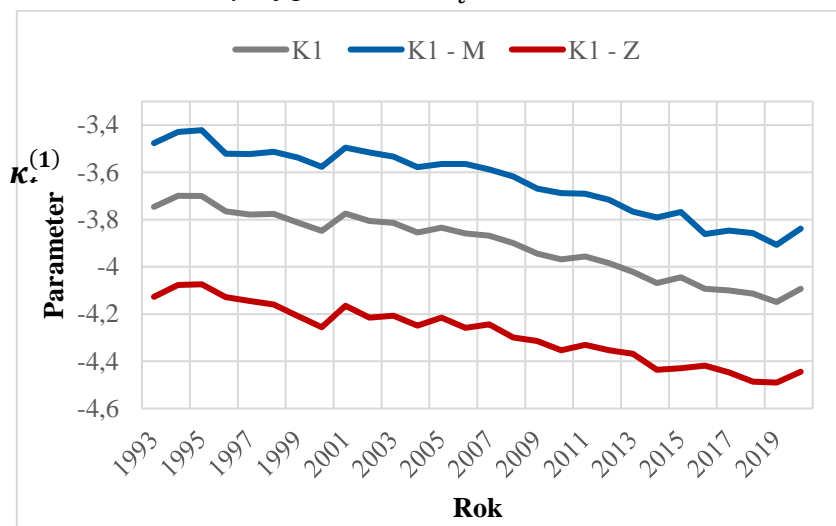
Rok	$\kappa_t^{(2)}$	$\kappa_t^{(2)}$ Muži	$\kappa_t^{(2)}$ Ženy	Rok	$\kappa_t^{(2)}$	$\kappa_t^{(2)}$ Muži	$\kappa_t^{(2)}$ Ženy
1993	0,0844	0,0766	0,0971	2007	0,0889	0,0823	0,1006
1994	0,0887	0,0810	0,1017	2008	0,0899	0,0821	0,1035
1995	0,0894	0,0828	0,1013	2009	0,0906	0,0839	0,1022
1996	0,0883	0,0789	0,1007	2010	0,0913	0,0847	0,1036
1997	0,0848	0,0764	0,0975	2011	0,0948	0,0876	0,1065
1998	0,0834	0,0747	0,0968	2012	0,0961	0,0893	0,1077
1999	0,0843	0,0761	0,0983	2013	0,0953	0,0889	0,1052
2000	0,0843	0,0750	0,0994	2014	0,0927	0,0874	0,1030
2001	0,0899	0,0820	0,1032	2015	0,0940	0,0875	0,1066
2002	0,0900	0,0823	0,1043	2016	0,0932	0,0862	0,1024
2003	0,0900	0,0821	0,1034	2017	0,0938	0,0876	0,1042
2004	0,0904	0,0826	0,1043	2018	0,0917	0,0843	0,1042
2005	0,0903	0,0822	0,1030	2019	0,0910	0,0841	0,1011
2006	0,0902	0,0835	0,1034	2020	0,0923	0,0861	0,1027

Zdroj: vlastné spracovanie

Na druhej strane však index úmrtnosti $\kappa_t^{(2)}$ má mierne rastúci trend. Nárast parametra je viditeľný viac u mužskej populácie, zatiaľ čo u ženskej populácie je tento parameter viac-menej stacionárny a môžeme ho považovať za stabilný počas celého analyzovaného obdobia.

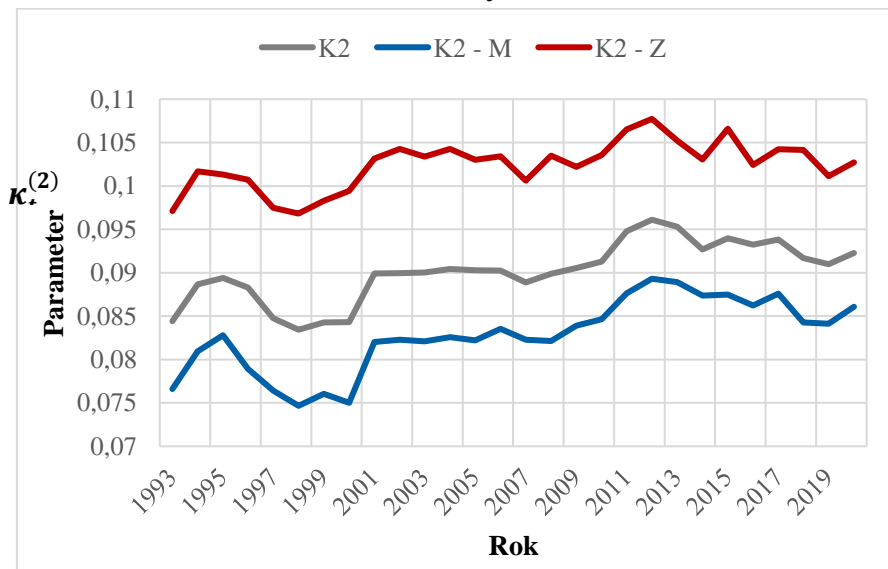
Zmena hodnôt parametra $\kappa_t^{(2)}$ spôsobuje zmenu v strmosti logisticky transformovanej krivky úmrtnosti, čo znamená, že v prípade mužskej populácie sa úmrtnosť v mladšom veku (do priemerného veku 65 rokov) zlepšovala rýchlejšie ako vo vyšších vekoch nad 65 rokov. Naopak, v prípade populácie žien sa úmrtnosť zlepšovala rovnomerne na celom vekovom intervale.

Obr. 6: Vývoj parametra $\kappa_t^{(1)}$ CBD modelu v čase



Zdroj: vlastné spracovanie

Obr. 7: Vývoj parametra $\kappa_t^{(2)}$ CBD modelu v čase

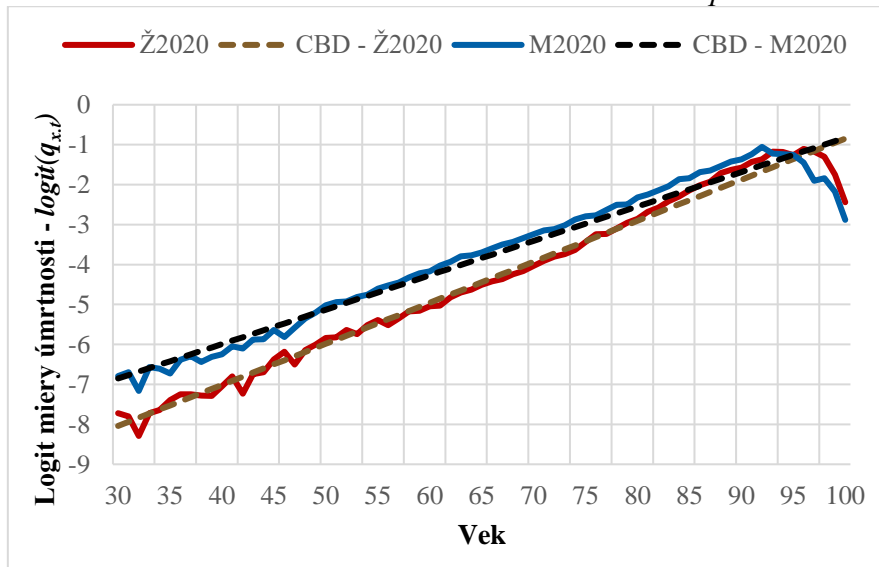


Zdroj: vlastné spracovanie

Odhadované hodnoty parametrov $\kappa_t^{(1)}$ a $\kappa_t^{(2)}$ z tab. 4 a 5 sme dosadili do rovnice CBD modelu, aby sme získali očakávané hodnoty $logit(q_{x,t})$. Očakávané hodnoty $logit(q_{x,t})$ slúžia na porovnanie so skutočnými pozorovanými hodnotami miery úmrtnosti v logistickom tvare a na posúdenie vhodnosti modelu. Na grafe na obr. 8 sme znázornili pozorované pravdepodobnosti úmrtia mužov (M2020) a žien (Ž2020) vo veku od 30 do 100 rokov prevedené do logistickej podoby pre rok 2020. Prerušovanými čiarami sú na obr. 8

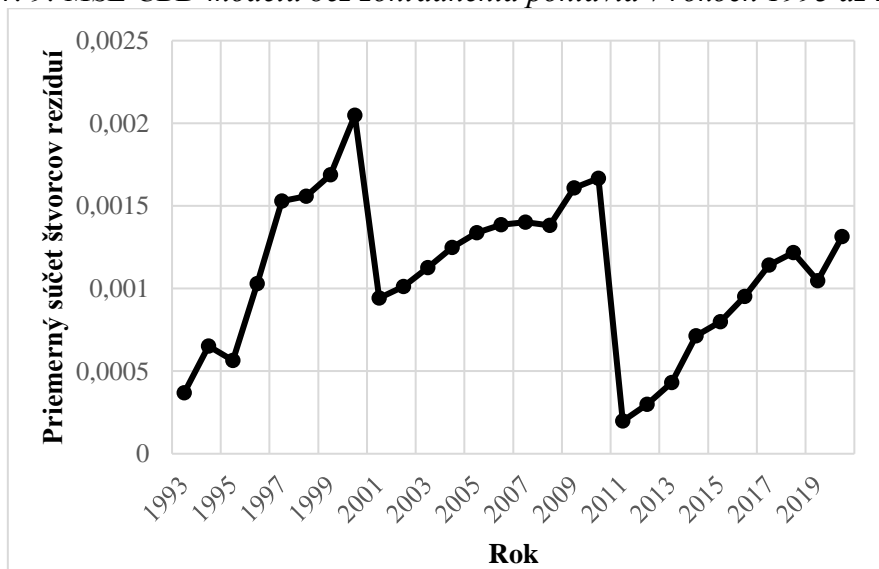
vykreslené hodnoty $\text{logit}(q_{x,t})$ odhadnuté pomocou CBD modelu. Vidíme, že očakávané a skutočné hodnoty sú veľmi podobné. Keďže miery úmrtnosti v logistickom tvare nie sú už lineárne v prípade ľudí starších ako 95 rokov, dochádza k tomu, že vyrovnané krivky sú menej strmé, a teda pri mužskej populácii je nadhodnotená úmrtnosť do 50 roku života a u oboch pohlaví dochádza k podhodnoteniu úmrtnosti od približne 80 roku života. Miera úmrtnosti je nadhodnotená aj u osôb starších ako 95 rokov.

Obr. 8: Ukážka CBD modelu úmrtnosti mužov a žien pre rok 2020



Zdroj: vlastné spracovanie

Obr. 9: MSE CBD modelu bez zohľadnenia pohlavia v rokoch 1993 až 2020



Zdroj: vlastné spracovanie

Na obr. 9 je zobrazený vývoj priemerného súčtu rezíduí MSE po vyrovnaní pomocou CBD modelu. Hodnoty MSE sú veľmi nízke, pričom závisia od lineárnosti logisticky transformovanej miery úmrtnosti vo vysokých vekoch. Je dôležité pripomenúť, že v nich nie je zohľadnený celý vekový interval, ale iba vek od 30 do 100 rokov.

Najmenej spoľahlivo sme vyrovnali krivku pravdepodobnosti úmrtia v logistickom tvare pomocou CBD modelu v rokoch 2000 a 2010. Na druhej strane, najnižšie hodnoty MSE sme dosiahli v rokoch 2011 a 2012.

5 Záver

Úmrtie patrí ku kľúčovým poistným rizikám pre oblasť životného poistenia, preto je súčasťou aktuárskej bázy, na základe ktorej poisťovňa realizuje rôzne poistno-matematické výpočty. Vo všeobecnosti platí, že úmrtnosť populácie neustále klesá, za čo vďaka zlepšujúcej sa životnej úrovni. Štatistiky úmrtnosti v predchádzajúcich dvoch rokoch výrazne ovplyvnila pandémia koronavírusu a úmrtia spôsobené ochorením Covid-19. Toto ochorenie má za následok 6,8 % úmrtí v minulom roku a spôsobilo rekordný nárast hrubej miery úmrtnosti. Miera dožčenskej úmrtnosti má naďalej klesajúci trend. Na populácii je viditeľná maskulinita úmrtnosti, no rozdiely v úmrtnosti medzi mužmi a ženami sa neustále znižujú.

Za výhodu stochastických modelov považujeme to, že zohľadňujú očakávané zlepšovanie úmrtnosti v čase. Lee-Carterov model nemal problém s odhadom dožčenskej úmrtnosti. Jeho hlavná nevýhoda spočíva v tom, že má iba jeden faktor, čo vedie k dokonalej korelácii vývoja úmrtnosti vo všetkých vekových skupinách. Lee-Carterov model neobsahuje kohortný efekt a v prípade krajín, kde bol tento efekt pozorovaný v minulosti, tento model nie je vhodný na modelovanie, pretože nezodpovedá historickým údajom. Cairns-Blake-Dowdov model je vhodný iba na modelovanie úmrtnosti populácie nad 30 rokov, čo nie je pre životnú poisťovňu veľmi praktické. Okrem toho, v porovnaní s Lee-Carterovým modelom, intervaly spoľahlivosti pre výsledné miery úmrtnosti boli pomerne široké, čo naznačuje, že odhad je nepresný.

Keďže poisťovňa sa snaží čo najpresnejšie odhadnúť úmrtnosť svojich poistencov v závislosti od veku, snaží sa vybrať taký model, ktorý je schopný čo najlepšie opísať úmrtnostné správanie populácie. Po individuálnej analýze vybraných modelov sme ich porovnali na základe miery presnosti, konkrétne štandardnej odchýlky rezíduí RMSE. Na základe výsledkov, modelom, ktorý najviac vyhovuje dátam o úmrtnostnom správaní populácie Slovenska je Lee-Carterov model úmrtnosti, ktorý sa používa aj v praxi.

Príspevok bol spracovaný v rámci riešenia grantovej úlohy VEGA 1/0410/22: *Analýza poistných rizík vo vzťahu k hospodáreniu životnej poisťovne.*

Literatúra

1. Cairns, A. J., Blake, D., & Dowd, K. (2006). A two-factor model for stochastic mortality with parameter uncertainty: theory and calibration. *Journal of Risk and Insurance*, 73(4), 687-718.
2. Cairns, A. J., Blake, D., Dowd, K., Coughlan, G. D., Epstein, D., Ong, A., & Balevich, I. (2009). A quantitative comparison of stochastic mortality models using data from England and Wales and the United States. *North American Actuarial Journal*, 13(1), 1-35.
3. Haberman, S., & Russolillo, M. (2005). *Lee Carter mortality forecasting: application to the Italian population.*
4. Kútiková, J. (2021). *Slovak Population Mortality Modelling and Forecasting Using Cairns-Blake-Dowd Model.* DOKBAT 2021: 17th Annual International Bata Conference for Ph.D. Students and Young Researchers. Zlín: Tomas Bata University in Zlín.
5. Lee, R. D., & Carter, L. R. (1992). Modeling and forecasting US mortality. *Journal of the American statistical association*, 87(419), 659-671.

6. Sekerová, V., & Bilíková, M. (2007). *Poistná matematika*. Bratislava: EKONÓM.
7. Šoltésová, T. (2019). *Aktuárske modelovanie v životnom poistení*. Bratislava: Vydavateľstvo: Letra Edu,.
8. Špirková, J., & Urbaníková, M. (2012). *Aktuárska matematika – životné poistenie*. Bratislava: Iura Edition.
9. Štatistický Úrad SR. (2021). *Preddefinované tabuľky. Tabuľky života (Úmrtnostné tabuľky (roky 1996 – 2020))*. Citované dňa 15. 9. 2021. Dostupné na: https://slovak.statistics.sk/wps/portal/ext/themes/demography/population/indicators!/ut/p/z1/jdBBDolwEAXQs3iCTkFpWRYMpWkDtFDAbgwr00TRhfH8GnRrYXaTvD-ZfOTQiNw8vfxlevr7PF0_-8kl5141NMswg9rgAjSArCTthM4JGhagifgCmvURCFIZL LXm0hLktuRzzso9UQBU8QMIVlqT6jgGFm_Lw59hsC0fAC58fkBulaEGFIC0TcTSPcPpi5AdHIEW5VEwJMVAPgHQiWtvfm4WWtH8MKz3Ru7ePyp/dz/d5/L2dJQSEvUUt3QS80TmxFL1o2X1E3SThCQjFBMDhCVjIwSTdOUjFLUVFHSTky/
10. Yadav, A., Yadav, S., & Kesarwani, R. (2012). *Decelerating mortality rates in older ages and its prospects through Lee-Carter approach*. PloS one, 7(12), e50941.



Analýza prežitia Coxovým modelom proporcionálnych rizík

Survival Analysis with Cox proportional hazard model

Patrícia Teplanová¹

Abstrakt

Coxov semiparametrický regresný model proporcionálnych rizík je najčastejšie využívaným modelom v analýze prežitia, pretože nám dovoľuje skúmať vysvetľovanú premennú čas prežitia vysvetľujúcimi kvantitatívnymi ale aj kvalitatívnymi premennými, pričom nemusíme poznať pravdepodobnostné rozdelenie rizikovej funkcie. Riziková zložka v tomto modeli predstavuje neparametrickú zložku a regresné koeficienty parametrickú zložku. Model bol aplikovaný na medicínskych dátach za účelom zistenia vplyvu rôznych premenných na čas prežitia skúmaných osôb.

Kľúčové slová

analýza prežitia, riziková funkcia, funkcia prežitia, Coxov model

Abstract

Cox's semiparametric proportional hazard regression model is the most commonly used model in survival analysis, since it allows us to examine the explained variable survival time by explaining both quantitative and qualitative variables, without knowing the probability distribution of the hazard function. The risk component in this model represents the nonparametric component and the regression coefficients the parametric component. The model was applied to medical data in order to determine the influence of various variables on the survival time of the subjects studied.

Key words

survival analysis, hazard function, survival function, Cox model

JEL classification

C 14, G 22

1 Úvod

Analýza prežitia je štatistická procedúra, ktorá sa zaoberá štúdiom doby do nastatia skúmanej udalosti a faktorov, ktoré ovplyvňujú čas jej nastatia. Využíva sa najmä na výpočet distribúcie prežitia, prognózu funkcie prežitia, porovnanie viacerých distribúcií prežitia a intenzitu výskytu sledovanej udalosti. Doba do nastatia udalosti T sa najčastejšie označuje ako čas prežitia, je vždy nezáporná a predstavuje časový úsek medzi začiatkom sledovania a nastatím vopred špecifikovanej udalosti meraný vo vopred stanovených časových jednotkách (napr. dni, mesiace, roky).

Analýzu prežitia môžeme rozdeliť do troch metodologických oblastí. Prvou z nich sú opisné metódy, ktoré sa zameriavajú na opis funkcie prežitia resp. opis priebehu výskytu danej udalosti pomocou parametrických modelov (napr. exponenciálne, weibullovo, gamma rozdelenie prežitia) a neparametrických modelov (napr. Kaplan-Meier model, Nelson-Aalen

¹ Ing. Patrícia Teplanová, Ekonomická univerzita v Bratislave, Fakulta hospodárskej informatiky, Katedra matematiky a aktuárstva, Dolnozemska cesta 1, 852 35 Bratislava, patricia.teplanova@euba.sk.

model). Druhou oblasťou sú porovnávacie metódy pre skupiny subjektov, ktoré sa od seba odlišujú určitým znakom (napr. liečená a neliečená skupina pacientov). Poslednou oblasťou sú regresné modely, ktoré nám dovoľujú skúmať faktory (vysvetľujúce premenné) ovplyvňujúce čas prežitia (vysvetľované premenné). Nasledujúci text je venovaný poslednej oblasti – regresnému modelu analýzy prežitia.

Metódy použité v predstavenej publikácii budú prevedené v programovacom jazyku R využitím najmä balíka `survival`, ktorý poskytuje softvérovú podporu pre výpočty analýzy prežitia.

2 Coxov model proporcionálnych rizík

Najznámejším regresným modelom v analýze prežitia je Coxov regresný model proporcionálnych rizík. Tento model je podobný zovšeobecneným regresným modelom najmä logistickej regresii alebo lineárnej regresii.

Model bol prvýkrát predstavený jeho menovateľom britským štatistikom Sirom Davidom Roxbeeom Coxom (Cox, 1972). Coxov model je semi-parametrickým regresným modelom. Jeho zložkami sú riziková funkcia $h_0(t)$ – neparametrická zložka a vektor regresných koeficientov β – parametrická zložka. Tento model je najčastejšie využívaným modelom v analýze prežitia, pretože nám dovoľuje skúmať vysvetľovanú premennú čas prežitia vysvetľujúcimi kvantitatívnymi ale aj kvalitatívnymi premennými, pričom nemusíme poznať pravdepodobnostné rozdelenie rizikovej funkcie. Ďalším dôvodom jeho obľúbenosti je schopnosť porovnať viacero skupín pozorovaní v jednom modeli na rozdiel od napríklad Kaplanovo-Meirovho odhadu, pri ktorom by sme museli vyjadriť tento odhad pre každú skupinu zvlášť a následne ich porovnať (napríklad log rank testom). Pri veľkom počte pozorovaní Coxov model veľmi dobre aproximuje parametrický model (exponenciálny alebo Weibullov).

Model proporcionálnych rizík je vyjadrený regresným modelom ako riziková funkcia (Collett, 2015):

$$h(t, \mathbf{x}_i) = h_0(t)e^{(x_{i1}\beta_1 + x_{i2}\beta_2 + \dots + x_{ip}\beta_p)} \quad (1)$$

kde index i predstavuje poradie pozorovania, vektor \mathbf{x}_i je vektor vysvetľujúcich premenných i -teho pozorovania, p je počet vysvetľujúcich premenných, β_j je vektor regresných koeficientov pre $j = 1, 2, \dots, p$ a $h_0(t)$ je základná riziková funkcia platná pre všetky referenčné pozorovania.

Základná riziková funkcia $h_0(t)$ je dôležitá pri delení modelu proporcionálnych rizík na dve skupiny (Collet, 2015). Ak základná riziková funkcia je daná konkrétnym pravdepodobnostným rozdelením resp. jeho parametrami, tak ide o parametrický model proporcionálnych rizík. Pre prípad exponenciálneho rozdelenia platí $h_0(t) = 1$ a pre prípad Weibullového rozdelenia platí $h_0(t) = \alpha t^{\alpha-1}$. Naopak ak základná riziková funkcia nie je daná známym rozdelením ide o Coxov model proporcionálnych rizík.

Pre prehľadnosť označme β vektor regresných koeficientov $(\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_p)$ a vektor $\mathbf{x}_i = (x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{ip})$, $i = 1, 2$. Pomer rizík dvoch pozorovaní HR , ktorý hovorí ako sa riziková funkcia pozorovania s hodnotami vysvetľujúcich premenných \mathbf{x}_1 odlišuje od rizikovej funkcie pozorovania, pri ktorom vysvetľujúce premenné nadobúdajú hodnotu vektora \mathbf{x}_2 má tvar:

$$HR = \frac{h(t, \mathbf{x}_1)}{h(t, \mathbf{x}_2)} = \frac{h_0(t) \exp(\beta' \mathbf{x}_1)}{h_0(t) \exp(\beta' \mathbf{x}_2)} = e^{\beta' (\mathbf{x}_1 - \mathbf{x}_2)} \quad (2)$$

Vidíme, že pomer rizík nie je závislý od času t (rizikovej funkcie) a teda je v každom čase rovnaký – predpoklad modelu proporcionálnych rizík. Na základe splnenia tohto predpokladu konštatujeme, že regresné koeficienty β sú rovnako nemenné v čase.

Predpokladajme, že premenná x_{i1} (pre $i = 1,2$) je kvalitatívna premenná a nadobúda hodnotu 1 pre prvé pozorovanie a 0 pre druhé pozorovanie (tzv. referenčné pozorovanie) za podmienky, že všetky ostatné premenné zostávajú rovnaké (ceteris paribus) pre obe pozorovania (t. j. $(x_{12}, \dots, x_{1p}) = (x_{22}, \dots, x_{2p})$), pomer rizík týchto dvoch pozorovaní má tvar:

$$\begin{aligned} \frac{h(t|x_{11} = 1, x_{12}, \dots, x_{1p})}{h(t|x_{21} = 0, x_{22}, \dots, x_{2p})} &= \frac{h_0(t) \exp[\beta'(1, x_{12}, \dots, x_{1p})]}{h_0(t) \exp[\beta'(0, x_{22}, \dots, x_{2p})]} = \\ &= \frac{h_0(t) \exp(\beta_1) \exp(x_{12}\beta_2) \dots \exp(x_{1p}\beta_p)}{h_0(t) \exp(x_{22}\beta_2) \dots \exp(x_{2p}\beta_p)} = e^{\beta_1} \end{aligned} \quad (3)$$

V prípade, ak premenná x_{i1} (pre $i = 1,2$) je kvantitatívna premenná nadobúdajúca hodnotu $x_{21} + 1$ pre prvé pozorovanie a x_{21} pre druhé pozorovanie (t. j. prvé pozorovanie má hodnotu danej premennej väčšiu o jednotku ako referenčné pozorovanie) za podmienky ceteris paribus ($(x_{12}, \dots, x_{1p}) = (x_{22}, \dots, x_{2p})$), má pomer rizík týchto dvoch pozorovaní tvar:

$$\begin{aligned} \frac{h(t|x_{11} = x_{21} + 1, x_{12}, \dots, x_{1p})}{h(t|x_{21}, x_{22}, \dots, x_{2p})} &= \frac{h_0(t) \exp[\beta'(x_{21}+1, x_{12}, \dots, x_{1p})]}{h_0(t) \exp[\beta'(x_{21}, x_{22}, \dots, x_{2p})]} = \\ &= \frac{h_0(t) \exp((x_{21}+1)\beta_1) \exp(x_{12}\beta_2) \dots \exp(x_{1p}\beta_p)}{h_0(t) \exp(x_{21}\beta_1) \exp(x_{22}\beta_2) \dots \exp(x_{2p}\beta_p)} = e^{\beta_1} \end{aligned} \quad (4)$$

Po zlinearizovaní vzťahu (1) dostaneme lineárnu funkciu:

$$\ln h(t, x_i) = \ln h_0(t) + x_{i1}\beta_1 + x_{i2}\beta_2 + \dots + x_{ip}\beta_p \quad (5)$$

Jej následnou úpravou dostaneme funkciu logaritmu pomeru rizík HR :

$$\ln \left(\frac{h(t, x_i)}{h_0(t)} \right) = x_{i1}\beta_1 + x_{i2}\beta_2 + \dots + x_{ip}\beta_p \quad (6)$$

kde prislúchajúci regresný koeficient β hovorí ako sa zmení logaritmus pomeru rizík so zmenou vysvetľujúcej premennej x o jednotku za podmienky ceteris paribus. Ak hodnota príslušného regresného koeficienta je kladná, tak s rastom premennej x o jednotku sa riziko nastastia sledovanej udalosti zvýši oproti referenčnému pozorovaniu za podmienky, že ostatné premenné zostanú nezmenené a naopak ak je regresný koeficient záporný, tak sa riziko nastastia udalosti zníži.

Zo vzťahu (1) úpravami získame funkciu prežitia pre Coxov model (Kleinbaum & Klein, 2012):

$$S(t, x_i) = S_0(t) \exp(\beta'x_i) \quad (7)$$

V analýze prežitia môže bežne dôjsť k situácií, že sledovaná udalosť nenastane u všetkých subjektov výskumu. Pre tieto subjekty poznáme iba dobu počas, ktorej boli sledované a predpokladáme, že počas tejto doby k udalosti nedošlo. Tento čas označujeme ako doba cenzorovania. Metódy analýzy prežitia dovoľujú pracovať s cenzorovanými dátami, na rozdiel od iných štatistických metód (napr. lineárna regresia). Existujú tri typy cenzorovania –

sprava, zľava a intervalové cenzorovanie. Budeme sa venovať cenzorovaniu sprava, nakoľko je najvyskytujúcejším sa typom cenzorovania v dátach analýzy prežitia. Ostatné typy cenzorovania sú opísané v literatúre (Moore, 2016).

Cenzorovanie sprava nastáva ak skutočná doba prežitia subjektu je väčšia ako doba jeho sledovania t. j. u subjektu počas trvania výskumu nedôjde k udalosti. Nech C_i je náhodná nezáporná premenná reprezentujúca dobu cenzorovania pre prislúchajúci i -ty subjekt pozorovania a T_i náhodná premenná vyjadrujúca jeho čas prežitia. Potom hovoríme, že čas T_i je sprava cenzorovaný ak $C_i < T_i$. Naopak ak $C_i > T_i$, tak čas T_i vyjadruje čas výskytu sledovanej udalosti u i -teho subjektu. Teda čas zlyhania (čas prežitia) i -teho subjektu definujeme prostredníctvom premennej $U_i = \min(T_i, C_i)$ a indikátora cenzorovania δ_i , pre ktorý platí:

$$\begin{aligned} \delta_i &= 1 \Leftrightarrow T_i \leq C_i, \\ \delta_i &= 0 \Leftrightarrow T_i > C_i \end{aligned} \quad i = 1, 2, \dots, n. \quad (8)$$

3 Funkcia coxph v programovacom jazyku R

Na realizáciu výpočtov Coxovho modelu využijeme v programovacom jazyku R najmä funkciu `coxph`. Funkcia sa nachádza v balíku `survival`, ktorý je potrebné si samostatne nainštalovať a načítať (Therneau, 2022).

```
> library(survival)
> args(coxph)
function (formula = formula(data), data = sys.frame(sys.parent()),
weights, subset, na.action, init, control, method = c("efron",
"breslow", "exact"), singular.ok = T, robust = F, model = F, x = F,
y = T, ...)
```

`formula` predstavuje objekt prežitia vytvorený funkciou `Surv (time, event)` kde `time` predstavuje čas prežitia resp. cenzorovania a argument `event` udáva informáciu, či ide o cenzorované alebo necenzorované pozorovanie.

Ďalšie argumenty funkcie `coxph`:

- `data` – tabuľka s údajmi;
- `weights` – vektor váh;
- `subset` – vynechanie určitých pozorovaní, defaultne sa v modeli použijú všetky pozorovania;
- `na.action` – filter chýbajúcich dát;
- `init` – vektor inicializačných hodnôt iterácie;
- `control` – špecifikácia limitu iterácií;
- `method` – metóda pre vysporiadanie sa s rovnakými časmi prežitia;
- `singular.ok` – vysporiadanie sa s kolinearitou v modeli;
- `robust` – počítanie robustného rozptylu

4 Analýza dát pacientov s rakovinou pľúc

Modelová databáza o prežití pacientov s rakovinou pľúc sa nachádza v balíku `survival` v programovacom jazyku R (Loprinzi et al., 1994). Popis parametrov tohto dátového súboru sa nachádza v Tab. 1.

Tab. 1: Parametre databázy

Názov premennej	Typ premennej
Inst	Kód inštitúcie
Time	Čas prežitia v dňoch
Status	1 = cenzorované pozorovanie, 2 = smrť
Age	Vek pacienta v rokoch
Sex	1 = muž, 2 = žena
Ph.ecog	Stupeň ochorenia
Ph.karno	Karnofsky skóre určené doktorom
Pat.karno	Karnofsky skóre určené pacientom
Meal.cal	Počet kalórií prijatých v jedle
Wt.loss	Strata váhy za posledných 6 mesiacov

Zdroj: vlastné spracovanie

Na určenie závislosti času prežitia pacientov s rakovinou pľúc od pohlavia, veku a stupňa progresie choroby pacienta vložíme do funkcie `coxph` za vysvetľujúce premenné parametre `sex`, `age` a `ph.ecog`.

```
Cox<- coxph(Surv(time,status) ~ sex + age + ph.ecog, data = lung)
```

Funkciou `summary (cox)` dostaneme výstup na Obr.1.

Obr. 1: výstup z programovacieho jazyka R

```
Call:
coxph(formula = Surv(time, status) ~ age + sex + ph.ecog, data = lung)

n= 227, number of events= 164
(1 observation deleted due to missingness)
```

	coef	exp(coef)	se(coef)	z	Pr(> z)	
age	0.011067	1.011128	0.009267	1.194	0.232416	
sex	-0.552612	0.575445	0.167739	-3.294	0.000986	***
ph.ecog	0.463728	1.589991	0.113577	4.083	4.45e-05	***

```
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

              exp(coef) exp(-coef) lower .95 upper .95
age           1.0111    0.9890    0.9929    1.0297
sex            0.5754    1.7378    0.4142    0.7994
ph.ecog       1.5900    0.6289    1.2727    1.9864

Concordance= 0.637 (se = 0.025 )
Likelihood ratio test= 30.5 on 3 df,  p=1e-06
Wald test               = 29.93 on 3 df,  p=1e-06
Score (logrank) test = 30.5 on 3 df,  p=1e-06
```

Zdroj: vlastné spracovanie

Testovanie štatistickej významnosti parametrov

Ak sa regresný koeficient prejaví ako štatisticky významný, potom parameter vysvetľujúcej premennej, ktorý reprezentuje tento koeficient, má významný vplyv na vysvetľovanú premennú. Na účely tohto testovania formulujeme nulovú (regresný koeficient nie je štatisticky významný) a alternatívnu hypotézu (regresný koeficient je štatisticky významný) takto:

$$\begin{aligned}
 H_0: \beta &= 0 \\
 H_1: \beta &\neq 0
 \end{aligned}
 \tag{9}$$

Jedným z testov štatistickej významnosti pri analýze prežitia je Waldov test alebo Waldova štatistika Z_W , ktorá sa vypočíta nasledovne:

$$Z_W = \frac{\hat{\beta}}{sd(\hat{\beta})} \quad (10)$$

Testovaciu štatistiku porovnávame s normálnym rozdelením a zamietneme H_0 hypotézu ak:

$$|Z_W| > z_{1-\alpha/2} \quad (11)$$

Waldovo Z_W nájdeme vo výstupe z R na Obr. 1 vo fialovom rámečku v piatom stĺpci a v ďalšom stĺpci vidíme príslušnú p -hodnotu danej testovacej štatistiky. Na základe p -hodnoty konštatujeme, že parametre pohlavie a stupeň progresie choroby majú významný vplyv na čas prežitia s pravdepodobnosťou 99,9%.

Testovanie štatistickej významnosti modelu ako celku

Na testovanie štatistickej významnosti modelu používame tri testy, ktoré sú uvedené aj na Obr. 1 (na posledných troch riadkoch) – test vierohodného pomeru, Waldov test a logrank test. Tieto testy dajú pri veľkom počte pozorovaní rovnaké výsledky. Avšak pri menších súboroch má test vierohodného pomeru prednosť pred ostatnými testami. Test vierohodného pomeru LR má približne Chí-kvadrát rozdelenie so stupňom voľnosti rovným počtu parametrov (Moore, 2016):

$$LR = 2[l(\boldsymbol{\beta} = \hat{\boldsymbol{\beta}}) - l(\boldsymbol{\beta} = \mathbf{0})] \quad (12)$$

Na základe testovacej štatistiky a p -hodnoty usudzujeme, že model je štatisticky významný na hladine významnosti 99,9.

Test proporcionálnych rizík

Na testovanie predpokladu proporcionálnych rizík využijeme funkciu `cox.zph`, ktorá analyzuje vážené Schoenfeldové reziduá (Fox, 2015). Schoenfeldové reziduá r_{ik}^S definujeme ako rozdiel medzi pozorovanou hodnotou závislej premennej x_{ik} , kde i predstavuje poradie pozorovania a k označuje skúmanú premennú (Collett, 2015). Uvažujme Coxov model s n pozorovaniami a s p počtom vysvetľujúcich premenných, potom:

$$r_{ik}^S = \delta_i(x_{ik} - \hat{a}_{ik}) \quad i = 1, 2, \dots, n ; k = 1, 2, \dots, p \quad (13)$$

kde pre $R(t_i)$ osôb v riziku platí:

$$\hat{a}_{ik} = \frac{\sum_{j \in R(t_i)} x_{kj} \exp(\boldsymbol{\beta}' \mathbf{x}_j)}{\sum_{j \in R(t_i)} \exp(\boldsymbol{\beta}' \mathbf{x}_j)} \quad (14)$$

Následne sa vypočíta koeficient korelácie medzi hodnotami reziduí a dobou prežitia. Ak medzi spomenutými veličinami nie je závislosť a reziduá nevykazujú žiadny trend, potom predpoklad o proporcionálnom riziku je splnený.

Ak jedna alebo viacero premenných nespĺňajú predpoklad proporcionálnych rizík, je nutné takúto premennú stratifikovať. Stratifikáciou získame nový upravený Coxov model proporcionálnych rizík s názvom stratifikovaný Coxov model, v ktorom sú zahrnuté všetky premenné vyhovujúce predpokladu rovnomerného rizika (Kleinbaum & Klein, 2012).

Hypotézy pre toto štatistické testovanie majú znenie:

H_0 : parameter spĺňa predpoklad proporcionálnych rizík

H_1 : parameter porušuje predpoklad proporcionálnych rizík

Na základe p -hodnôt z výstupu funkcie `cox.zph` na Obr. 2 zamietame alternatívnu hypotézu a teda žiaden parameter neporušuje predpoklad nezávislosti rizík.

Obr. 2: výstup z programovacieho jazyka R

```
> testPH<-cox.zph(cox)
> testPH
```

	chisq	df	p
age	0.188	1	0.66
sex	2.305	1	0.13
ph.ecog	2.054	1	0.15
GLOBAL	4.464	3	0.22

Zdroj: vlastné spracovanie

Interpretácia výsledkov

Interpretovať výstup z Coxovho modelu môžeme dvomi spôsobmi. Na základe výstupu z jazyka R zostrojíme regresnú rovnicu Coxovho modelu (podľa vzťahu (1)):

$$h(t, x) = h_0(t)e^{0,011age-0,553sex+0,464ph.ecog} \quad (15)$$

Prvá z možných interpretácií výsledkov je pomocou regresných koeficientov (stĺpec „coef“ v označenej časti Obr. 1). Ak je hodnota regresného koeficienta kladná, tak riziko úmrtia je vyššie a naopak ak je hodnota záporná, riziko zlyhania je nižšie ako referenčná skupina.

Vidíme, že so zvyšujúcim sa vstupným vekom pacienta sa riziko úmrtia na rakovinu pľúc zvyšuje rovnako aj so zvyšujúcim sa stupňom ochorenia. Nakoľko premenná pohlavie nadobúda iba dve hodnoty – muž, žena, z modelu vidíme, že ženy majú nižšie riziko úmrtia na rakovinu pľúc ako muži.

Výsledky modelu môžeme interpretovať aj pomocou pomeru rizík (stĺpec „exp(coef)“ na Obr. 1 vo fialovom rámečku). Matematické vyjadrenie pomeru rizík je uvedené vo vzťahu (3). Napríklad, ženy majú 0,58 krát (alebo o 42 % podľa vzťahu (16)) menšiu šancu úmrtia na rakovinu pľúc oproti mužom za podmienky, že ostatné premenné zostanú nezmenené.

$$(1 - e^{-0,553}) \cdot 100 = 42,46\% \quad (16)$$

Podľa vzťahu (17) ak sa vstupný vek pacienta zvýši o jeden rok, potom riziko úmrtia na rakovinu pľúc sa zvýši o 1 % za podmienky *ceteris paribus*.

$$(e^{0,011} - 1) \cdot 100 = 1,11\% \quad (17)$$

Podľa vzťahu (18) ak sa stupeň ochorenia pacienta zvýši o jeden, potom riziko úmrtia na rakovinu pľúc sa zvýši o 59 % za podmienky *ceteris paribus*.

$$(e^{0,464} - 1) \cdot 100 = 59,04\% \quad (18)$$

5 Záver

Coxov model je jeden z najpoužívanejších modelov analýzy prežitia. V predloženom príspevku je vysvetlený výpočtový aparát spomínaného modelu. Pozornosť bola venovaná najmä na realizáciu výpočtov v programovacom jazyku R, ktorý ponúka viacero balíkov určených na analýzu prežitia. Podrobnejšie je opísaná funkcia využívaná práve pri modelovaní dát prežitia Coxovým modelom. Jeho využitie je podložené v poslednej časti príspevku na dátach pacientov s rakovinou pľúc. Po analýze výsledkov sme dospeli k záveru, že premenné pohlavie a stupeň ochorenia majú významný vplyv na čas prežitia s rakovinou pľúc, pričom ženy majú menšie riziko úmrtia ako muži a so zvyšujúcim sa stupňom progresie ochorenia je riziko úmrtia vyššie.

Príspevok bol spracovaný v rámci riešenia grantovej úlohy VEGA 1/0166/20 Stanovenie kapitálovej požiadavky na krytie vybraných katastrofických rizík v životnom a neživotnom poistení.

Literatúra

1. Collet, D. (2015). *Modelling Survival Data in Medical Research (third edition)*. Bristol, UK: Published by Taylor & Francis Group, LLC. ISBN 978-1-4987-3169-0.
2. Cox, D. R. (1992). Regression Models and Life-Tables. *Journal of the Statistical Society. Series B (Methodological)*, Vol. 34, No. 2, pp. 187-220.
3. Fox, J. (2018). *Cox Proportional-Hazards Regression for Survival Data*. Appendix to An R ans S-PLUS Companion to Applied Regression. Thousand Oaks, California: Published by Sage Publications, Inc. ISBN 0-7619-2279-2.
4. Klienbaum, D. G. & Klein, M. (2012). *Survival Analysis: A Self-Learning Text*. 3rd Edition, New York: Springer. ISBN 978-1-4419-6645-2.
5. Loprinzi, C. L. et al. (1994). Prospective evaluation of prognostic variables from patient-completed questionnaires. *North Central Cancer Treatment Group. Journal of Clinical Oncology*. 12(3):601-7.
6. Moore, D. F. (2016). *Applied Survival Analysis Using R*. Switzerland: Published by Springer International Publishing, p. 226. ISBN 978-3-319-31245-3.
7. Teplanová, P. (2021). *Analýza prežitia a jej využitie v životnom poistení*. Diplomová práca. Fakulta hospodárskej informatiky, Ekonomická univerzita v Bratislave.
8. Therneau T (2022). *A Package for Survival Analysis in R*. R package version 3.3-1, Dostupné na: <https://CRAN.R-project.org/package=survival>.

Využitie ILS v kyberpoistení Use of ILS in cyber insurance

Michal Závodný¹

Abstrakt

Kybernetické útoky vo svete neustále pribúdajú, pričom už v týchto dňoch je digitálny svet významnou súčasťou našich životov. Je viac-menej isté, že tento trend bude pokračovať aj v nasledujúcich dekádach, so stupňujúcim sa charakterom. Zintenzívňujúce sa kybernetické útoky sú hrozbou jednak pre fyzické osoby, ale aj pre podnikateľské subjekty. S ich zvyšujúcou sa frekvenciou rastie dôraz na ochranu a bezpečnosť. Ak už predsa len príde k incidentu, významnú úlohu môže zohrávať poistenie kybernetických rizík. Vo všeobecnosti tento produkt predstavuje kombináciu majetkového a zodpovednostného poistenia. V súvislosti s kyberpoistením a škodami z neho vyplývajúcimi vystupuje otázka ako poisťovne budú v budúcnosti kryť škody z týchto rizík. Jednou z možností sú nástroje ILS, o ktorých výhodách v súvislosti s kybernetickým poistením pojednáva tento článok.

Kľúčové slová

Kybernetické riziko, kyberpoistenie, sekuritizácia, ILS

Abstract

Cyber attacks are constantly increasing in the world, while the digital world is already a significant part of our lives in these days. It is more or less certain that this trend will continue in the coming decades, with an increasing character. Intensifying cyber attacks are a threat both to individuals and to business entities. As their frequency increases, so does the emphasis on protection and security. If an incident does occur, cyberinsurance can play a significant role. In general, this product is a combination of property and liability insurance. In connection with cyber insurance and damages resulting from it, the question arises as to how insurance companies will cover damages from these risks in the future. An option are ILS tools, the benefits of which in relation to cyber insurance are discussed in this article.

Key words

Cyber risk, cyberinsurance, securitization, ILS

JEL classification

G22, G23

1 Úvod

Poistné odvetvie sa neustále vyvíja, môžeme povedať, že sa mení takmer zo dňa na deň. Poisťovatelia čelia novým výzvam, a preto musia vyvíjať nové stratégie, ktorými by mohli vhodne pokryť riziko. Dvadsiateprvé storočie je charakteristické najmä inováciami v oblasti technológií. V týchto dňoch snáď každá väčšia spoločnosť využíva informačno-komunikačné technológie (IKT), napr. na automatizáciu výroby. Stretávame sa s novým pojmom, a to kybernetické riziko. Toto riziko môže viesť ku strate údajov, výnosov alebo reputácie. Mnohé oblasti kybernetického rizika je ťažké poistiť, pretože je pomerne náročné odhadnúť škody

¹ Ing. Michal Závodný, Ekonomická univerzita v Bratislave, Fakulta hospodárskej informatiky, Katedra matematiky a aktuárstva, Dolnozemska cesta 1, 852 35 Bratislava, michal.zavodny@euba.sk.

spôsobené treťou stranou. Existuje však minimálne jedna oblasť, ktorú sú poisťovne ochotné kryť, a to tzv. prerušenie podnikania alebo prerušenie prevádzky.

Poisťovateľ môže tieto riziká sčasti, tak ako iné, preniesť na zaistovateľa. V súčasnosti však poisťovne na krytie katastrofických rizík (kam patrí aj kybernetické riziko) využívajú aj cenné papiere viazané na poistenie (ILS). Takýto outsourcing rizík na finančné trhy je čoraz viac využívaným nástrojom na ich zmiernenie.

Tento článok sa zameriava na objasnenie pojmu kyberpoistenie, ale najmä využívanie alternatívnych spôsobov transferu rizík so zameraním na oblasť kybernetických rizík.

2 Kybernetické poistenie

Poistenie kybernetických rizík je vo všeobecnosti ťažko definovateľné. Asociácia britských poisťovateľov ho však definuje nasledovne (ABI): „Kybernetické poistenie kryje škody súvisiace s poškodením alebo stratou informácií z IKT“. Existujú aj iné definície, ktoré sa ale z veľkej miery približujú k zmienenej. Navyše kybernetické poistenie predstavuje pomerne novú oblasť trhu, ktorá zažíva rýchly rast a neustále sa vyvíja podľa požiadaviek trhu a samotných hrozieb. Tento druh poistenia sa poprvý krát objavil na konci dvadsiateho storočia, viac do povedomia sa však dostal práve na začiatku tretieho tisícročia, kedy bol celý svet svedkom rozsiahlych kybernetických útokov či už na štáty, ale aj na súkromné spoločnosti.

Ako už bolo spomenuté, trh kybernetického poistenia je pomerne nový, poisťovatelia tým pádom nedisponujú dostatkom historických dát. Problém teda nastáva v upisovaní týchto rizík a následnom výpočte poistného. Toto všetko môže viesť k dvom situáciám, a to, že poisťovne stanovia až príliš vysoké poistné, a tým sa poistenie stane pre väčšinu klientov nedostupným alebo tieto produkty nebudú kryť dostatočný rozsah rizík, čo môže spôsobiť zníženie poistného plnenia pri nastatí poistnej udalosti. Produkt kybernetického poistenia je vo všeobecnosti zložený z dvoch častí, pričom prvou je majetkové poistenie, ktoré kryje škody spôsobené poistenému a druhou časťou je poistenie zodpovednosti za škodu, ktorá môže vzniknúť tretím stranám. (Medvec, Čilíková, 2015)

Nedostatky v kyberpoistení, ktoré obmedzujú masívny rast tohto odvetia zhrnul Biener. Sú nimi (Biener, Eling, Wirfs, 2014):

- vzájomne prepojené straty,
- nedostatok historických údajov,
- informačná asymetria.

Biener však ďalej dodáva, že uvedené tri nedostatky sa časom zmiernujú, čo dopĺňa aj zistením, že čím viac účastníkov vstupuje na americký trh kyberpoistenia, tým sa poistné pre tieto produkty znižuje.

Sektor kybernetického zaistenia za posledných päť rokov rástol pozoruhodnou rýchlosťou, i keď v poslednom roku sa tento rast zmiernoval. Celosvetové zaistenie v oblasti kyberpoistenia dosahuje hodnotu približne 2,8 miliardy amerických dolárov. Keďže sa zaistný trh kybernetických rizík neustále zväčšuje, do popredia sa dostávajú otázky, či by nebolo vhodné využiť niektoré alternatívne formy prenosu rizík (z angl. Alternative Risk Transfer – ART).

3 Alternatívne spôsoby transferu rizík

Pojem alternatívny prenos rizika (ART) v sebe zahŕňa širokú škálu metód, ktoré predstavujú vhodnejší spôsob cedovania poistných rizík ako klasické zaistenie. Tieto nástroje sú založené predovšetkým na využívaní kapacít kapitálového trhu. Poisťovne ich využívajú v prípadoch, keď veľkosť poistného plnenia môže byť finančne nákladná až do takej miery, že by ohrozila činnosť poisťovne. (Pinda, Mucha, Smažáková, 2022)

Ako hlavný dôvod vzniku trhu ART sa považujú inovácie vo finančnom sektore, ktoré sú doprevádzané vznikom nových finančných inštrumentov. Spoločnosti sa snažia získať čo najväčší podiel na trhu a neustále zlepšovať svoje produkty, čím vznikajú úplne nové.

Nástroje ART majú charakteristické vlastnosti, na základe ktorých môžeme povedať, že sa jedná o alternatívny spôsob zaistenia. Sú to najmä (Barrieu, Albertini, 2009):

- dlhodobý charakter – zmluvy sú uzatvárané na viac ako 1 rok,
- metódy, ktoré umožňujú prenos takých rizík, ktoré by neboli pri tradičných metódach uskutočniteľné,
- sekuritizácia rizík – transformácia do podoby cenných papierov,
- produkty, ktoré pokrývajú väčšiu skupinu rizík,
- zblížovanie poistného a kapitálového trhu.

3.1 Formy ART

Trh ART sa neustále vyvíja a tak v súčasnosti existuje veľké množstvo metód, ktoré umožňujú prenos rizík na kapitálový trh. Najvýznamnejšími nástrojmi sú:

- kontigentný kapitál,
- sekuritizácia poistných rizík (insurance-linked securities – ILS),
- poistné opcie,
- poistné swapy,
- a iné.

Ďalej sa budeme zaoberať primárne nástrojmi ILS, ktorých podstatou je transformácia poistných rizík do cenných papierov. Medzi najčastejšie využívané ILS nástroje patria poistné dlhopisy, ktoré sa označujú ako katastrofické dlhopisy.

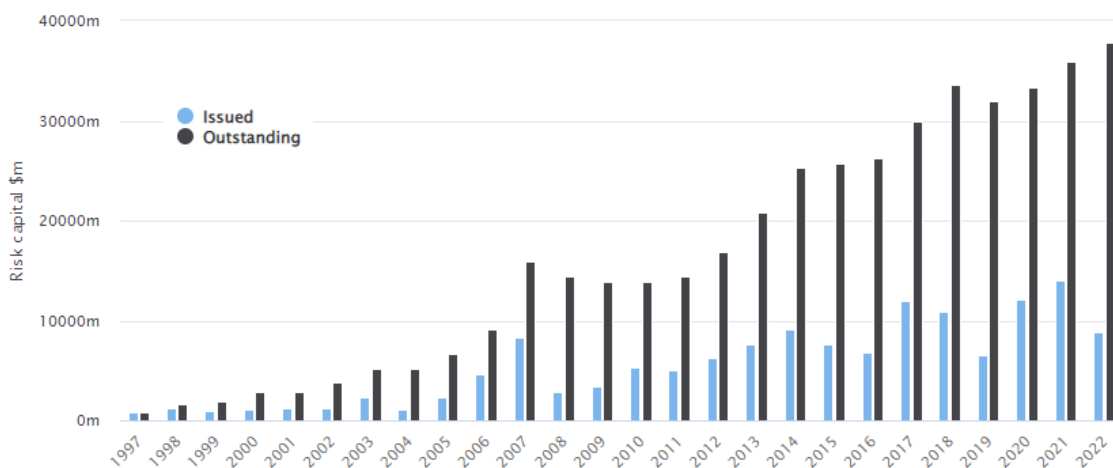
3.1.1 Katastrofické dlhopisy

Katastrofické dlhopisy (z angl. Cat Bond) sú v porovnaní s korporátnymi či štátnymi dlhopismi výraznejšie ziskové, čo so sebou prináša samozrejme aj zvýšené riziko, a to v podobe straty časti alebo všetkých investovaných prostriedkov v prípade nastatia vopred definovanej katastrofy.

Cat bond plní viacero funkcií, a to zaist'ováciu na strane emitenta (subjekt, ktorý dáva do obehu cenné papiere), teda v našom prípade poisťovňu alebo zaist'ovňu a na druhej strane predstavujú zaujímavú investičnú príležitosť pre investorov na kapitálovom trhu. Samozrejmosťou je, že na rozdiel od tradičných korporátnych dlhopisov je hlavným rizikom katastrofických dlhopisov nastatie poistnej udalosti. Primárnym rizikom pre investora je teda výskyt katastrofickej udalosti (zemetrasenie, hurikán, v poslednej dobe spomínaný kybernetický útok), z ktorej následne vyplýva investorova strata na nároku na doposiaľ nevyplatených kupónoch a na časť, prípadne celú nominálnu hodnotu daného dlhopisu. Tá je totižto použitá na vyplatenie poistného plnenia.

Trh s katastrofickými dlhopismi od jeho vzniku v devedesiatych rokoch neustále napreduje, čo je viditeľné aj na obr. 1. Na prelome tisícročí sa ročná emisia katastrofických dlhopisov pohybovala okolo 1 miliardy amerických dolárov. Výrazný skok nastal v roku 2007, kedy celková emisia prekročila 7 miliárd dolárov. Tento rok prevýšil rok 2006 o necelých 50%. V roku 2017 trh s katastrofickými dlhopismi prekročil magickú hranicu 10 miliárd dolárov. Okrem roku 2019 trh neustále rastie a tento trend sa očakáva aj do blízkej či vzdialenej budúcnosti.

Obr. 1: Emisia katastrofických dlhopisov v rokoch 1997-2022

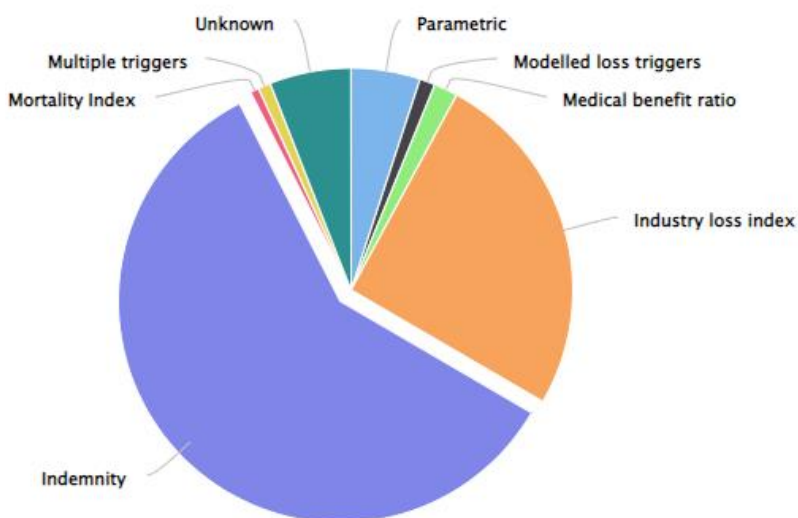


Zdroj: (Garp, John Hintze, 2022)

Každý katastrofický dlhopis má svoj spúšťač (z angl. Trigger). Ten predstavuje konkrétne vymedzenú udalosť a podmienky, za ktorých sú vyplatené finančné prostriedky z katastrofického dlhopisu alebo iných cenných papierov viazaných na poistenie. Existuje viacero spúšťačov, po ktorých dochádza k vyplateniu finančných prostriedkov. Medzi najznámejšie spúšťače zaradujeme (Johansmeyer, Mican, 2022):

- indemnity trigger (spúšťač viazaný na škodový priebeh) – ku výpláte finančných prostriedkov prichádza v prípade, že vzniknutá škoda presiahne vopred stanovenú čiastku,
- modeled loss (modelovaný vývoj škody) – očakávaná výška straty je vypočítaná na základe simulácii katastrofických scenárov,
- indexed to industry loss (závislosť na škodovom indexe) – ku výpláte dochádza vo chvíli, keď strata v poistnom odvetví presiahne určitú stanovenú hranicu,
- pure parametric trigger (parametrický spúšťač) – vyplatené finančné prostriedky sú viazané na konkrétne parametre katastrofickej udalosti (napr. Richterova stupnica, rýchlosť vetra, atď.),
- parametric index (parametrický index) – upravená verzia predchádzajúceho spúšťača, ktorá spočíva v nahradení fyzikálnych hodnôt váhami.

Obr. 2: Pomer zastúpenia jednotlivých spúšťačov



Zdroj: (Artemis)

Najväčšie zastúpenie má prvý spomínaný, spúšťač viazaný na škodový priebeh, ktorý predstavuje viac ako polovicu všetkých existujúcich spúšťačov (obr. 2).

3.2 Výhody ART oproti klasickému zaisteniu

Zrejme najväčšou nevýhodou tradičného zaistenia je nedostatočná poistná a zaistná kapacita. V prípade nastatia neočakávaných katastrofických udalostí hrozí vyčerpanie rezerv zaistovateľov. Dôsledkom môže byť narastajúce poistné. Snaha preniesť riziká z poistného trhu neustále rastie, pričom priestor poskytuje najmä kapitálový trh, ktorý disponuje väčšími zdrojmi a kapacitou a je schopný riziká absorbovať lepšie ako zaistný trh. Dodatočné kapitálové zdroje poisťovne získajú emisiou určitých typov cenných papierov, ktoré sú viazané na poistenie.

Výška úrokových sadzieb, za ktoré poisťovne ponúkajú na trhu zaistné sú v čase volatilné, a to aj z dôvodu, že hlavným indikátorom ich výšky je predchádzajúci škodový priebeh. Akonáhle príde ku zhoršeniu škodového priebehu, úrokové sadzby vzrastú.

Ďalší dôležitý aspekt, ktorý uprednostňuje alternatívne formy je existencia kreditného rizika, ktoré predstavuje riziko plynúce zo zlyhania protistrany pri splácaní záväzkov. Pre poisťovňu je to situácia, kedy zaistovateľ nebude schopný splniť svoje záväzky. Spoločnosti pôsobiace v oblasti rizikového manažmentu sú hodnotené určitým stupňom expozície voči kreditnému riziku. Ak sa jedná o spoločnosť s vysokým ratingom, vystavenie sa riziku nie je príliš veľké a kreditné riziko je považované za akceptovateľné. Pokiaľ sa však jedná o spoločnosť s nižším ratingom, poisťovňa musí kreditné riziko aktívne riadiť, a to napríklad jeho rozdelením medzi viacerých zaistovateľov alebo využitím nástrojov trhu alternatívneho prenosu, ktoré sú vytvorené práve v dôsledku eliminácie kreditného rizika. Alternatívne metódy redukujú kreditné riziko vďaka previazanosti s kapitálovým trhom, ktorý poskytuje zdroje ku krytiu poistných udalostí v plnej výške vo väčšine prípadov ešte predtým, než ku tejto potrebe príde.

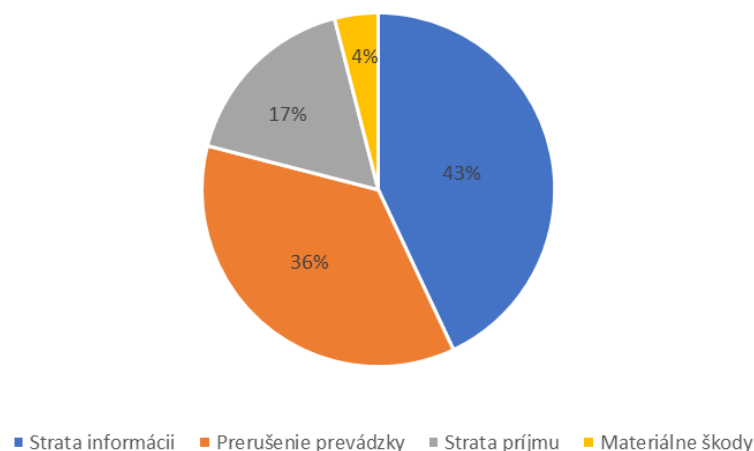
4 ILS a kyberpoistenie

Dôsledky, ktoré vyplývajú z kybernetických útokov môžu byť rôznorodé. V Spojených štátoch amerických sú to primárne strata informácií (43%), prerušenie prevádzky (36%), strata príjmu (17%) a materiálne škody (4%). Najväčší podiel teda zastupuje strata informácií, ktorú je ale pomerne ťažko vyjadriť v peňažných jednotkách (obr. 3). Ak ale hovoríme o prerušení prevádzky, pri tomto type škody je možné presnejšie odhadnúť výšku škody.

Kybernetické riziko sa stáva novou trhovou príležitosťou na sekuritizáciu poistenia, dôležité je však nájsť adekvátny spúšťač (trigger), ktorý by stanovil, za akých podmienok budú vyplatené finančné prostriedky z nastatej poistnej udalosti. Primárnym problémom vývoja cenných papierov viazaných na kybernetické poistenie môže byť modelovanie a cenotvorba. (Kolesnikov, Markov, Smagulov, Solovjovs, 2019) Samozrejmosťou je taktiež, že je pomerne náročné vymyslieť spúšťačiaci mechanizmus, pretože skutočné straty po nastatí udalosti je, ako už bolo spomenuté, ťažké určiť. Tieto nedostatky, najmä vo vytváraní rizikových modelov, sa považujú za najväčšiu prekážku rastu kybernetických ILS. Cena a štruktúra boli historicky problematické pri uzatváraní kybernetických cat bondov s nedostatkom historických údajov a nerovnomerným prienikom na trh. (Carter, Mainelli, 2018)

Zdá sa však, že krátkodobé bariéry trhu kybernetického poistenia, resp. zaistenia, nespomaľujú pokrok v oblasti kybernetických ILS. V priebehu najbližšieho roka počet kybernetických cat bondov pravdepodobne opäť vzrastie v porovnaní so súčasným stavom. Hlavným dôvodom môže byť kombinácia akútneho nedostatku krytia a zvýšený záujem o poskytovanie ILS nástrojov v oblasti kybernetických rizík. Trh s ILS, ktorý sa sformoval na pomoc odvetviu poistenia/zaistenia sužovanom hurikánom Andrew pred vyše tridsiatimi rokmi je pripravený opäť zohrať túto úlohu pri podpore trhu, ktorý si vyžaduje prísun kapitálu.

Obr. 3: Dôsledky kybernetických útokov v Spojených štátoch amerických, vyjadrené v percentách



Zdroj: vlastné spracovanie podľa (Ammar, Braun, Eling, 2015)

5 Záver

Kybernetické riziko je veľmi dôležitým pojmom dvadsiateho storočia. Hackerské útoky a techniky rýchlo napredujú, objavujú sa nové spôsoby obchádzania bezpečnosti. Dôsledkami takýchto incidentov sú okrem iného materiálne straty a poškodenie dobrého mena. Poistenie kybernetických rizík nadobúda v 21. storočí čoraz väčšiu dôležitosť, keďže dôsledok kybernetického útoku môže byť oveľa vážnejší ako sa na prvý pohľad môže zdať.

Kybernetická bezpečnosť bude v budúcnosti veľkou výzvou pre riadenie rizík. Podobne ako riziko prírodnej katastrofy, aj vystavenie sa kybernetickému riziku môže byť za určitých okolností charakterizované veľkými stratami. Sekuritizácia by teda mohla byť dôležitou alternatívnou metódou zabezpečenia krytia takýchto rizík.

ILS nástroje sú určené na ochranu poisťovateľov, resp. zaistovateľov, pred katastrofickými udalosťami ako sú napríklad prírodné katastrofy, ktoré je ťažko diverzifikovať. Napriek tomu môžu byť ILS využívané aj v oblastiach, kde neočakávame takú veľkú stratu. Zatiaľ čo zaistovatelia sú schopní diverzifikovať viaceré druhy poistných rizík, regionálne katastrofy môžu vážne ohroziť aj menších poisťovateľov. Okrem toho majú ILS nástroje potenciál vytvárať nové trhové príležitosti poskytovaním kapacity v mnohých iných oblastiach prenosu rizík. Medzi ne patrí napríklad sekuritizácia kybernetického rizika. ILS sú schopné nielen poskytnúť potrebný kapitál na krytie veľkých strát v prípade nastatia katastrofickej udalosti, ale taktiež ponúkajú investorom dodatočnú investičnú príležitosť, ktorá sa vyznačuje veľmi nízkou koreláciou s celkovým fungovaním ekonomiky.

Príspevok bol spracovaný v rámci riešenia grantovej úlohy VEGA 1/0166/20 Stanovanie kapitálovej požiadavky na krytie vybraných katastrofických rizík

Literatúra

1. Ammar, S. B., Braun, A., & Eling, M. (2015). *Alternative risk transfer and insurance-linked securities: Trends, Challenges and New Market Opportunities* Retrieved 2022, from <https://www.ivw.unisg.ch/~media/internet/content/dateien/instituteundcenters/ivw/studien/ils-2015.pdf>

2. Barrieu, P., & Albertini, L. (2009). *The Handbook of Insurance-Linked Securities*. John Wiley & Sons.
3. Biener, C., Eling, M., & Wirfs, J. H. (2014). Insurability of Cyber Risk: An empirical analysis. *The Geneva Papers on Risk and Insurance - Issues and Practice*. <https://doi.org/10.1057/gpp.2014.19>
4. Carter, S., & Mainelli, M. (2018). Cyber-Catastrophe Insurance-Linked Securities on Smart Ledgers. Z YEN LTD.
5. Johansmeyer, T., & Mican, A. (2022). Cyber ILS: How Acute Demand Could Drive a Scalable Retrocession Market. *The Journal of Risk Management and Insurance*. Retrieved 2022, from <https://jrmi.au.edu/index.php/jrmi/article/view/245/181>.
6. Kolesnikov, O., Markov, A., Smagulov, D., & Solovjovs, S. (2019). *Cyber bonds and their pricing models*. Retrieved 2022, from <https://arxiv.org/pdf/1911.06698.pdf>
7. Medvec, M., & Čilíková, J. (2015). *Poistenie kybernetických rizík*. Retrieved 2022, from https://www.nbs.sk/_img/documents/_publik_nbs_fsr/biatec/rok2015/06-2015/04_biatec_15-6_medvec-cilikova.pdf
8. Pinda, Ľ., Mucha, V., & Smažáková, L. (2022). Riadenie Rizík Využitím Teórie Extrémnych hodnôt a alternatívny transfer rizika. H.R.G. spol. s r.o.
9. <https://www.garp.org/risk-intelligence/market/cyber-insurance-securities-220422>
10. <https://www.artemis.bm/dashboard/cat-bonds-ils-by-trigger/>
11. <https://www.abi.org.uk/products-and-issues/choosing-the-right-insurance/business-insurance/cyber-risk-insurance/>



Porovnanie hospodárskeho výsledku podľa IFRS 4 a IFRS 17 pre produkt životného poistenia unit-linked

Comparisson of the profit and loss under IFRS 4 and IFRS 17 for the unit-linked life insurance product

Silvia Zelinová¹

Abstrakt

Príspevok sa zameriava na porovnanie hospodárskeho výsledku investičného životného poistenia unit-linked podľa dvoch medzinárodných finančných štandardov. Oba medzinárodné finančné štandardy majú rovnaký názov a to Poistné zmluvy. IFRS 17 plne nahrádza IFRS 4 dňa 1. januára 2023. Poist'ovne v roku 2022 zostavujú účtovnú závierku podľa oboch štandardov a cieľom tohto článku je upriamiť pozornosť na konečný rozdiel v hospodárskom výsledku zvoleného produktu životného poistenia podľa oboch štandardov. Produkt unit-linked je v súčasnosti často ponúkaným produktom zo strany poisťovní a samotný štandard IFRS 17 samostatne upravuje jeho oceňovanie, a to metódou Variable Fee Approach (VFA). Túto metódu v článku podrobne predstavíme a zároveň aplikujeme na poistné zmluvy aj pri zmene aktuárskych predpokladov.

Kľúčové slová

Štandard IFRS 17, VFA metóda, investičné životné poistenie unit-linked, zmluvná servisná marža (CSM), riziková úprava (RA)

Abstract

The paper focuses on comparing the financial result of unit-linked investment life insurance according to two international financial standards. Both international financial standards have the same name, Insurance contracts. IFRS 17 fully replaces IFRS 4 on January 1, 2023. In 2022, insurance companies prepare financial statements according to both standards, and the purpose of this paper is to draw attention to the final difference in the financial result of the chosen life insurance product according to both standards. The unit-linked product is currently a product often offered by insurance companies, and the IFRS 17 standard itself regulates its valuation separately, using the Variable Fee Approach (VFA) method. We will present this method in detail in the paper and at the same time apply it to insurance contracts even when actuarial assumptions are changed.

Key words

Standard IFRS 17, VFA method, unit-linked product, Contractual Service Margin (CSM), Risk Adjustment (RA)

JEL classification

G22, M48, M41

1 Úvod

Poistný trh podlieha mnohým reguláciám, od slovenských národných až po medzinárodné metodiky ako napríklad Solventnosť II (platí v rámci EÚ) a IFRS 4, ktoré platí

¹ Ing. Silvia Zelinová, PhD., Ekonomická univerzita, Fakulta hospodárskej informatiky, Katedra matematiky a aktuárstva, Dolnozemska cesta 1/b, 852 35 Bratislava, silvia.zelinova@euba.sk.

pre poisťovacie spoločnosti, ktoré zostavujú účtovnú závierku v súlade s medzinárodnými štandardmi finančného výkazníctva, tzv. *International Financial Reporting Standards* (IFRS) vydávané medzinárodnou radou pre účtovné štandardy, tzv. *International Accounting Standard Board* (IASB). Poisťovne na Slovensku sú povinné zostavovať účtovnú závierku v súlade s IFRS štandardmi, ktoré majú za úlohu zvýšiť porovnateľnosť a transparentnosť účtovných výkazov poisťovní. V článku sa zaoberáme porovnávaním aktuálne platným účtovným štandardom pre poistné zmluvy IFRS 4 a novým štandardom IFRS 17 – Poistné zmluvy, ktorý bol vydaný v máji 2017 a týka sa výhradne poistných zmlúv. Štandard IFRS 17², ktorý pre účtovné obdobie začínajúce po 1. januári 2023 nahrádza IFRS 4, sa stáva prvým takmer globálnym štandardom pre poistné zmluvy. IASB povoľuje jeho predčasné uplatňovanie, pokiaľ sa budú zároveň aplikovať štandardy IFRS 15 – Výnosy zo zmlúv so zákazníkmi a IFRS 9 – Finančné nástroje. Poisťovne mali pôvodne 4 roky na prípravu, avšak implementácia IFRS 17 sa predĺžila o ďalšie 2 roky, počas ktorých bola v roku 2020 vydaná nová verzia štandardu.

2 Hlavné rozdiely medzi IFRS 4 a IFRS 17

IFRS 17 - Poistné zmluvy ustanovuje princípy pre ohodnocovanie, vykazovanie, prezentáciu a zverejňovanie poistných zmlúv. Zámerom IFRS 17 je zaistiť, aby účtovná jednotka zverejňovala informácie, ktoré dôsledne reprezentujú podstatu upísaných poistných zmlúv. Štandard sa aplikuje nielen na novovzniknuté poistné a zaistné zmluvy, ale aj na už existujúce v poistnom kmeni. IFRS 17 má poskytnúť transparentnejšie informácie ohľadom ziskovosti a výhodnosti poistných produktov zo strany poisťovne. Poisťovne musia zverejniť informácie o sumách, úsudkoch a rizikách vyplývajúcich z poistných zmlúv. Požiadavky na zverejnenie údajov sú podrobnejšie než vyžaduje štandard IFRS 4, ktorý je na Slovensku platný od 1.1.2005 do 31.12.2022.

Hlavným cieľom IFRS 17 má byť hlavne identifikácia ziskových a neziskových poistných zmlúv a označenie trendu vývoja, respektíve smerovania daných poistných zmlúv. Ďalším z cieľov štandardu je rozložiť zisk poisťovne do viacerých časových období. Podľa ešte platného účtovného štandardu – IFRS 4 sa zisk nevykazuje v roku jeho skutočného vzniku. Zisk z predaja poistenia sa nadobúda postupne počas plynutia poistnej doby. Takisto sa podľa IFRS 4 nemusia aktualizovať aktuárske predpoklady v rezervách, ktoré vznikli v čase oceňovania produktov pri ich vzniku. Podľa IFRS 17 už nebude dôvod na počítanie testu dostatočnosti technických rezerv LAT (*angl. Liability Adequacy Test*), pretože technické rezervy už nebudú v účtovníctve existovať ako samostatná položka.

V štandarde IFRS 4 sa poisťovateľovi povoľuje, ale nevyžaduje sa, meniť účtovné metódy tak, aby precenil označené záväzky z poistných zmlúv tak, aby odzrkadľovali aktuálne trhové úrokové sadzby, pričom zmeny v týchto záväzkoch poisťovateľ vykazuje v hospodárskom výsledku. IFRS 17 zavádza povinnosť použiť aktuálne diskontné sadzby podľa presne definovaných pravidiel. (IFRS 17, 2020)

Podľa IFRS 4 tvoria technické rezervy a časová hodnota garancií a opcií najlepší odhad záväzkov³ (*angl. best estimate*) a niekoľko úrovni marže. IFRS 17 ruší položku technické rezervy a namiesto toho vytvára budúce peňažné toky (*angl. future cash flows*). V IFRS 17 sú definované prirážky CSM – zmluvná servisná marža (*angl. contractual service margin*) a RA – riziková úprava (*angl. risk adjustment*), ktoré sa doteraz nevyskytovali pri oceňovaní poistných zmlúv. Vysvetlenie rizikovej marže (*angl. risk margin*) podľa Solventnosti II

² IASB, 2017. *International Financial and Reporting Standard IFRS 17 Insurance contracts* / Medzinárodný štandard finančného výkazníctva 17: Poistné zmluvy.

³ BE – *best estimate* vyjadruje štatistickú metódu najlepšieho odhadu záväzkov poisťovne.

v súvislosti s rizikovou prirážkou podľa IFRS 17 spomínajú aj (England, Verrall, Wüthrich, 2019).

Publikácia IAA⁴ „Ocenenie záväzkov z poisťných zmlúv: súčasné odhady a rizikové marže“ uvádza:

Cieľ rizikovej marže je možné vnímať z rôznych pohľadov. Môže sa považovať za:

- po prvé ako odmenu za znášanie rizika meranú ako prirodzenú neistotu v odhade poisťných záväzkov a v budúcom finančnom výnose zo zmluvy alebo
- po druhé v kontexte solventnosti ako suma na krytie nepriaznivých účinkov, ktoré možno očakávať za normálnych okolností, pričom kapitál pokryje nepriaznivé účinky za nezvyčajných okolností. (IAA, 2009)

Definícia poisťnej zmluvy je rovnaká ako v štandarde IFRS 4. „Zmluva, na základe ktorej jedna strana (poisťovateľ) prijíma významné poisťné riziko od druhej strany (poisťníka) dohodou o kompenzácii rizika, ak nastane určená neistá buduca udalosť (poisťná udalosť), ktorá nepriaznivo ovplyvní poisťníka.“ (IFRS 17 odsek B2) Podľa IFRS 17 sa poisťné zmluvy rozdeľujú na poisťnú a investičnú zložku, zároveň sa bude oddeľovať tzv. servisná zložka poisťnej zmluvy. Nie každá zložka sa však účtuje podľa štandardu IFRS 17. Ak je investičná zložka úzko prepojená s poisťnou zložkou, zmluva sa oceňuje podľa IFRS 17, ale zložky sa budú sledovať samostatne. Ak však investičná zložka vystupuje samostatne, oddelí sa od zmluvy a oceňuje sa podľa IFRS 9 – Finančné nástroje. Samostatná servisná zložka sa oceňuje podľa štandardu IFRS 15 – Výnosy zo zmlúv so zákazníkmi. Investičné zložky sú definované ako peňažné sumy, ktoré sa požadujú podľa poisťnej zmluvy vyplatiť poisťníkovi napriek všetkým okolnostiam.

Kým IFRS 4 požadoval delenie poisťných zmlúv na poisťné a investičné, IFRS 17 ide v delení poisťných zmlúv viac do detailov. Požiadavky IFRS 17 na agregáciu poisťných zmlúv upravujú poisťné zmluvy do troch skupín rozdelenia:

- podľa portfólia (podľa typu rizika a spôsobu riadenia poisťných zmlúv);
- podľa obdobia vzniku (podľa času vydania obmedzeného na obdobie uzatvorenia zmlúv v rozmedzí jedného roka – zavádza sa pojem ročná kohorta, v EÚ sa toto členenie nemusí uplatňovať);
- podľa ziskovosti poisťných zmlúv, delíme do skupín:
 - ziskové zmluvy
 - stratové zmluvy (onerous contracts),
 - ostatné zmluvy (zmluvy s pravdepodobnosťou, že sa z nich stanú nevýhodné zmluvy).

3 Metóda oceňovania produktu investičného životného poistenia unit-linked

Výber poisťných zmlúv, ktoré sa budú oceňovať VFA (*angl. Variable fee approach*) metódou, podlieha splneniu určitých kritérií definovaných v štandarde IFRS 17. Poisťné zmluvy musia mať priamo alokované podkladové aktíva, v ktorých je investované poisťné klientov. Klientom sa vypláca poisťná suma, ktorá sa mení v závislosti od vývoja hodnoty podkladových aktív, čiže poisťník znáša značnú časť trhového rizika. Záväzok poisťovne voči poisťníkovi sa rovná reálnej hodnote podkladových aktív, ktorú je poisťovňa povinná vyplatiť poisťníkovi, mínus variabilný poplatok, ktorý si poisťovňa odčíta výmenou za budúce služby poskytované poisťnou zmluvou. Tieto služby zahŕňajú podiel na reálnej hodnote podkladových aktív (nechá si poisťovňa pre seba) a vysporiadané peňažné toky, ktoré nie sú

⁴ International Actuarial Association – Medzinárodná aktuárska asociácia

závislé na hodnote podkladových aktív (odplata za poistenie). Podľa IFRS 4 sa peňažný tok investičného životného poistenia rovná (Sakálová, 2001):

$$CF_t = [P_t \cdot (1 - a_t) + a_t P_t \beta - e_t] \cdot (1 + i_n) + c_{t+1} - D_t \cdot q_{t+1} \quad (1)$$

Kde P_t je poistné, a_t percento alokácie do nákladov, β sú poplatky za správu fondu a e_t sú celkové náklady. D_t je poistné plnenie v prípade smrti, ktoré je maximum z hodnoty fondu a poistnej sumy garantovanej poisťovňou.

3.1 Výpočet zmluvnej servisnej marže a variabilného poplatku

Výpočet variabilného poplatku je základom VFA metódy spolu s podkladovými aktívami a budúcimi peňažnými tokmi. Po vypočítaní budúcich peňažných tokov vyplývajúcich z investičných poistných zmlúv sme vypočítali variabilný poplatok, ktorý tvorí poplatok za alokáciu poistného, poplatok za odkup, poplatok za správu fondu, výplata z fondu pri úmrtí klienta, náklady a úrokový výnos. Súčasná hodnota variabilného poplatku je podľa štandardu vyjadrená:

$$PVVF_t = PVUI_t - PVFCF_t \quad (2)$$

kde jednotlivé premenné znamenajú:

$PVVF_t$ (*Present Value of Variable Fee*), súčasná hodnota variabilného poplatku v roku t ,

$PVUI_t$ (*Present Value of Underlying Item*), súčasná hodnota podkladových aktív v roku t ,

$PVFCF_t$ (*Present Value of Future Cash Flow*), súčasná hodnota budúcich peňažných tokov v roku t .

Súčasná hodnota variabilného poplatku vyjadruje sumu, ktorej časť si poisťovňa necháva pre seba a druhú časť tvoria vysporiadané peňažné toky, ktoré nezávisia od podkladových aktív.

Tvorba *CSM* v prvotnom ocenení ($t = 0$) poistných zmlúv sa rovná:

$$CSM_0 = PVVF_0 - RA_0 \quad (3)$$

V aplikácii sme uvažovali o zmenách očakávaných aktuárskych predpokladov, teda zvýšenia očakávanej miery storna a zavedenie reálnej úrokovej miery, ktorá je iná ako očakávaná úroková miera. Tieto zmeny predpokladov sa odrazili aj na premenných, ktoré sme pridali do výpočtu variabilného poplatku, budúcich peňažných tokov a zmluvnej servisnej marže. Aktualizácia predpokladov (*angl. assumption update - AsUp*) predstavuje rozdiel v očakávaných predpokladoch na začiatku obdobia a skutočnými hodnotami, ktoré za toto obdobie nastali.

$$AsUp_t = PVFCF_t^{real} - PVFCF_t^{exp} \quad (4)$$

Pričom hodnota s horným indexom „*real*“ označuje súčasnú hodnotu budúcich peňažných tokov pri reálnom storne a hodnota s horným indexom „*exp*“ označuje súčasnú hodnotu budúcich peňažných tokov s pôvodnou hodnotou očakávaného storna. Aktualizácia predpokladov následne vstupuje aj do výpočtov súčasnej hodnoty variabilného poplatku aj do zmluvnej servisnej marže. Výpočet *CSM* v každom ďalšom roku (okrem prvotného ocenenia) je nasledovný:

$$CSM_{EoP} = CSM_{BoP} + CSM_{NB} + I_t - AsUp_t - CSM_{release} \quad (5)$$

Vo vzorci (5) sme uviedli výpočet pre zmluvnú servisnú maržu na konci obdobia, ako súčet CSM zo začiatku obdobia, CSM z nových poistných zmlúv (v našom prípade je táto hodnota nula, keďže neuvažujeme s novými PZ), úrokového výnosu (z variabilného poplatku), aktualizácie predpokladov a rozpustenie CSM . Aktualizácia investičných predpokladov (*angl. investment variance - InvVar*) vyjadruje rozdiel v odhadoch pri očakávanej úrokovej miere a reálne dosiahnutej.

$$InvVar_t(FCF) = PVFCF_t^{real} - PVFCF_t^{exp} \quad (6)$$

Keďže rozdiel medzi očakávanou a reálne dosiahnutou úrokovou mierou neovplyvňuje iba budúce peňažné toky, ale priamo aj podkladové aktíva a variabilný poplatok, rovnako aj tam vznikne položka aktualizácia investičných predpokladov.

$$InvVar_t(VF) = PVVF_t^{real} - PVVF_t^{exp} \quad (7)$$

$$InvVar_t(UI) = PVUI_t^{real} - PVUI_t^{exp} \quad (8)$$

Pričom hodnoty s horným indexom „*real*“ označujú súčasné hodnoty pri reálnej úrokovej miere a hodnoty s horným indexom „*exp*“ označujú súčasné hodnoty pri očakávanej úrokovej miere. Do CSM bude vstupovať iba $InvVar$ vypočítaná zo súčasnej hodnoty variabilného poplatku (aktualizácia predpokladu z budúcej poistnej služby) a zmena VF bez nákladov a úroku (aktualizácia predpokladu zo súčasnej poistnej služby).

$$CSM_{EoP} = CSM_{BoP} + CSM_{NB} + I_t + InvVar_t(VF) + \Delta VF - CSM_{release} \quad (9)$$

Obidve zmeny aktuárskych predpokladov, ktoré v článku skúmame, sa zobrazia v zmluvnej servisnej marži za príslušné obdobie.

4 Porovnanie hospodárskych výsledkov

Podľa metodiky IFRS 4 a IFRS 17 sme ocenili vybrané portfólio investičného životného poistenia unit-linked, plateného ročne. Všetky uvedené výpočty sme realizovali v prostredí MS Excel. Výplata pri dožití sa konca poistnej doby je hodnota fondu, pri úmrtí je to vyššia z hodnôt poistná suma na úmrtie a hodnota fondu. Všetky poistné zmluvy majú dobu trvania 20 rokov a počas tejto doby neprichádzajú žiadne ďalšie nové zmluvy. Nasledujúca tabuľka 1 popisuje zvolené aktuárske predpoklady používané pri výpočtoch peňažných tokov, variabilného poplatku – VF , podkladových aktív, jednotiek poistného krytia – CU , CSM , RA a ďalších hodnôt.

Tab. 1: Zvolené aktuárske predpoklady

Alokácia poistného v % každý rok	96%
Poplatok za správu fondu v % z hodnoty fondu	2%
Odkupný poplatok v % z hodnoty fondu	10%
Celkové náklady na PZ v % z poistného	4%
Inflácia v %	2%
Riziková prirážka v % z celkovej PS	0,7%
Náklady na 1 poistnú zmluvu v €	8,00

Zdroj: vlastné spracovanie

Pri modelovaní peňažných tokov bola zvolená miera odstúpenia od poisťných zmlúv, uvedená v tabuľke 2 a pri zostavení diskontnej krivky sme vychádzali z bezrizikovej krivky EIOPA pre euro k 31.12.2019. V modeli sme použili úmrtnosť z databázy Human mortality database (dáta pre SR) za rok 2017.

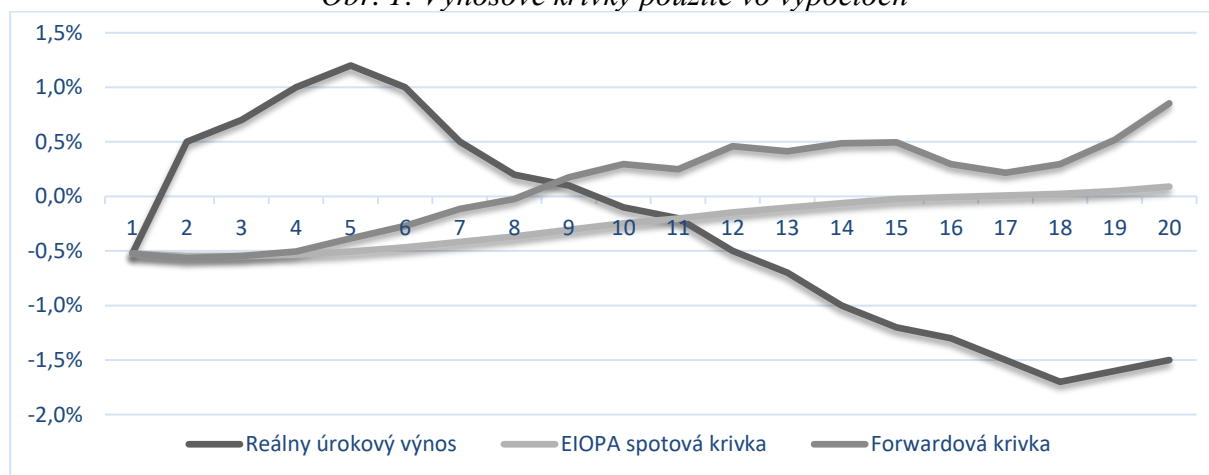
Tab. 2: Miera storna v závislosti od poisťného roka

Rok poisťnej zmluvy	1. rok	2. rok	3. rok	4. rok	5. rok	6. – 20. rok
Miera storna	10,00%	8,00%	7,00%	5,50%	3,50%	2,00%

Zdroj: vlastné spracovanie

Najskôr sme vytvorili základný VFA model, kde sa očakávané aktuárske predpoklady rovnali reálnym. V druhom VFA modeli sme spravili šokové scenáre, kde sme zdvihli mieru storna o 2%, 5% a 10% od druhého roku až po dvadsiaty. V treťom VFA modeli (zmena i) sme pre každý rok vytvorili model, kde bola v príslušnom roku iná úroková miera ako bola očakávaná. Porovnali sme očakávanú reálnu mieru s reálne dosiahnutým zhodnotením. Zvolili ju tak, že v prvej časti poisťnej doby je vyššia ako očakávaná a v druhej časti je nižšia. Hodnoty môžeme vidieť na obrázku 1. Cieľom tejto analýzy je porovnať hospodársky výsledok vo všetkých modeloch. Podľa metodiky IFRS 4 sme vytvorili obyčajný model pre peňažné toky.

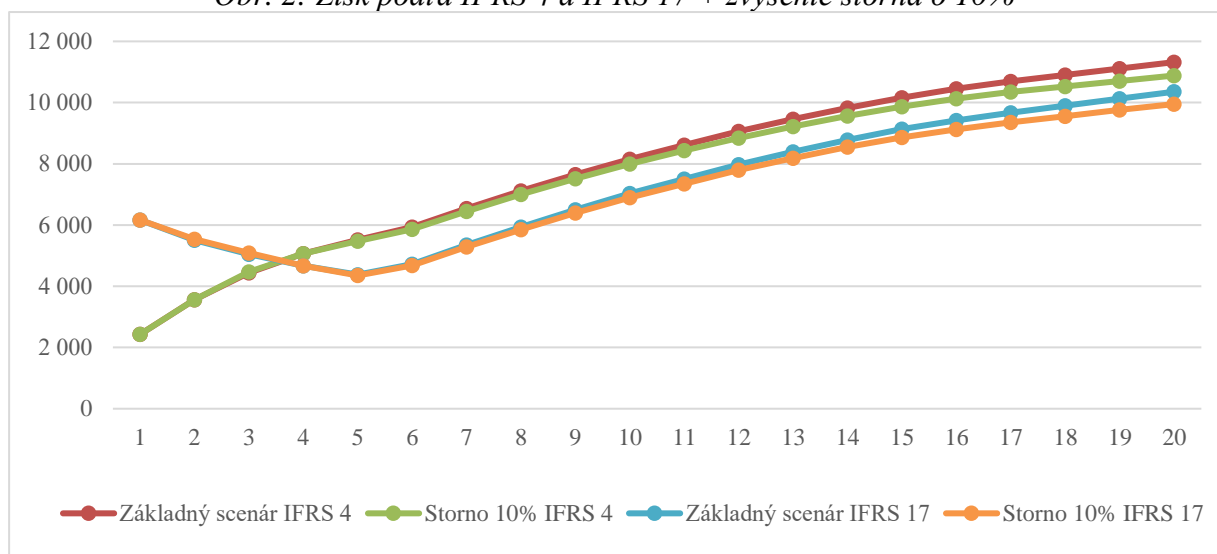
Obr. 1: Výnosové krivky použité vo výpočtoch



Zdroj: vlastné spracovanie

Obrázok 2 ilustruje porovnanie zisku podľa doteraz platného štandardu a nového IFRS 17. V prvých troch rokoch nadobúda vyššiu hodnotu zisk podľa IFRS 17, potom sa táto hodnota znižuje a zisk podľa IFRS 4 je vyšší až do konca poisťnej doby. Cieľom štandardu IFRS 17 je včas odhaliť stratové zmluvy a ich okamžitú stratu hneď vykázať ako stratu, aj keď sa za nejaký čas môže daná strata zmeniť na zisk. V celkovom súčte za všetky roky je zisk podľa IFRS 4 vyšší ako zisk podľa IFRS 17, je však zrejmé, že to nemusí platiť pri iných poisťných produktoch, alebo iných parametroch. Na obrázku 2 je viditeľný aj rozdiel od desiateho roku medzi ziskom v základnom modeli a ziskom so zvýšením storna o 10%. Čím dlhšie trvajú poisťné zmluvy, tým viac sa prejavuje zmena zvýšenia storna do hospodárskeho výsledku. Zvýšenie storna zvyšuje záväzky poisťovne (súvahová položka) a náklady na výplatu odkupu (položka vo výkaze ziskov a strát).

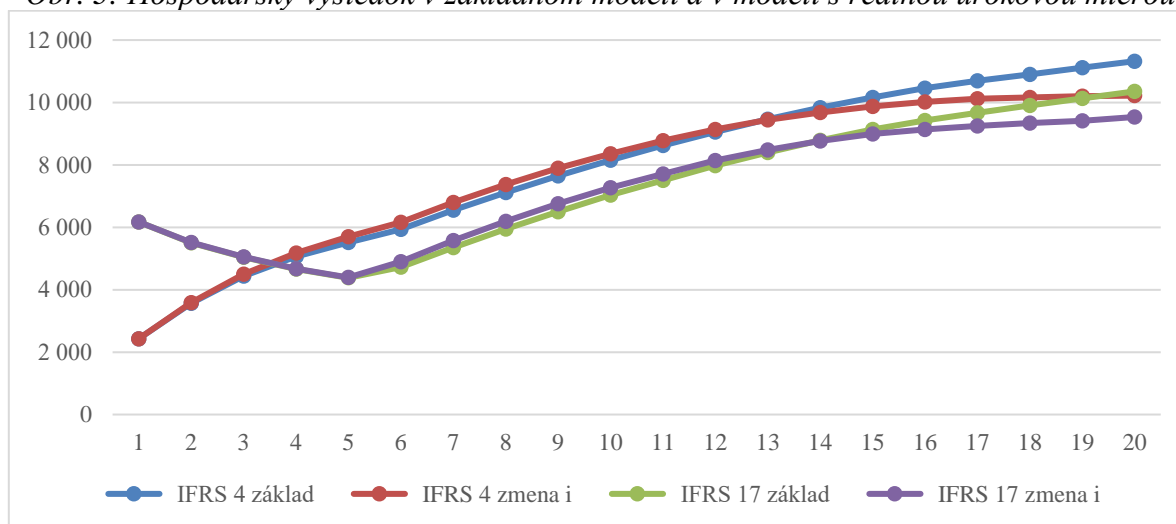
Obr. 2: Zisk podľa IFRS 4 a IFRS 17 + zvýšenie storna o 10%



Zdroj: vlastné spracovanie

Ďalej uvedieme porovnanie zisku v základnom modeli a v modeli s reálnou úrokovou mierou zobrazené na obrázku 3. Vzhľadom na zmenu úrokovej miery sa zisk kalkulovaný podľa IFRS 4 líši od základného modelu v období od druhého roku po dvadsiaty. Najväčší rozdiel sa nachádza v poslednom roku, a to vo výške 1 103,15 €. Zisk zo základného modelu je vyšší oproti zisku s reálnou úrokovou mierou. Je to spôsobené predpokladom v základnom modeli, že očakávané výnosy sa rovnajú skutočne dosiahnutým. V modeli s aktuálnou úrokovou mierou boli výnosy z investícií od štvrtého roka po trinásty vyššie, z dôvodu vyššej reálnej úrokovej miery, ktorá po deviatom roku dosahuje nižšie hodnoty ako očakávaná úroková miera. Tento trend nižšej reálnej úrokovej miery sa objaví v hospodárskom výsledku až v štrnástom roku a pretrvá až do konca poisťnej doby. Kalkulácia zisku podľa IFRS 17 prebehla odlišným spôsobom, a to použitím VFA modelu. Zmena úrokovej miery mala vplyv na zisk a to tým, že v celkovej sume došlo k zníženiu zisku. Zaujímavá je aj hodnota zisku podľa IFRS 17 v základnom modeli a v modeli s reálnou úrokovou mierou podľa IFRS 4. V poslednom roku sa tieto hodnoty skoro rovnajú.

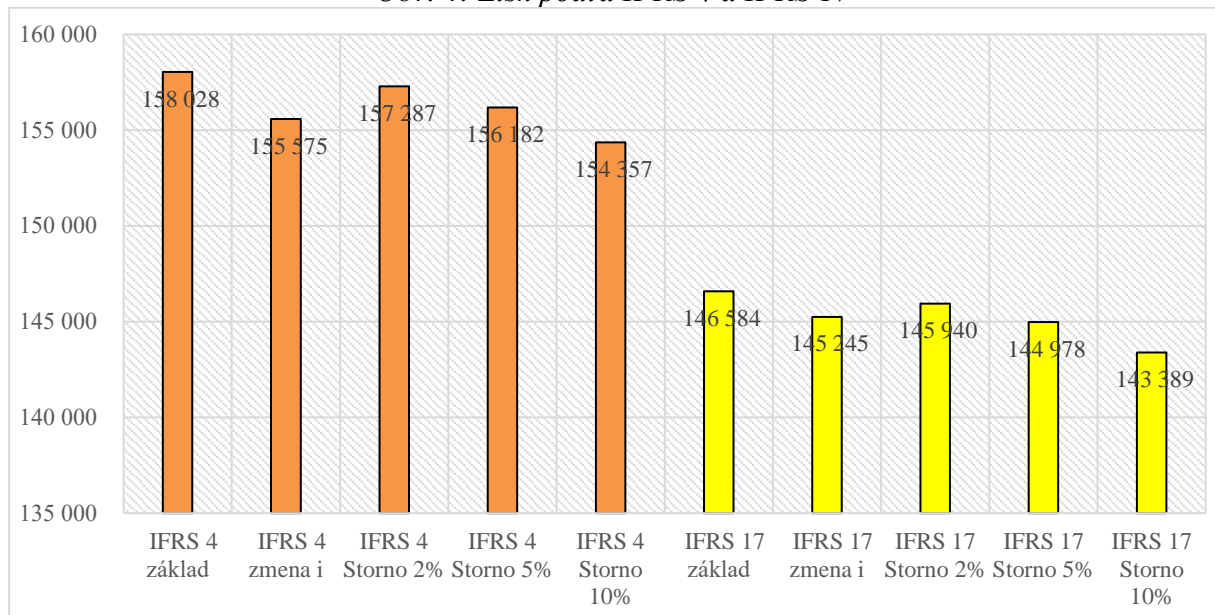
Obr. 3: Hospodársky výsledok v základnom modeli a v modeli s reálnou úrokovou mierou



Zdroj: vlastné spracovanie

Na záver uvádzame porovnanie celkového zisku z *UL* produktu spočítaného za celú poistnú dobu, za všetky VFA modely na obrázku 4. Celkový zisk podľa IFRS 17 je nižší ako podľa IFRS 4, najvyššie hodnoty nadobúdajú podľa obidvoch štandardov v základnom modeli. Je zrejmé, že zvýšenie hodnoty storna bude mať na zisk negatívny vplyv, teda ho bude znižovať. Zvolená reálna úroková krivka má rovnako negatívny vplyv na oba hospodárske výsledky.

Obr. 4: Zisk podľa IFRS 4 a IFRS 17



Zdroj: vlastné spracovanie

Z uvedených aktuárskych analýz môžeme konštatovať celkové zníženie zisku pre poisťovňu v prípade *UL* produktu kalkulovaného VFA metódou podľa IFRS 17 v porovnaní so ziskom podľa IFRS 4. Zvýšenie, resp. zníženie zisku po zmene úrokovej miery závisí od hodnoty skutočnej úrokovej miery, ktorá vstupuje do výpočtov a od toho, o koľko sa odlišuje od očakávanej hodnoty. V modeli so zmenou úrokovej miery bola skutočná úroková miera v prvej polovici poistnej doby vyššia ako očakávaná a v druhej polovici poistnej doby bola nižšia ako očakávaná (obrázok 1). Napriek tomu, že úroková miera klesala v druhej polovici, produkt bol stále ziskový.

5 Záver

Nemožno poprieť fakt, že poisťovne mali náročné obdobie do implementácie štandardu. Od vydania štandardu poisťovne hľadali zamestnancov s pracovnou náplňou „ako čo najlepšie implementovať IFRS 17“. Uvádzali pracovnú náplň v súvislosti so zavedením IFRS 17 na jednotlivých oddeleniach poisťovne. Štúdia (Poláček, 2019) hovorila o potrebe 3 až 4,5 zamestnancov potrebných na zavedenie tohto štandardu. Počet zamestnancov sa netýkal len oblastí poistnej matematiky a risk manažmentu, ale aj oddelení financií a účtovníctva, informatiky alebo produktov životného resp. neživotného poistenia. Už samotné nové produkty poisťovne nastavovali tak, aby vyhovovali požiadavkám kladeným v IFRS 17. Napríklad vývoj produktu, v ktorom bude jasne definované, či ide o poistný alebo investičný produkt s následným oddeľovaním jeho zložiek. Na oddeleniach účtovníctva a kontrolingu budú musieť zamestnanci do určitej miery rozumieť podstate nových položiek z hľadiska poistnej matematiky. Zároveň budú musieť implementovať tvorbu nových rekoncilačných tabuliek týkajúcich sa porovnania účtovných hodnôt za účelom komparácie údajov

a zabezpečenia ich správnosti. Účtovnú závierku už za rok 2022 budú musieť poisťovne zostavovať aj podľa IFRS 17, pretože tieto údaje budú musieť byť ako porovnateľné ku závierke za rok 2023 na prezentáciu vo výročnej správe.

Po prezentácii modelu z IFRS 17 sme dospeli k nasledujúcemu záveru. Dosaiahnuté výsledky majú konzistentný charakter a časť z nich bola očakávaná, iná neočakávaná. Napríklad, trochu očakávaný, viditeľný rozdiel medzi ziskom podľa IFRS 4 a IFRS 17, alebo výsledok, že zvýšenie storna povedie k dlhodobému zníženiu zisku z investičného životného poistenia pri stabilnej výnosnosti z podkladových aktív. Zmena očakávaných predpokladov v prípade úrokovej miery mala za následok vplyv hneď v danom roku iba pre niektoré zložky, v ďalšom roku už pre všetky zložky z výkazu ziskov a strát. Pohľad na zmenu celkového zisku v budúcnosti pri kalkulácii podľa IFRS 17 môže byť pre predstavenstvo poisťovne neoptimistický. Náklady spojené s realizáciou metodiky nového štandardu a ešte predpoklad nižšieho zisku sú skôr demotivujúce faktory pre podnikanie v oblasti poisťovníctva. Avšak ako každá nová regulácia, aj implementácia IFRS 17 si vyžaduje už teraz zvýšené náklady na počítačové aplikovanie.

Príspevok bol spracovaný v rámci riešenia grantovej úlohy VEGA 1/0410/22 *Analýza poisťných rizík vo vzťahu k hospodáreniu životnej poisťovne* a VEGA 1/0166/20 *Stanovenie kapitálovej požiadavky na krytie vybraných katastrofických rizík v životnom a neživotnom poistení.*

Literatúra

1. England, P. D. - Verrall, R. J. - Wüthrich, M. V. (2019) On the lifetime and one-year views of reserve risk, with application to IFRS 17 and Solvency II risk margins. In *Insurance: Mathematics and Economics*, 85: 74-88. Retrieved from: <https://ssrn.com/abstract=3141239> alebo <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3141239>
2. European Insurance and Occupational Pensions Authority. License Agreement – Risk Free Interest Rate Coding. Retrieved from: https://www.eiopa.europa.eu/license-agreement-risk-free-interest-ratecoding_en
3. International Actuarial Association. (2009) *Measurement of Liabilities for Insurance Contracts: Current Estimates and Risk Margins*. Retrieved from: <http://www.actuaries.org>
4. International Accounting Standards Board. (2017). IFRS 17 Insurance Contracts.
5. International Accounting Standards Board. (2020). IFRS 17 Insurance Contracts (Incorporating the June 2020 Amendments). Retrieved from: <https://cdn.ifrs.org/-/media/project/amendments-to-ifrs-17/ifrs-17-incorporating-the-june-2020-amendments.pdf?la=en>
6. Poláček Š. (2019) Vzdelávacie prednášky SSA 2019. Dostupné na: <http://aktuar.sk/sk/vzdelavanie/pravidelne-vzdelavanie/>
7. Sakálová, K. (2001) *Oceňovanie produktov v životnom poistení*. Bratislava: EKONÓM. 156 s. ISBN 80-225-1350-4.
8. The Human Mortality Database. Slovakia. Retrieved from: <http://www.mortality.org/cgi-bin/hmd/country.php?cntr=SVK&level=1>
9. Zelinová, S. (2021). *Medzinárodné štandardy finančného výkazníctva s aplikáciami pre prácu aktuára v životnom poistení*, dizertačná práca. EU v Bratislave, FHI, Katedra matematiky a aktuárstva.
10. Zelinová, S. (2020). Valuation of Insurance Contracts By VFA Method Under IFRS 17. In *DOKBAT 2020: 16th Annual International Bata Conference for Ph.D. Students and Young Researchers*. Zlín: Tomas Bata University in Zlín, Faculty of Management and Economics, s. 568-579. Retrieved from: [10.7441/dokbat.2020.49](https://doi.org/10.7441/dokbat.2020.49)



Management science a informačný manažment

Management science and information management

Ivan Brezina¹

Abstrakt

Inovovaný študijný program Informačný manažment v študijnom odbore Ekonomia a manažment je založený na symbióze techník z vednej oblasti management science a informačných technológií. Bol zostavený tak, aby zodpovedal moderným trendom rozvoja vedných oblastí management science a informačný manažment, podporoval analytické, ale aj abstraktné myslenie študentov. Jeho štruktúra je orientovaná na riešenie aktuálnych ekonomických problémov s veľkým dôrazom na informatickú podporu týchto riešení, ktoré riešia ekonómovia-informatici v najrôznejších organizáciách. Kombinácia management science a informačných technológií by mali poskytnúť študentom základy tvorivého prístupu k riešeniu problémov. Preto je potrebné zdôrazňovať význam a efektívnosť tohto prepojenia.

Kľúčové slová

Management science, informačný manažment

Abstract

The innovative study program Information Management in the field of study Economics and Management is based on the symbiosis of techniques from the scientific field of management science and information technology. It was compiled in such a way as to correspond to modern trends in the development of the scientific fields of management science and information management, to support students' analytical and abstract thinking. Its structure is oriented towards the solution of current economic problems with a strong emphasis on the IT support of these solutions, which are solved by economists-informatics in a wide variety of organizations. The combination of management science and information technology should provide students with the basics of a creative approach to problem solving. Therefore, it is necessary to emphasize the importance and effectiveness of this connection.

Key words

Management science, information management

JEL classification

C0, C6

1 Úvod

Od akademického roku 2022/2023 sa realizuje na Fakulte hospodárskej informatiky Ekonomickej univerzity v Bratislave študijný program druhého stupňa štúdia *Informačný manažment*. Tento študijný program rozvíja študijný odbor Ekonomia a manažment, pričom reflektuje súčasný rastúci dopyt po absolventoch ekonómoch-informatikoch, ktorí majú pokročilé vedomosti vo vybraných ekonomických oblastiach, manažérskych technikách a informačných technológiách a zároveň disponujú pokročilými analytickými zručnosťami, ktoré sú schopní použiť na analýzu ekonomických problémov v súkromnom a verejnom

¹ prof. Ing. Ivan Brezina, CSc., Ekonomická univerzita v Bratislave, Fakulta hospodárskej informatiky, Katedra operačného výskumu a ekonometrie, Dolnozemska 1/b, 85235 Bratislava, ivan.brezina@euba.sk.

sektore, spracovať veľké množstvo ekonomických údajov, porozumieť im a prijímať zodpovedné manažérske rozhodnutia založené na vyhodnotení realizovaných analýz pomocou relevantných kvantitatívnych metód a zodpovedajúcich nástrojov informatiky. Študijný program originálnym spôsobom poskytuje široké poznatky z oblasti získavania, spracovania a vyhodnotenia veľkého množstva údajov, manažérskych analytických prístupov, tvorby a riadenia informačných systémov, využívania moderných informačných technológií a techník, čím jeho absolventi získajú konkurenčné výhody pri uplatnení sa na trhu práce.

2 Informačný manažment

Absolventi študijného programu *Informačný manažment* by mali získať pokročilé vedomosti z oblasti analytických nástrojov manažéra v ekonómii, dátovej vedy, operačného výskumu, z prístupov k spracovaniu veľkého množstva ekonomických údajov a mali by sa dobre orientovať aj vo všeobecných ekonomických procesoch pri využití informačných technológií, čo by im malo umožniť aplikovať metódy výpočtovej inteligencie na podporu manažérskych úloh a manažérskeho rozhodovania. Zámery prepojenia ekonomických vedomostí s informačnými technológiami by mali viesť k schopnosti analyzovať a vyhodnocovať informačné toky v ekonomických systémoch, analyzovať, navrhovať, realizovať a prevádzkovať informačné systémy v ekonomických objektoch a verejnej správe, riadiť projektantské a programátorské tímy a vytvárať napr. komplexné business intelligence riešenia, riadiť ich životný cyklus a integrovať do IT prostredia vo výrobnom podniku, štátnej alebo inej inštitúcii.

Pretože absolventi študijného programu *Informačný manažment* by pri svojom uplatnení v praxi mali uplatňovať rôzne vedecké metódy, postupy a algoritmy na získavanie informácií z veľkého množstva rôznorodých údajov, musia ovládať štatistické metódy, logické metódy a metódy výpočtovej inteligencie v dolovaní vedomostí z dát, teda metódy, nástroje a techniky softvérového inžinierstva pri analýze, návrhu, implementácii a testovaní informačných systémov v podniku s využitím CASE systémov. Absolventi by mali byť schopní v praktickej situácii realizovať kvalifikovanú analýzu v prostredí neurčitosti, kvalifikovane interpretovať výsledky v potrebných súvislostiach, implementovať výsledky kvantitatívnych analytických metód do riadenia výrobných a nevýrobných podnikov, ziskových a neziskových organizácií, miestnej samosprávy, pracovať v riadiacej funkcii v ústredných riadiacich orgánoch.

Študijný program *Informačný manažment* je teda orientovaný na riešenie informačných a ekonomických úloh rôznych ekonomických objektov, aplikovanie metodológie a metódy v oblasti modelovania, matematizácie a informatizácie ekonomiky a ich procesov, vyhodnocovanie možného riešenia a výber optimálneho riešenia na tvorbu a prevádzku nového informačného systému vzhľadom na očakávané náklady a výnosy, riešenie vedecko-výskumné úlohy v oblasti hospodárskej praxe.

Predpokladom úspešného absolvovania študijného programu *Informačný manažment* je príprava na študijnom programe prvého stupňa štúdia *Hospodárska informatika*. Cieľom študijného programu *Hospodárska informatika* je poskytovanie vzdelania v oblasti informatiky s aplikáciou do ekonómie a rozvíjaním poznania v oblasti informatiky, ekonómie, manažmentu a informačných technológií. Tento cieľ naplňajú získané odborné a metodické vedomosti z informatiky, informačných a komunikačných technológií, štatistických a analytických metód, ekonómie a manažmentu s dôrazom na prácu s pokročilými technológiami, aplikovanie teoretických poznatkov informatiky pri vytváraní a riadení informačných systémov.

Výsledkom štúdia študijného programu *Hospodárska informatika* by malo byť získanie poznatkov z informatiky a informačných technológií prepojených s vedomosťami z oblasti ekonomiky a podnikového manažmentu, ako aj teórie rozhodovania, čo by malo predstavovať

dostatočný základ pre uplatnenie sa pri riešení úloh praxe, kde sa vyžaduje porozumenie vzťahov medzi ekonomikou a riadením podniku s informačnými zabezpečením podnikových procesov. Kombinácia poznatkov z informatiky, informačných technológií, manažérskych metód a ekonomických by mala garantovať pripravenosť absolventa na digitálnou revolúciou zmenenú realitu dneška zvládnutím modelovania rôznych výrobných, marketingových, správnych, ekonomických, sociálnych či manažérskych procesov a ich digitalizáciou.

Prepojenie pokročilých vedomostí z oblasti informatiky, algoritmickej, programovania, z prístupov k spracovaniu veľkého množstva údajov so schopnosťou identifikovať a analyzovať sociálno-ekonomické problémy a nájsť vhodné metódy a zodpovedajúce programové prostriedky pre ich riešenie predpokladajú vedomosti z pomerne širokého diapazónu vedných oblastí, ktoré možno zhrnúť pod pojem management science.

3 Management science

Aj keď sa niekedy chápe pojem *management science* ako synonymum k pojmu *operačný výskum*, v súčasnom ponímaní predstavuje *management science* širší pojem. Zatiaľ čo sa *operačný výskum* orientuje na analýzu údajov a na metódy orientované na zvýšenie efektívnosti manažérskych systémov, *management science* aplikuje tieto nástroje aj v takých oblastiach, ako je dolovanie údajov, inžinierstvo, ekonomické prognózy, logistika a podobne.

Management science (Anderson, et. al., 2009) vo svojich začiatkoch zahŕňala akúkoľvek aplikáciu vedy na problémy manažmentu alebo na samotný proces manažmentu, zahŕňala teda tak operačný výskum, systémové analýzy a ako aj štúdium manažérsko-informačných systémov. Toto široké chápanie rozsahu management science sa v roku 1953 odrazilo v založení Institute of Management Sciences (TIMS), založeného v roku 1953 na základe návrhu Operations Research Society of America (ORSA). Cieľom uvedeného inštitútu bolo identifikovať, rozširovať a zjednocovať vedecké poznatky, ktoré prispievajú k pochopeniu a praxi manažmentu. V roku 1995 sa ORSA a TIMS zlúčili a vytvorili Institute for Operations Research and the Management Sciences (INFORMS).

Súčasný pohľad na *management science* predstavuje koncept ktorý sa „zaoberá vývojom a aplikáciou modelov a konceptov, ktoré pomáhajú osvetľovať problémy a riešiť manažérske problémy“. Tento prístup sa v podstate zaujíma o pohľad na organizáciu a nájdenie spôsobov, ako sa môže lepšie riadiť a zlepšiť jej produktivitu. Metódy, ktoré využíva *management science*, sú predovšetkým orientované na analýzu údajov, štatistiku a metódy na zvyšovanie efektívnosti manažérskych systémov a využíva teda nástroje z oblastí ekonomiky, Business Administration, psychológie, sociológie, matematika, informačných technológií atď.

Pretože management science pristupuje k manažmentu ako k logickému procesu, možno tento proces vizualizovať, algoritmickej, kvantifikovať a opísať pomocou symbolov, meraní a vzťahov. Tento prístup je založený na využívaní poznatkov z oblasti teórie rozhodovania a racionálnych modeloch rozhodovania a môže organizácii poskytnúť model, ktorý pomáha identifikovať ciele a plán na ich dosiahnutie (Moshref-Javadi, 2011).

Management science vychádza z niekoľkých všeobecných predpokladov manažmentu (Anderson, et. al. 2015):

- Manažment je mechanizmus na riešenie problémov, ktoré možno modelovať a riešiť matematickými nástrojmi a technikami.
- Problémy v manažmente možno kvantifikovať a popísať matematickými prostriedkami, ale možno sem zahrnúť aj systémovú analýzu, ľudské správanie a pod..
- Manažérske problémy možno vyriešiť pomocou matematických nástrojov, štatistických nástrojov, simulácií a optimalizačných analytických modelov.

Management science možno charakterizovať ako vedu na riešenie problémov a podporu rozhodovania v organizáciách, je to teda aplikácia vedeckých prístupov v manažmente, ktorá

umožňuje manažérom efektívne sa rozhodovať a zlepšovať výkonnosť organizácie. Je to nástroj, ktorý umožňuje organizácii identifikovať problémy, ktoré potrebuje vyriešiť, umožňuje zefektívniť úsilie manažmentu, efektívnejšie využívať zdroje a vypracovať plány na dosiahnutie stanovených cieľov.

Management science je teda vedná disciplína, ktorá vo svojej podstate vychádza z operačného výskumu, je však interdisciplinárna, čo znamená, že zahŕňa dve alebo viac vedných disciplín. Medzi disciplíny, s ktorými sa veda o manažmente prelína, patrí inžinierstvo, teória hier, psychológia, projektový manažment, dátová veda, obchodné a finančné analýzy, krízový manažment, manažment dodávateľského reťazca a pod..

Podľa (Fábry, 2003) medzi typické manažérske problémy, pre ktoré sa využívajú techniky management science patria:

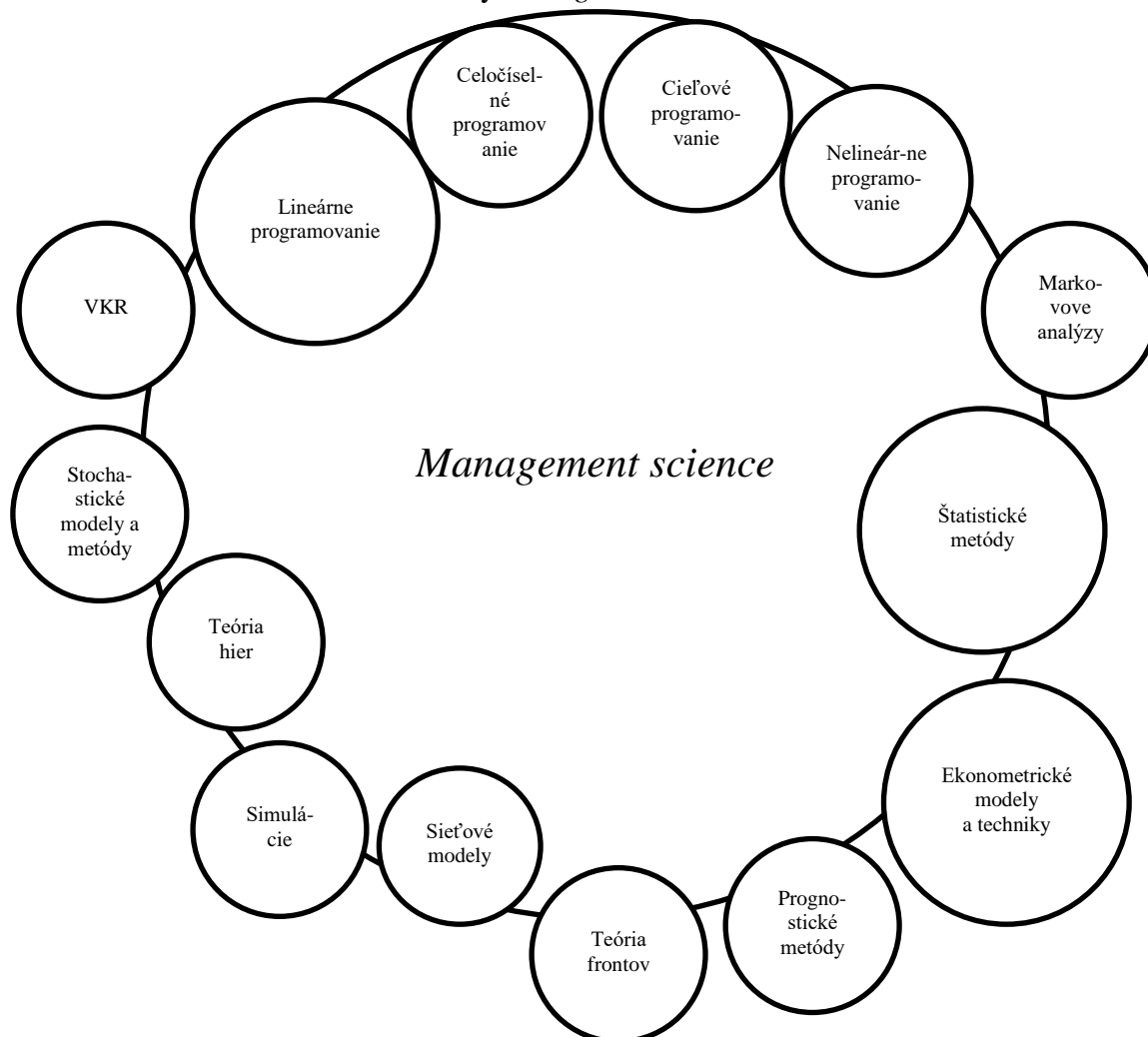
- kontrola zásob,
- návrh skladu,
- určenie produktového mixu,
- analýza portfólia,
- rozvrhovanie operácií a sekvenčné problémy,
- plánovanie dopravy,
- návrh informačných systémov,
- alokácia zdrojov,
- investičné rozhodnutia,
- projektový manažment,
- rozhodnutia o nových produktoch,
- rozhodnutia o predajných miestach,
- prieskum trhu,
- rozhodnutia o výskume a vývoji,
- cenová politika,
- rozhodnutia o kontrole kvality,
- problémy s nastavením stroja vo výrobnom procese,
- rozhodnutia o distribúcii,
- plánovanie pracovných síl,
- analýza úverovej politiky,
- analýza efektívnosti výskumu a vývoja,
- ďalšie.

Na riešenie uvedených, ale aj mnohých ďalších problémov možno použiť nasledujúce techniky (Obr.1):

- Lineárne programovanie,
- Celočíselné programovanie,
- Cieľové programovanie,
- Nelineárne programovanie,
- Sieťové modely,
- Stochastické modely a metódy,
- Teória frontov,
- Simulácie,
- Štatistické metódy,
- Ekonometrické modely a techniky,
- Prognostické metódy,
- Teória hier,

- Metódy viackriteriálneho rozhodovania (VKR),
- Markovove analýzy,
- ďalšie.

Obr. 1: Techniky management science



Zdroj: Vlastné spracovanie

Medzi najčastejšie pracovné pozície, v ktorých možno využiť poznatky z oblasti management science patria:

- Obchodný analytik – analyzuje trh, určuje ziskovosť organizácie a identifikuje riešenia jej problémov,
- Dátový analytik – zhromažďuje a interpretuje údaje, zvyrazňuje dôležité trendy a oznamuje zistenia vedeniu organizácie,
- Poistný matematický analytik (aktuár) – pracuje v poisťovníctve a využíva analýzu údajov a štatistické modelovanie na výpočet pravdepodobnosti a rizika udalostí, ako sú smrť, nehody a škody na majetku,
- Finančný analytik – posudzuje výkonnosť akcií, dlhopisov a investícií, aby radil organizáciám a jednotlivcom pri ich investičných rozhodnutiach,
- Programátor analytik – testuje, analyzuje a udržiava softvérové aplikácie, aby pomohol organizáciám dosiahnuť ich ciele,
- Rizikový analytik – analyzuje finančné dokumenty a ekonomické podmienky s cieľom určiť riziko spojené s obchodnými rozhodnutiami a plánovanými aktivitami,

- Výskumný analytik – zhromažďuje údaje z rôznych zdrojov, aby pomohla organizáciám určiť cieľové trhy a ideálne ceny produktov a služieb.

4 Nástroje management science v informačnom manažmente

Pretože študijný program *Informačný manažment* si kladie za cieľ prípravou absolventov so širokými vedomosťami z ekonómie, jej špecializovaných oblastí a informačných technológií založených na odborných a metodologických vedomostiach z ekonómie, manažmentu, analytických metód a informatiky, treba zdôrazniť potrebu ovládania pokročilých analytických a digitálnych zručností a kompetencií vyznačujúcimi sa samostatnosťou a predvídavosťou pri riešení problémov v meniacom sa prostredí a na tvorivé myslenie a prístupy. Vzhľadom k tomu, že študijný program kladie veľký dôraz na prácu s údajmi, aplikovanie pokročilých analytických zručností, vytváranie a riadenie informačných systémov je naplnený mnohými predmetmi, ktoré zodpovedajú obsahu vednej oblasti *management science*.

V skupine povinných predmetov z oblasti ekonómie a manažmentu, spracovania a analýzy údajov získavajú absolventi pokročilé vedomosti z tejto oblasti: Modelovanie podnikových procesov (profilový predmet), Business Intelligence (profilový predmet), Machine learning, Teória hier. Skupina povinných predmetov Optimálne programovanie, Viackriteriálne rozhodovanie (profilový predmet), Projektové riadenie (profilový predmet), Fuzzy množiny v rozhodovacích procesoch, Simulačné modely formuje pokročilé poznatky z oblasti analytických metód a techník modelovania.

Povinné predmety Softvérové inžinierstvo I, II ((profilový predmet), Distribuované technológie, Big Data formujú poznatky v oblasti informačných systémov a informačných technológií.

Študenti majú široký priestor pre vlastnú trajektóriu štúdia výberom zo spektra povinne voliteľných a výberových predmetov. Povinne voliteľné predmety sú rozdelené do troch skupín, pričom prvá skupina reprezentuje možnosti prehĺbovania vedomostí a zručností z oblasti informačných technológií – Vývoj mobilných aplikácií, Návrh UX, Paralelné programovanie, druhá na rozvoj vedomostí a zručností v oblasti získavania, spracovania a analýzy údajov – Data mining, Viacrozmerné štatistické analýzy, Získavanie znalostí výpočtovou inteligenciou, tretia na rozvoj analytických manažérskych nástrojov – Evolučné algoritmy, Softvérová podpora rozhodovania, Environmentálne modely.

Absolvovaní povinných a vybraných povinne voliteľných predmetov vie absolvent integrovať vedomosti z oblastí získavania a vyhodnocovania údajov (predmety Big Data, Machine learning), analýzy a modelovania podnikových procesov (predmety Optimálne programovanie, Modelovanie podnikových procesov, Simulačné modely, Softvérová podpora rozhodovania, Environmentálne modely), Business Intelligence (predmet Business Intelligence, Návrh UX), softvérového inžinierstva (predmety Softvérové inžinierstvo I, II, Vývoj mobilných aplikácií), manažmentu informačných systémov (predmet Manažment informačných systémov), projektového riadenia (predmet Projektové riadenie), dolovania veľkého množstva dát a ich spracovania (Predmety Big Data, Machine learning, Data Mining, Viacrozmerné štatistické metódy). Výsledkom jeho štúdia by mala byť schopnosť formulovať úsudky aj v prostredí obmedzenej informovanosti a v meniacom sa dynamickom prostredí (predmet Fuzzy množiny v rozhodovacích procesoch). Absolvent vie aplikovať pokročilé analytické metódy s použitím moderných softvérov (predmety Paralelné programovanie, Evolučné algoritmy). Študijný program je podporený softvérovými nástrojmi ako MS Project, Simul8, Enterprise Architect a používaní jazykov R, Python, Java a pod.

Tieto predmety nadväzujú na základné vedomosti získané v rámci štúdia študijného programu prvého stupňa štúdia *Hospodárska informatika*. Tieto vedomosti sú determinované

predovšetkým absolvovaním nosných predmetov tohto študijného programu z oblasti informatiky (predmety Informatika I a II, Algoritmy a programovanie, I, II a III, Databázové systémy I, Umelá inteligencia a expertné systémy), ekonomickej teórie a manažmentu (predmety Základy ekonómie, Účtovníctvo, Manažment, Manažment science I a II, Podpora rozhodovacích procesov, Ekonomická analýza I a II) a tiež z oblasti práce s informačnými technológiami (predmety Databázové systémy I, Operačné systémy, Sieťové technológie I a II). Tieto poznatky a zručnosti sú založené aj na predmetoch všeobecného univerzitného základu (predmety Matematika I a II, Štatistické metódy I a II). Informačné poznatky z oblasti informatiky dopĺňajú predmet Hospodárska informatika I a II, ako aj Úvod do informačnej bezpečnosti, Technológie znalostného manažmentu, Internetové a mobilné aplikácie I a II, IoT, Multimediálne aplikácie, Databázové systémy II, Elektronické podnikanie, Blockchain a digitálne meny.

5 Záver

Študijný program *Informačný manažment* je založený na symbióze techník *management science* a informačných technológií. Mal by zodpovedať moderným trendom rozvoja vednej oblasti informačný manažment, podporovať analytické, ale aj abstraktné myslenie študentov, ale mal by umožňovať riešiť živé problémy, ktoré sú kladené na ekonómov-informatikov v najrôznejších organizáciách. Kombinácia *management science* a informačných technológií by mali poskytnúť študentom základy tvorivého prístupu k riešeniu problémov.

Literatúra

1. Anderson, D. R. (Ed.), Sweeney, D. J. (Ed.), Williams, T. A. (Ed.), & Wisniewski, M. (Ed.) (2009). *Contemporary Management Since, Quantitative Approaches To Decision Making*. United Kingdom. 864 p. ISBN-13: 978-0314631497.
2. Anderson, D. R., Sweeney, D. J., Williams, T. A., Camm, J. D., a Cochran, J. J. (2015). *An Introduction to Management Science: Quantitative Approaches to Decision Making*. Cengage Learning, ISBN: 978-1111823610.
3. Fábry, J. (2003). *Management Science*. University of economics Prague, Prague. ISBN 80 - 245 - 0586 – X.
4. Javadi, M. H. M. (2011). Application and roles of management science tools and techniques to effective decision making in the academic settings. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 15, pp. 3616–3619. ISSN 1877-0428.
5. <https://fhi.euba.sk/uchadzaci-o-studium/bakalarske-studium#hospodarska-informatika>.
6. <https://fhi.euba.sk/uchadzaci-o-studium/inzinerske-studium>



Porovnanie prognostickej presnosti rôznych metód strojového učenia Comparing the forecast accuracy of various machine learning methods

Ádám Csápai¹, Erika Mináriková²

Abstrakt

V tomto článku skúmame presnosť prognóz rôznych metód strojového učenia. Ukázalo sa, že tieto metódy môžu zlepšiť výkonnosť prognóz. Prognózuje infláciu na Slovensku. Súbor údajov obsahuje 37 premenných. Najprv odhadneme lineárny regresný model, ktorý použijeme ako benchmark. Po druhé, odhadujeme penalizované regresné modely metódou najmenších štvorcov, akými sú hrebeňová regresia, lasová regresia a modely elastických sietí. Po tretie, používame metódy strojového učenia, konkrétne vrecovanie, zvyšovanie a náhodné lesy. Dáta rozdeľujeme na tréningovú a testovaciu vzorku a robíme bodové prognózy a porovnávame RMSE jednotlivých modelov. Naše zistenia podporujú záver, že naše metódy môžu zlepšiť presnosť prognózy, ak je k dispozícii relatívne veľký súbor údajov.

Kľúčové slová

Strojové učenie, prognózovanie, big data, inflácia

Abstract

In this paper we examine the forecast accuracy of various machine learning methods. It has been shown that these methods can enhance forecast performance. We forecast inflation in Slovakia. The dataset contains 37 variables. At first, we estimate a linear regression model. This gives us the benchmark. Secondly, we estimate regularized least squares models, such as the ridge regression, lasso regression and elastic net models. Thirdly, we use ensemble machine learning techniques, namely bagging, boosting and random forests. We split the data into a training and testing sample and do point forecasts and compare the RMSE of the models. Our findings support the conclusion that our methods can improve the forecast accuracy if a relatively large dataset is available.

Key words

Machine learning, forecasting, big data, inflation

JEL classification

C53, E47

1 Introduction

The basis for making economic and political decisions is data that helps us monitor macroeconomic conditions. Methods for tracking economic conditions using big data have evolved over time, and so econometric techniques have advanced in emulating, explaining, and automating the best practices of forecasters in investment markets, central banks, and other market monitoring tasks. Forecasting is mainly used to evaluate the state of the economy, for

¹ Ing. Ádám Csápai, University of Economics in Bratislava, Faculty of Business Informatics, Department of Operations Research and Econometrics, Dolnozemska cesta 1, 852 35 Bratislava, adam.csapai@euba.sk.

² Ing. Erika Mináriková, University of Economics in Bratislava, Faculty of Business Informatics, Department of Applied Informatics, Dolnozemska cesta 1, 852 35 Bratislava, erika.minarikova@euba.sk.

example the development of GDP. Forecasting models are used, for example, to monitor the state of the economy and the subsequent adoption of measures by the Central Bank. In this paper we show different forecasting methods based on big data and compare their performance to a simple linear regression model based on RMSE. In the second section we present the models, the third section contains the results while the fourth section concludes.

2 Methodology and methods

In this chapter we introduce the applied methods, namely the linear regression as the benchmark and regularized least squares and ensemble machine learning methods. The section is based on Maehashi and Shintani, who provide a comprehensive overview (Maehashi and Shintani, 2020).

We evaluate model performance using the Root-mean-square error metric. It is a measure of differences between predicted and observed values of the same dataset. It represents the quadratic average of these differences. We write the RMSE as

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \hat{x}_i)^2}{N}} \quad (1)$$

where i denotes variable i , N the number of data points, x_i represents the actual observations while \hat{x}_i stands for the estimated time series.

Our first model is a simple linear regression model, which we write as

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 x_{i1} + \dots + \beta_p x_{ip} + \varepsilon_i = \mathbf{x}_i^T \boldsymbol{\beta} + \varepsilon_i, \quad i = 1, \dots, n, \quad (2)$$

we assume that the reader is aware of the properties of this model so we do not provide in depth description in this paper and continue with describing more advanced methods.

Ensemble machine learning methods. Our methods employ decision (or regression) trees, as one of our aims is to account for possible nonlinearities in the data. These trees detection groups of similar observations by generating nodes step by step within the tree. Assume that y_{t+h} is our target variable representing the selected macroeconomic time series we want to forecast. Initially, each observation of y_{t+h} is sorted into nodes based on some predictor variable $X_i = (x_1, x_{2x}, \dots, x_N)$. Selected nodes are assigned the value of the sample mean y_{i+h} conditional on a selected predictor. If there are nodes left with no assigned values, they are divided by using the remaining predictors. The process end when we assign values to all the nodes.

Based on this we can write a regression tree with M terminal nodes as

$$y_{t+h} = \sum_{m=1}^M \theta_m 1_{|x_i \in h_m]} + \varepsilon_{i+h_n}, \quad (3)$$

where $1_{|x_i \in h_m]}$ represents the indicator function, R_m is a portion of the space of X_b and θ_m gives us the sample mean of y_{th} conditional on $X_t \in R_m$. The aim of the estimation is to select the tree structure which minimizes $\sum_{i=1}^T \varepsilon_{i+h}^2$. To find this tree we select sorting variables from X_t and pick splitting values at each node. We use the algorithm which selects the optimal values for sorting and splitting, respectively (Breiman et al., 1984)

Regression trees do well if nonlinearity and variable interactions are present, but their out-of-sample forecast performance is generally suboptimal, because they are sensitive to changes in the data. To solve this problem, we not use regression trees themselves but they serve as the basis of our ensemble machine learning methods, namely bagging, boosting and random forests.

Bagging. Bagging stands for the bootstrap aggregating procedure. The capability of the method to improve forecast accuracy has been empirically shown (Breiman, 1996). Bagging also reduces forecast errors for i.i.d. data (Bühlmann and Yu, 2002). The same has been shown for time series data as well (Inoue and Kilian, 2008).

In bagging, we generate bootstrap samples of $X_t = (x_1, x_2, \dots, x_N)'$ and y_{t+h} B times and then a regression tree computes the forecast $\hat{y}_{t+h}^{(b)}$ for each bootstrap sample $X_t^{(b)}$ and $y_{t+h}^{(b)}$. In the last step we average the forecasts of each bootstrap sample $B^{-1} \sum_{b=1}^B \hat{y}_{t+h}^{(b)}$, which diminishes the overfitting and large volatility problem of individual forecasts. In our application below, we set the number of bootstrap samples at $B = 10$.

Random forests. Random forests are a derivative of bagging (Breiman, 2001). Bagging forecasts are stable only if regression trees of different bootstrap samples are not highly correlated. If they are, averaging might not be sufficient to reduce forecast variance, since individual regression trees in bootstrap samples are similar.

A dropout procedure has been proposed for decorrelating regression trees of individual samples (Hastie et al., 2009). More precisely, the set of predictors $X_i = (x_{16}, x_{21}, \dots, x_{N_i})'$ is reduced by randomly drawing subsets $X_i^* = (x_{i1}^*, x_{i2}^*, \dots, x_{i k}^*)'$ where $k < N$. For each X_i^* bagging is employed as a forecast method as $B^{-1} \sum_{b=1}^B \hat{y}_{t+h}^{(b)}$ where $\hat{y}_{t+h}^{(b)}$ is computed using a bootstrap sample $X_t^{*(b)}$ and $y_{t+h}^{(b)}$. This procedure is repeated for multiple subsets and the forecast average is calculated for each. The correlation is reduced because subsampling results in differently structured regression trees, which should lead to stable forecast. In this paper the subset of predictor variables is set at $k = N/2$.

Boosting. Boosting was introduced boosting as an alternative solution to the overfitting problem (Schapire, 1990).

Assume that $\sum_{m=1}^M \theta_m \mathbf{1}_{[X_t \in R_m]}$ gives us a simple regression tree with initial value of $f_0(X_t) = \eta \sum_{m=1}^M \theta_m \mathbf{1}_{[X_t \in R_m]}$. $\eta \in (0,1)$ represents the learning rate set at $\eta = 0.1$. In boosting the depth of regression trees should be shallow, which implies that each base learner $f_s(X_t)$, for $s = 0, 1, \dots, S$, is a weak learner. In the actual stage the algorithm employs information of forecast errors from previous trees and searches for a new algorithm with L_2 loss function based on this information. This produces model updates at s -th stage using

$$f_s(X_t) = f_{s-1}(X_t) + \eta \sum_{m=1}^{M_s} \theta_{sm} \mathbf{1}_{[X_t \in R_{sm}]}, \tag{4}$$

where $\sum_{m=1}^{M_s} \theta_{sm} \mathbf{1}_{[X_t \in R_{sm}]}$ is estimated for the residual from $(s - 1)$ -th stage, $y_{t+h} - f_{s-1}(X_t)$. The model is updated until s reaches a set limit on boosting stages.

Penalized regression. Penalized regression, or alternatively regularized least squares deals with many predictors. We employ three methods, namely lasso, ridge, and elastic net. These methods minimize

$$\sum_{t=1}^T \{(y_{t+h} - \sum_{i=1}^N \beta_i x_{it})^2 + \lambda J(\beta)\}, \tag{5}$$

where λ represents the regularization hyperparameter. The aforementioned methods specify the penalty term $J(\beta)$ where $\beta = (\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_N)'$ differently. For all regularized methods we choose λ by 5-fold cross-validation, which is standard in the literature.

Lasso. Lasso stands for least absolute shrinkage and selection operator (Tibshirani, 1996). In this case the penalty function is $J(\beta) = \sum_{i=1}^N |\beta_i|$, with the penalty term being the L_1 norm, implying a kink at 0 in a constrained minimization problem with respect to β . As a result, many coefficient estimates equal zero. Because of this, we consider lasso a variable selection procedure in sparse modeling.

Ridge. Ridge was introduced with an L_2 norm penalty function $J(\beta) = \sum_{i=1}^N \beta_i^2$ (Hoerl and Kennard, 1970). The regression coefficients can be close but not equal to zero. This means that in the case of ridge coefficients are shrunk to prevent overfitting, thus it is called a shrinkage method.

Elastic net (EN). Lasso performs better when ridge when most model coefficients equal to zero, while ridge is preferred if predictors are highly correlated (Zou and Hastie, 2005). Elastic net claims to have the best of both worlds simultaneously by introducing the penalty function $J(\beta) = \omega \sum_{i=1}^N |\beta_i| + (1 - \omega) \sum_{i=1}^N \beta_i^2$, where ω is the hyperparameter presenting the relative weight of L_1 norm penalty and L_2 norm penalty. Cross-validation is used to determine ω . It is clear that elastic net equals to lasso if $\omega = 1$ and ridge if $\omega = 0$. This means that elastic net has both shrinkage and selection features.

There is no single best penalized regression method which works in all cases when forecasting selected U.S. macroeconomic variables (Kim and Swanson, 2018). Because of this we also employ all three methods. In addition, these methods are based on the linear combination of predictors. Ensemble machine learning methods address this issue and introduce possible nonlinearity or interaction between variables. By using both types of methods, we take into consideration multiple scenarios and can draw meaningful conclusions from the data.

3 Data

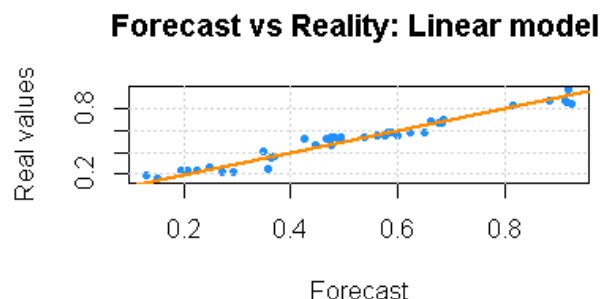
We use monthly observations of 37 Slovakian macroeconomic time series from November 2008 to December 2019, which means that $N = 37, T = 137, N \times T = 5069$. Our only target variable is Slovakian inflation, measured by the HICP index and we do one-period-ahead forecast as a preliminary analysis.

Our first step is cleaning the data. We see that there are no NA values, so we create a function in R to calculate RMSE. Our second step is creating the samples for forecasting. We split the data into two subsets. The first subset consists of 70% of all observations of all the predictors and serves as the training data set. The second subset consist of 30% of all the observations and serves as the testing data set. After we split the data in half, we start estimating the aforementioned models.

4 Results

We start with our first model, the simple linear regression.

Fig. 1: Forecast vs Reality: Linear model

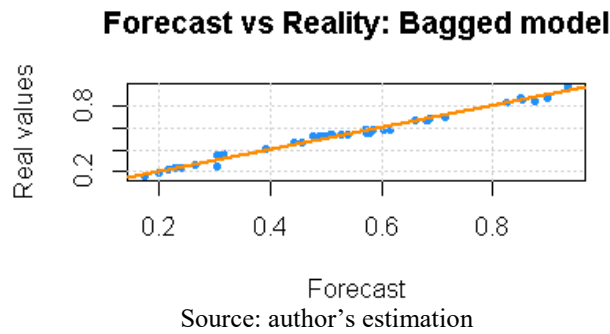


Source: author's estimation

On Figure 1 we see the comparison of the true and forecasted values of the model. Based on this figure it is clear that the forecast is fairly accurate. As the measurement of accuracy we use the Root Mean Squared Error (RMSE). The RMSE of this model is 0.04444563, which is fairly low.

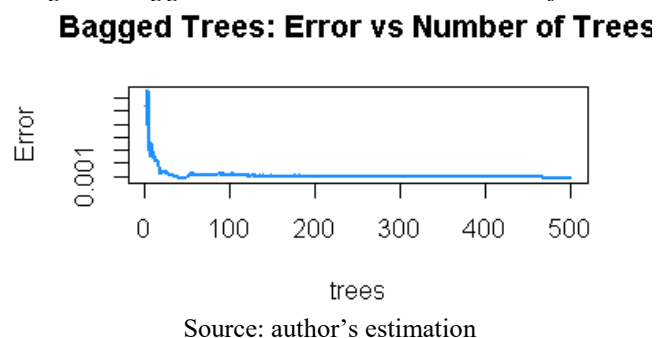
To continue with, we build a forecasting model using a single regression tree. This should be inappropriate, but is good to see how much improvement bagging, boosting and a full random forest can provide compared to a single tree. The RMSE of the single tree model is 0.04017693, which is better than that of the linear model, but not by much. We can see that the overperformance of the single tree is small, thus we expect that the other ensemble machine learning methods manage to overperform our linear model.

Fig. 2: Forecast vs Reality: Bagged model



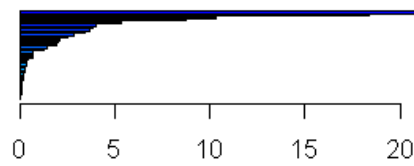
The first ensemble machine learning method is bagging, which we described above. Based on the above description we set the number of bootstrap samples at 13 and the number of trees at 500. We do this to accommodate the larger than usual dataset. The results are presented on Figure 2. Figure 2 is fairly similar to Figure 1, which represents our linear model and it would be really hard to tell the difference between the two at first glance. Because of this we also calculate the RMSE of this model. The RMSE of the bagged model is 0.02437744, which is almost a two-fold improvement over the linear regression model, meaning the bagged model is two times more accurate at prediction if we use RMSE as the measure of accuracy. It is also important to note that it was beneficial to use multiple trees instead of one as in the first ensemble model. The reason of this is on Figure 3. It is clear that by increasing the number of trees from one to multiple the RMSE falls exponentially. Next, we move on to the random forest model to find out whether ensemble machine learning methods overperform as a whole, or it is just one of them.

Fig. 3: Bagged Trees: Error vs Number of Trees



The second ensemble machine learning method is the random forest, also described above. We set the number of variables randomly sampled as candidates at each fit at 4 and also use 500 trees. Comparing the forecasted and real values on a figure yields similar results as above so we do not include the figure here, only calculate the RMSE of the model. The RMSE is 0.02752882, which is slightly higher than that of bagging, but still lower than the RMSE of our linear regression model. The last of this class of methods left is boosting.

Fig. 4: Relative influence of all variables



Relative influence
Source: author's estimation

The third ensemble machine learning methods is boosting. Based on its description we set a higher number of trees, namely 5000 so we perform 5000 iterations. We find that all of the predictors had non-zero influence. On Figure 4 we see this, most of the predictors, however, had quite small influence, while others, such as interest rates had higher than average. The RMSE of this boosted model is 0.02157115, which is the smallest of all. We can compare all the RMSEs in Table 1 below.

Table 1: RMSE of ensemble machine learning methods

Model	RMSE
Linear Model	0.04444563
Single Tree	0.04017693
Bagging	0.02437744
Random Forest	0.02752882
Boosting	0.02157115

Source: author's estimation

Table 1 clearly states that ensemble machine learning methods overperform a simple linear regression model when it comes to forecasting. Not even one of them has a higher RMSE. Next, we move on to calculate forecast errors for the penalized regression methods as well.

Table 2: RMSE of all methods

Model	RMSE
Linear Model	0.04444563
Single Tree	0.04017693
Bagging	0.02437744
Random Forest	0.02752882
Boosting	0.02157115
Ridge	0.05146617
Lasso	0.04729068
Elastic Net	0.05071797

Source: author's estimation

We begin with the ridge regression, which is the shrinkage method. Our first aim is to find the optimal value of lambda, which we do according to the literature standard by employing 5-fold cross-validation. The optimal value of λ in our case is 0.003981072. This model has an RMSE of 0.05146617, which is slightly higher than that of the linear regression model and more than double than the ensemble machine learning models' RMSE.

Our second penalized regression method is lasso with optimal lambda 0.001. The RMSE of this model at 0.04729068 is slightly lower than the RMSE of ridge, but it still underperforms even the simple linear regression model.

Our last penalized regression model is the elastic net. The optimal λ value of this model is 0.001209406 and the optimal ω value is 0.06185348. The RMSE of the model is 0.05071797, which again underperforms our linear regression model. Table 2 summarizes the RMSE of all the models.

5 Conclusion

In this paper we do one-period-ahead forecasts of inflation based on a large dataset. Because of the size of the dataset, we employ methods usually employed in big data analysis. Our preliminary results seem to be appealing. To begin with, penalized regression methods generally perform worse than our simple linear regression model based on RMSE. On the other hand, ensemble machine learning methods are two times as accurate than the linear regression in our dataset when measured by RMSE for a one-period-ahead forecast horizon. This suggests the presence of nonlinearities and variable interactions in the data. Moving on we plan to enlarge the dataset, apply the methods to GDP and test the model performance on multiple forecast horizons.

Acknowledgements

The authors are thankful for the University of Economics in Bratislava, who supported this research under the program „Projects of young teachers, researchers and doctorate students“ with project number I-22-110-00.

References

1. Breiman, L. (1996). Bagging predictors. *Machine Learning* 24 (2), 123–140.
2. Breiman, L. (2001). Random forest. *Machine Learning* 45 (1), 5–32.
3. Breiman, L., Friedman, J., Stone, C.J., Olshen, R.A., (1984). Classification and Regression Trees. Chapman and Hall/CRC, New York, NY.
4. Bühlmann, P., Yu, B. (2002). Analyzing bagging. *Annals of Statistics* 30 (4), 927–961.
5. Hastie, T., Tibshirani, R., Friedman, J. (2009). The Elements of Statistical Learning (2nd ed.). Springer, New York, NY.
6. Hoerl, A.E., Kennard, R.W. (1970). Ridge regression: biased estimation for nonorthogonal problems. *Technometrics* 12 (1), 55–67.
7. Inoue, A., Kilian, L. 2008. How useful is bagging in forecasting economic time series? A case study of U.S. consumer price inflation. *Journal of American Statistical Association* 103 (482), 511–522.
8. Kim, H.H., Swanson, N.R. (2018). Mining big data using parsimonious factor, machine learning, variable selection and shrinkage methods. *International Journal of Forecasting* 34 (2), 339–354.
9. Maehashi, K., Shintani, M. (2020). Macroeconomic forecasting using factor models and machine learning: an application to Japan. *Journal of the Japanese and International Economies* (58), 1-17.
10. Schapire, R.E. (1990). The strength of weak learnability. *Machine Learning* 5 (2), 197–227.
11. Tibshirani, R. (1996). Regression shrinkage and selection via lasso. *Journal of the Royal Statistical Society: Series B* 58 (1), 267–288.
12. Zou, H., Hastie, T. (2005). Regularization and variable selection via the elastic net. *Journal of the Royal Statistical Society: Series B* 67 (2), 301–320.



Princípy formulovania viackriteriálnej volebnej hry Principles of formulating a multi-criteria voting game

Zuzana Čičková¹, Simona Chuguryan²

Abstrakt

V teórii hier sú viackriteriálne hry (hry s vektorovými funkciami platieb) rozšírením štandardnej jednokriteriálnej hry, pričom ich podstata spočíva v rozšírení počtu kritérií, ktorými sa hráči riadia pri hodnotení výsledkov svojich rozhodnutí. Teda hráči zvažujú ľubovoľné množstvo kritérií, ktoré ovplyvňujú ich rozhodovanie, s čím je spojený aj rovnaký počet ich funkcií platieb. Tento príspevok je venovaný možným prístupom k formulácii viackriteriálnej volebnej hry. Zameriame sa na možné formovanie koalície z hľadiska blízkosti politického programu zahrňajúceho viacero verejných oblastí. Je zrejmé, že členovia koalície by mali mať blízko ku koalíčnému programu, ale tiež zvažujú vlastnú silu v rámci koalície a tiež koalíčnú stabilitu, čo vo všeobecnosti vedie k formulácii úlohy viackriteriálneho programovania.

Kľúčové slová

Volebná hra, viackriteriálne rozhodovanie, teória hier

Abstract

In game theory, multi-criteria games (games with vector payoff functions) are an extension of the standard one-criteria game, and their essence lies in expanding the number of criteria that players use when evaluating the results of their decisions. Thus, players consider more number of criteria that influence their decision making, which is connected to the same number of their payoff functions. This contribution is devoted to possible approaches to the formulation of a multi-criteria voting game. We will focus on the possible formation of a coalition from the point of view of the proximity of a political program covering several public areas. Obviously, coalition members should be close to the coalition program, but they also consider their own strength within the coalition and also coalition stability, which generally leads to the formulation of a multi-criteria programming problem.

Key words

Voting game, Multi-criteria decision making, Game theory

JEL classification

C70, C61

1 Úvod

Teória hier je oblasť aplikovanej matematiky, ktorá analyzuje rôzne konfliktné situácie (hry) medzi subjektami (hráčmi). Každý z hráčov sa pritom snaží maximalizovať vlastné

¹ doc. Ing. Zuzana Čičková, PhD., Ekonomická univerzita v Bratislave, Fakulta hospodárskej informatiky, katedra operačného výskumu a ekonometrie, Dolnozemska cesta 1, 852 35 Bratislava, zuzana.cickova@euba.sk.

² PhDr. Simona Chuguryan, PhD. Ekonomická univerzita v Bratislave, Fakulta medzinárodných vzťahov, Katedra medzinárodných politických vzťahov, Dolnozemska cesta 1, 852 35 Bratislava, simona.chuguryan@euba.sk.

záujmy (platby). Teória hier s snaží analyzovať tieto konflikty a pomocou matematických modelov identifikovať také stratégie (z množiny dostupných stratégií hráčov), ktoré vedú k rovnovážnemu riešeniu danej hry. Rovnovážny stav je taký stav, ktorý sa sám vynucuje tým, že jednostranný odklon od rovnovážnej stratégie zhoršuje situáciu hráča, ktorý sa o danú zmenu pokúsi. Štandardné konflikty v teórii hier sú také, v ktorých sa hráči snažia maximalizovať práve jedno kritérium. V reálnych situáciách sa však často aspoň jeden z hráčov rozhoduje na základe viacerých kritérií, ktoré chce maximalizovať súčasne.

Viackriteriálne hry, známe tiež ako hry s vektorovými funkciami platieb, predstavujú rozšírenie štandardnej jednokriteriálnej hry, pričom ich podstata spočíva v množstve kritérií, ktorými sa hráči riadia pri hodnotení výsledkov svojich rozhodnutí. Zatiaľ čo pri klasických hrách hráči zvažujú len jedno rozhodovacie kritérium, a teda jednu funkciu platieb, pri viackriteriálnych hrách môžu mať hráči ľubovoľné množstvo kritérií, ktoré ovplyvňujú ich rozhodovanie, s čím je spojený aj rovnaký počet ich platobných funkcií.

Teória viackriteriálnych konfliktných situácií vychádza z princípov jednokriteriálnych hier, či už ide o hry v normálnom tvare, alebo tvare charakteristickej funkcie (Chobot, 1986). Prvýkrát termín vektorové funkcie platieb použil vo svojej práci Blackwell (1956), ktorý ako prvý bližšie popísal problém viackriteriálnych hier. Na riešenie takýchto hier bolo navrhnutých niekoľko možností. Shapley a Rigby (1959) vo svojej práci, ako už naznačuje aj jej názov „Equilibrium Points in Games with Vector Payoffs“ predstavili základný koncept hľadania rovnovážnych bodov. Pritom viackriteriálne rozhodovanie patrí k najzložitejším rozhodovacím procesom. Nie je preň charakteristický len počet kritérií ale aj vzťah medzi nimi. Tieto kritériá sa častokrát nedajú jednoducho kvantitatívne sčítať (Zúna 2010). Základnými prvkami viackriteriálneho rozhodovacieho procesu sú cieľ rozhodovania, subjekt a objekt rozhodovania, kritéria rozhodovacieho procesu, varianty resp. alternatívy a scenáre rozhodovacieho procesu (Ramík, Tošenovský 2013). Problémom sú však antagonistické kritériá, ktoré sa môžu objaviť v procese rozhodovania. V prípade, že do rozhodovacieho procesu vstupuje viacero osôb (subjektov), je nevyhnutné stanoviť aj spôsob dosiahnutia výsledku (napr. konsenzus) (Tichý 2006).

2 Viackriteriálna volebná hra

Volebné hry sú špeciálnym prípadom kooperatívnych hier. Kooperatívnou hrou je hra, v ktorej hráči môžu vzájomne spolupracovať a teda uzatvárať záväzné dohody o tom, aké stratégie zvolí tak, aby maximalizovali svoju výhru. Kooperatívne hry s neprenosnou výhrou predpokladajú uzatvorenie dohody o výbere stratégií, ale už nie o prerozdelení nadbytku zo spolupráce. S vyššou mierou spolupráce uvažujú hry s prenosnou výhrou, kde hráči po záväznej dohode konajú ako jeden subjekt a nadbytok získaný spoluprácou si prerozdelia tak, aby každý z hráčov nemal menej ako v prípade, že by nespolupracoval. Takto môže spolupracovať aj hráč, pre ktorého by bola spolupráca v prípade neprenosnej výhry nemožná. S týmto je úzko spojená otázka redistribúcie, pričom teória redistribučných systémov je špeciálnou časťou teórie hier.

Jednou z otázok riešených v rámci volebných hier je zostavenie koalície, ktorá disponuje s určitým počtom hlasov (nadpolovičná väčšina, ústavná väčšina). Ďalej sa zameriame na formuláciu viackriteriálnej volebnej hry z hľadiska blízkosti politického programu zahŕňajúceho viacero verejných oblastí, pričom pred formovaním koalície zvažujú viacero kritérií.

Uvažujme s politickým systémom zahŕňajúcim niekoľko politických strán a o komplexných verejných oblastiach (zdravotníctvo, verejné financie, daňová politika, sociálna politika, zahraničná politika a podobne). Každá z politických strán tak chce presadiť čo

najviac svojich hodnôt do koaličného programu a snaží sa svoje hodnoty zahrnúť do koaličného programu.

Politické strany tiež preferujú koalície s čo najvyšším počtom vlastných zástupcov a dajú prednosť koalícii, kde budú mať výrazné zastúpenie pred koalíciou, kde by bol počet ich zástupcov k celkovému počtu malý.

Strany majú záujem aj na stabilite koalície, aby sa minimalizovala pravdepodobnosť jej rozpadnutia. Je zrejmé, že jednotlivé koalície by mali mať blízko ku koaličnému programu z pohľadu komplexných verejných tém. V opačnom prípade by členovia koalície, ktorí nezdieľajú koaličný program, mali tendenciu z koalície vystúpiť.

Nech $N = \{1, 2, \dots, n\}$ reprezentuje množinu všetkých (n) politických strán. Každá politická strana má určitý počet zástupcov (poslancov) a_i , $i = 1, 2, \dots, n$, potom celkový počet zástupcov bude:

$$\sum_{i=1}^n a_i, i = 1, 2, \dots, n \quad (1)$$

Ďalej nech parameter α reprezentuje tzv. hlasovacie pravidlo, čo znamená, že aby bola koalícia víťazná, musí mať najmenej $\lfloor \alpha a_0 \rfloor + 1$ členov, kde $\lfloor \alpha a_0 \rfloor$ reprezentuje celú časť súčiny αa_0 .

Označme množinu uvažovaných verejných tém ako $M = \{1, 2, \dots, m\}$. Nech pre každú politickú stranu možno vyčíslieť jej preferenciu na verejnej oblasti skalárnou hodnotou z intervalu $(0, 1)$. Uvažujme napríklad s oblasťou zdravotníctva. Tak by mohla krajná hodnota 0 charakterizovať stav absolútne bezplatnej a rovnakej zdravotnej starostlivosti pre všetkých (nadstandard neexistuje a nie je možné si zaň priplatiť) a krajná hodnota 1 by mohla reprezentovať opačný stav plne hradenej zdravotnej starostlivosti. Každá zo strán by tak mohla kvantifikovať svoju preferenciu v každej uvažovanej verejnej oblasti. Preferenciu i -tej politickej strany v j -tej verejnej oblasti tak možno označiť ako k_j^i , $i = 1, 2, \dots, n$, $j = 1, 2, \dots, m$. Vektorom

$$\mathbf{k}^i = \{k_1^i, k_2^i, \dots, k_m^i\}, i = 1, 2, \dots, n \quad (2)$$

tak možno označiť preferovaný politický program i -tej volebnej strany.

Uvažujme teraz s vytvorením koalície S , $S \subseteq N$. Koaličný program koalície S podľa j -tej verejnej oblasti označme K_j , $j = 1, 2, \dots, m$. Ak vychádzame z úvahy, že silnejšiu vyjednávaciu pozíciu majú strany s vyšším počtom členov, možno koaličný program v j -tej oblasti určiť vo vzťahu počtu členov i -tej strany a_i , $i = 1, 2, \dots, n$ voči k počtu členov v koalícii ako vážený priemer preferencií koaličných strán:

$$K_j = \sum_{i \in S} \frac{a_i}{\sum_{i \in S} a_i} k_j^i, j = 1, 2, \dots, m \quad (3)$$

Celkový koaličný program pre všetky oblasti možno potom označiť ako: $K = \{K_1, K_2, \dots, K_m\}$.

Zamerajme sa teraz na vyčíslení funkcií, ktoré budú vyjadrovať záujmy koaličných strán.

- Každá politická strana má záujem minimalizovať maximálnu odchýlku (pre volebnú oblasť) svojich preferencií od koaličného programu:

$$f_1^i = \max_{j \in M} |k_j^i - K_j|, i = 1, 2, \dots, n \quad (4)$$

- Každá politická strana má záujem maximalizovať svoju moc v koalícii:

$$f_2^i = \frac{a_i}{\sum_{l \in S} a_l}, i = 1, 2, \dots, n \quad (5)$$

- Z hľadiska stability koalície majú jej členovia záujem minimalizovať celkovej odchýlky:

$$f_1 = \max_{i \in S} (\max_{j \in M} |k_j^i - K_j|) \quad (6)$$

aby ani jeden z členov nemal záujem vystúpiť z koalície.

Je zrejmé, že treba maximalizovať funkciu (5) a minimalizovať funkciu (4) a (6). Takto pôjde o úlohu viackriteriálneho programovania. Pri riešení možno využiť to, že hodnoty všetkých cieľových funkcií možno vyčísliť v porovnateľných jednotkách z intervalu $(0,1)$. Na jej riešenie možno použiť niekoľko prístupov.

3 Prístupy k riešeniu viackriteriálnych hier

Jedným zo známych spôsobov riešenia viackriteriálnych hier je proces parametrizácie, spočívajúci v transformácii viackriteriálnej hry na jednokriteriálnu, a to rovnako v prípade hier v normálnom tvare, ako aj v tvare charakteristickej funkcie (Chobot, 1986). V roku 1994 prišli autori Kruš a Bronisz s konceptom skalarizácie (škálovania) hier, ktorý spočíva v priradovaní váh jednotlivým kritériám hráčov. Autori sa zamerali na nekooperatívnu viackriteriálnu hru s využitím modelu duopolu s ponúkanými dvoma produktami a uvažovanými dvoma kritériami (Kruš a Bronisz, 1994). Nakoľko však analytikom nie sú tieto váhy vopred známe, a ich správne priradenie jednotlivým kritériám môže byť diskutabilné a zložité, autori Voorneveld, Grahn a Dufwenberg (2000) prišli s návrhom ideálnych rovnováh (stratégií). Tie predstavujú strategické profily, ktoré sú odolné voči jednostranným odchýlkam hráčov bez ohľadu na význam pripísaný kritériám (Voorneveld a kol., 2000). Jednoduchosť ich návrhu riešenia spočíva v tom, že horná hranica počtu skalarizácií je zároveň maximálnym počtom kritérií hráčov a koncept ideálnej rovnováhy je axiomatizovaný. Tieto ciele sú reprezentované účelovými funkciami (Ignizio, 1983). V takomto prípade hovoríme o viackriteriálnej optimalizácii.

Na riešenie optimalizačných úloh vo viackriteriálnych rozhodovacích situáciách možno použiť cieľové programovanie, hľadajúce takú alternatívu, ktorá je čo najbližšie k cieľovým hodnotám reprezentovaným bodom \mathbf{y}^0 , teda požiadavkám rozhodovateľa. Zároveň jednotlivým cieľom umožňuje priradiť priority alebo váhy a ich hodnotám určiť prekročenie alebo nesplnenie prostredníctvom odchýlkových premenných (Mlynarovič, 1998).

Pekár a Furková (2014) rozdeľujú úlohy cieľového programovania podľa vzťahov medzi jednotlivými účelovými funkciami na:

1. prípad keď rozhodovateľ stanovuje vzájomný pomer významnosti jednotlivým kritériám pomocou váh,
2. prípad keď rozhodovateľ určuje priority splneniam jednotlivých cieľov, a teda stanovuje jednému kritériu nekonečne vyššiu významnosť ako inému.

Prvý prípad uvažujeme najmä vtedy, ak pre rozhodovateľa majú jednotlivé kriteriálne funkcie rovnaký význam, t. j. rozhodovateľ stanoví rovnaké váhy pre všetky kritériá. V prípade rôznych preferencií kritérií určí rozhodovateľ ich pomer významnosti, pričom kriteriálnej funkcii s vyššou významnosťou priradí vyššiu hodnotu váhy a s nižšou významnosťou nižšiu hodnotu váhy. Stanovenie váh v tomto prípade je pomerne diskutovanou témou, preto sa často uvažuje

s druhým prístupom, kde jednotlivé ciele sú usporiadané do priorit, čo stanovuje nekonečne vyššiu významnosť pri porovnaní kritérií (lexikografické cieľové programovanie).

Vo všeobecnosti možno predpokladať, že pri rozhodovaní nastane situácia, kedy treba použiť súčasne aj váhy aj priority.

Na základe jednotlivých prístupov potom rozlišujeme tieto typy cieľového programovania (Pekár a Furková, 2014):

1. cieľové programovanie pri použití váh (archimedovské cieľové programovanie, minimalizácia maximálnej odchýlky od cieľa)
2. lexikografické cieľové programovanie.

V prvom prípade, pri použití archimedovského cieľového programovania je sledovaný zámer minimalizovať súčet vážených nežiaducich odchýlok a pri použití minimalizácie maximálnej odchýlky je zámerom získať riešenie, ktorého najväčšia vážená odchýlka od cieľa je minimálna.

Uvažujme k cieľov a tým spojených k kritériálnych funkcií. Základným princípom riešenia úloh cieľového programovania je použitie odchýlkových nezáporných premenných pre každé kritérium d_i^+ , d_i^- . Tieto nezáporné premenné umožňujú oceňovať prekročenie (d_i^+), resp. nesplnenie cieľových hodnôt (d_i^-) v i -tom ciele y_i^0 , $i = 1, 2, \dots, k$. Do úlohy vstupujú v nových štruktúrnych ohraničeniach, pričom úloha cieľového programovania má tvar:

$$\min d(\mathbf{y}^0, \mathbf{y}) \quad (7)$$

$$y_i + d_i^- - d_i^+ = y_i^0, i = 1, 2, \dots, k \quad (8)$$

$$\mathbf{y} \in Y \quad (9)$$

kde Y reprezentuje kritériálny priestor a \mathbf{y}^0 označuje cieľový bod v kritériálnom priestore, ktorý chce rozhodovateľ dosiahnuť a d_i^+ , resp. d_i^- určuje o koľko je hodnota i -tej kritériálnej funkcie vyššia (nižšia) ako požadovaná cieľová hodnota y_i^0 , teda prekročenie (nesplnenie) i -tého cieľa.

Ak sú hodnoty jednotlivých účelových funkcií neporovnateľné, riešením je použiť normovanie odchýlkových premenných a vzťah (8) možno nahradiť vzťahom

$$y_i + 0,01y_i^0d_i^- - 0,01y_i^0d_i^+ = y_i^0, i = 1, 2, \dots, k \quad (10)$$

a hodnoty premenných d_i^- a d_i^+ rovnať priamo percentuálnej odchýlke a tak sú v rámci skupiny kritérií porovnateľné.

V prípade použitia lexikografického cieľového programovania, kde jednotlivé kritériálne funkcie možno usporiadať pri predpoklade nekonečnej dôležitosti, možno postupovať takto: Na každej prioritnej úrovni sa stanovujú nežiaduce odchýlkové premenné, Potom riešime postupne úlohy na jednotlivých prioritných úrovniach postupne od najvyššej priority po najnižšiu, pričom musíme zabezpečiť, aby riešenie na nižšej prioritnej úrovni nezhoršilo hodnotu odchýlky na všetkých vyšších prioritných úrovniach.

4 Záver

Konfliktné rozhodovacie situácie možno riešiť z dvoch základných pohľadov. Nekooperatívny prístup vychádza z faktu, že každý rozhodujúci subjekt sa snaží o dosiahnutie svojho cieľa samostatne. Na druhej strane, spoločným postupom môžu subjekty dosiahnuť oveľa lepší výsledok a tak je do modelov možné zahrnúť efekt záväzných dohôd a kooperácie. Volebné hry sú časťou kooperatívnych modelov teórie hier. V prípade formovania politickej

scény je zvyčajne nutné vytvárať koaličné zoskupenia, pričom politické strany zvažujú viacero protichodných kritérií, čo vedie vo všeobecnosti k viackriteriálnej hre. V príspevku sme sa venovali možnému formovaniu koalície. Pretože cieľom je vytvorenie stabilnej koalície, zamerali sme sa na ohodnotenie blízkosti politického programu vo viacerých verejných oblastiach. Tiež sme načrtli možnosti riešenia viackriteriálnej hry ako úlohy cieľového programovania.

Príspevok bol spracovaný v rámci riešenia grantovej úlohy VEGA 1/0427/20 Viackriteriálne modely teórie hier v ekonómii a politológii

Literatúra

1. Blackwell, D. (1956). An analog of the minimax theorem for vector payoffs. *Pacific Journal of Mathematics*, 6(1), 1–8. doi: <https://doi.org/10.2140/pjm.1956.6.1>
2. Chobot, M. (1986). *Teória hier a rozhodovania*. Bratislava: Vysoká škola ekonomická.
3. Ignizio, J.P. (1983). Generalized goal programming an overview. *Computers & Operations Research*, 10(40), 277-289. doi: [https://doi.org/10.1016/0305-0548\(83\)90003-5](https://doi.org/10.1016/0305-0548(83)90003-5)
4. Kruš, L., Bronisz, P. (1994). Onn-person noncooperative multicriteria games described in strategic form. *Annals of Operations Research*, 51(2), 83-97.
5. Mlynarovič, V. (1998). *Modely a metódy viackriteriálneho rozhodovania*. Bratislava: Vydavateľstvo EKONÓM.
6. Pekár, J., Furková, A. *Prípadové štúdie z viackriteriálneho rozhodovania*. Bratislava: Vydavateľstvo EKONÓM.
7. Ramík, J., Tošenovský, F. (2013). *Rozhodovací analýza pro manažery*. Opava: Slezská univerzita v Opavě.
8. Shapley, L. S., Rigby, F. D. (1959). Equilibrium points in games with vector payoffs. *Naval Research Logistics Quarterly*, 6(1), 57-61.
9. Tichá, M. (2016). *Multicriteria Coalitional Games and Bargaining Theory*. Conference Quantitative Methods in Economics, 25th May - 27th May 2016, Vrátna, Slovakia.
10. Tichý, M. (2006). *Ovládání rizika. Analýza a management*. Praha: C. H. Beck.
11. Voorneveld, M., Grahn, S., Dufwenberg, M. (2000). Ideal equilibria in noncooperative multicriteria games. *Mathematical Methods of operations research*, 52(1), 65-77. 06.
12. Zůna, P. (2010). *Vojenský rozhodovací proces a pokročilé metody manažerského rozhodování*. Retrieved February 10, 2019, from <https://vojenskerozhledy.cz/kategorie-clanku/teorie-a-doktriny/vojensky-rozhodovaci-proces-a-pokrocile-metody-manazerskeho-rozhodovani>

Modelování koopetičních vztahů Modelling of coepetition relations

Petr Fiala¹

Abstrakt

Koopetice je podnikatelská strategie, která přesahuje pravidla konkurence a kooperace tím, že kombinuje výhody obou. Koopetice spojuje tyto výhody do nové dynamiky, kterou lze využít nejen ke generování větších zisků, ale také ke změně charakteru podnikatelského prostředí ve prospěch uživatelů. Článek je zaměřen na modelování koopetičních vztahů pomocí teorie her. Tradiční teorie her se dělí na nekooperativní a kooperativní modely. Tzv. hry ve dvojím tvaru kombinují nekooperativní a kooperativní modely. Model koopetice má pět dimenzí, které může společnost použít k identifikaci strategií: hráči, přidaná hodnota, pravidla, taktika a rozsah. V článku je navržen rozšířený koopetiční model hry ve dvojím tvaru založený na vyjednávání mezi účastníky řešeného problému.

Klíčová slova

Koopetice, konkurence, kooperace, hra ve dvojím tvaru, vyjednávání

Abstract

Coepetition is a business strategy that exceeds the rules of competition and cooperation by combining the benefits of both. Coepetition combines these benefits into a new dynamics which can be used not only to generate larger profits, but also to change the nature of the business environment in favor of users. The article focuses on modelling of coepetition relations with game theory. Traditional game theory is divided into non-cooperative and cooperative models. So-called biform games combine non-cooperative and cooperative models. The coepetition model has five dimensions that the company can use to identify strategies: players, added value, rules, tactics and scope. The article proposes an extended coepetition model of the biform game based on negotiations between the participants in the solved problem.

Key words

Coepetition, Competition, Cooperation, Biform game, Negotiation

JEL classification

L14, L22, C44, C70

1 Úvod

Stávající teorie a výzkum vztahů mezi konkurenty se zaměřuje buď na konkurenční nebo kooperativní vztahy mezi nimi, přičemž se tvrdí, že jeden vztah poškozuje nebo ohrožuje druhý. Výzkum se málo věnoval situacím, kdy dvě firmy mohou být zapojeny do kooperace i konkurence a těžit z nich současně, a proto je třeba analyzovat oba typy vztahů současně (Bengtsson a Kock, 2000). Spolupráce a konkurence jsou při podnikání nezbytné a žádoucí. Ke zvýšení přínosů pro všechny hráče je nutná spolupráce (zaměření na růst trhu) a konkurence k rozdělení stávajících výhod mezi tyto hráče (zaměření na podíl na trhu).

¹ prof. RNDr. Ing. Petr Fiala, CSc., MBA., Vysoká škola ekonomická v Praze, fakulta informatiky a statistiky, katedra ekonometrie, nám. W. Churchilla 4, 130 67 Praha 3, Česká republika, pfiala@vse.cz.

Tradiční pojetí podnikání jako soutěže „vítěz bere vše“ je nahrazeno novým konceptem. Koopetice je podnikatelská strategie, která přesahuje pravidla konkurence a kooperace tím, že kombinuje výhody obou. Koopetice spojuje tyto výhody do nové dynamiky, kterou lze využít nejen ke generování větších zisků, ale také ke změně charakteru podnikatelského prostředí ve prospěch uživatelů. (Brandenburger a Nabuleff, 2011).

Koopetice je modelována pomocí teorie her (Okura a Carfi, 2014). John von Neumann a Oskar Morgenstern (1944) napsali klasické dílo, na kterém je založena moderní teorie her. Od té doby byla vydána rozsáhlá literatura o teorii her. Například Myersonova kniha (1997) poskytuje jasné a důsledné zkoumání modelů, konceptů řešení, výsledků a metodologických principů nekooperativní a kooperativní teorie her. Modely teorie her analyzují situace, kdy hráči dělají rozhodnutí s cílem maximalizovat svůj vlastní užitek, přičemž berou v úvahu, že ostatní hráči dělají totéž a že rozhodnutí učiněná hráči ovlivňují užítky ostatních. Tradiční teorie her se dělí na nekooperativní a kooperativní modely. Nekooperativní teorie her je strategicky orientovaná; zkoumá, co lze od hráčů očekávat. Nekooperativní teorie je „mikro“ přístup v tom, že se zaměřuje na přesné popisy toho, co se děje. Kooperativní koncept kombinuje nekooperativní a kooperativní modely teorie her.

Článek je uspořádán následovně. Část 2 představuje základy koopetitivního modelu. Část 3 shrnuje základní koncepty teorie her. Hry ve dvojím tvaru jako základní modely pro modelování koopetitivních problémů jsou analyzovány v části 4. Rozšíření her ve dvojím tvaru ve vyjednávání je uvedeno v části 5. Část 6 uvádí závěry příspěvku.

2 Základy koopetitivního modelu

Koncept koopetice (Brandenburger a Nabuleff 2011) přesahuje použití samostatných přístupů konkurence a kooperace tím, že spojuje výhody samostatných přístupů ke konkurenci a spolupráci dohromady. Odpovídající model PARTS obsahuje pět položek, které tvoří základ fungování koopetitivního konceptu při hledání řešení analyzované situace:

- Players (Hráči),
- Added value (Přidaná hodnota),
- Rules (Pravidla),
- Tactics (Taktika),
- Scope (Rozsah).

Tradiční pojetí podnikání jako soutěže „vítěz bere vše“ je nahrazeno novým konceptem. Koopetice je podnikatelská strategie, která přesahuje pravidla konkurence a kooperace tím, že kombinuje výhody obou. Koopetice spojuje tyto výhody do nové dynamiky, kterou lze využít nejen ke generování větších zisků, ale také ke změně charakteru podnikatelského prostředí ve prospěch uživatelů. (Brandenburger a Nabuleff, 2011).

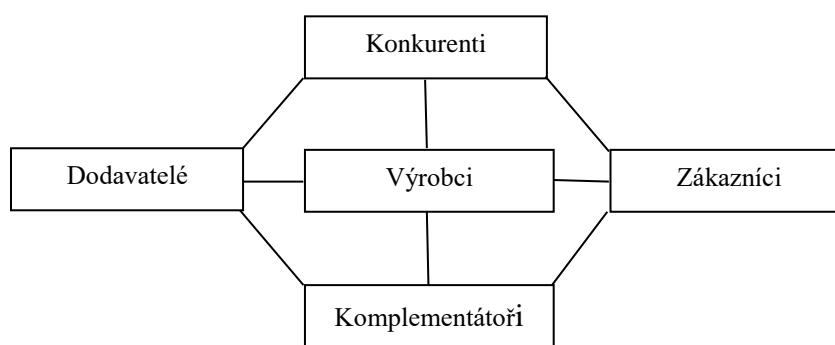
Hráči jsou rozdělení podle typů na výrobce, zákazníky, dodavatele, konkurenty a komplementátory. Situace je analyzována jako hra mezi relevantními hráči. Rozšíření počtu typů hráčů přináší hlubší analýzu situace (vztahy mezi dodavateli a výrobcí ovlivňují náklady, vztahy mezi výrobcí a zákazníky ovlivňují poptávku a ceny, vztahy mezi výrobcí a konkurenty ovlivňují chování výrobců, vztahy mezi výrobcí a konkurenty přinášejí vzájemnou přidanou hodnotu). Model by měl analyzovat impulsy, které ovlivňují hráče, aby byli konkurenty nebo spolupracovníky. Výrobci získávají zdroje od dodavatelů, vyrábějí produkty, které dodávají zákazníkům. Dodavatelé posílají zdroje výrobcům a dostávají od nich peníze za tyto zdroje. Zákazníci dostávají produkty od výrobců a posílají peníze zpět výrobcům. Výrobci soutěží o zajištění zdrojů v množství, ceně a kvalitě. Jiný výrobce je z pohledu dodavatele konkurentem, pokud je pro dodavatele výhodnější zajistit tohoto konkurenta než výrobce. Jiný výrobce je z pohledu zákazníka konkurentem, pokud nabízí

substituční produkt zákazníkům výhodněji. Komplementátoři jsou konkurenti, jejichž produkty zvyšují hodnotu produktu výrobce.

Z pohledu dodavatele je další výrobce komplementátorem, pokud je pro dodavatele výhodnější zajistit zdroje výrobcí i jiným výrobcům, než když dodává pouze výrobcí. Z pohledu zákazníka je další výrobce je komplementátorem, pokud zákazníci hodnotí produkt výrobce lépe, pokud mají i produkty jiných výrobců, než když mají pouze produkt výrobce. Komplementátoři jsou inverzní vůči konkurentům, protože vyšší poptávka po jejich produktech povede k vyšší poptávce po produktu výrobce. Hráči mohou hrát více rolí současně. Hráč může hrát roli konkurenta a zároveň komplementátora.

Hodnotová síť (Value Net) (Brandenburger a Nabuleff 2011) je schéma, které identifikuje relevantní hráče a vztahy mezi nimi (viz obr. 1):

Obr. 1: Hodnotová síť



Zdroj: autor

Pravidla vytvářejí strukturu vyjednávání mezi hráči. Některá pravidla jsou tvrdá a nelze je během vyjednávání měnit. Ostatní pravidla jsou měkká a lze je pomocí sjednávání smluv měnit.

Taktiky jsou sekvence činností, které vytvářejí sledování procesu vyjednávání ostatními hráči. Hráči mohou tyto určité činnosti využít k záměrnému ovlivnění chování ostatních hráčů. Je užitečné tyto aktivity sledovat a podle toho na ně reagovat.

Rozsah je určen vzájemnými vazbami mezi prvky PART herního modelu a dalšími možnými hrami, kterých se hráči tohoto modelu účastní. Rozšíření rozsahu o další hry může zvýšit ziskovost. Ponechání samostatných her se může ukázat jako výhodné, pokud by propojení omezovalo určité podnikání. Spojování a oddělování her je dáno změnami podmínek v průběhu času.

Podnikání by mělo znamenat víc než jen soutěžit o podíl na trhu. Model kooperace tvoří základ pro zachycení a vysvětlení vlivů širšího okolí a jejich využití k získání výhody a zvýšení ziskovosti. Současný byznys se vyznačuje rychlou změnou podmínek. Nové produkty přicházejí na trh stále rychleji. Objevování komplementárních vztahů poskytuje nové příležitosti, jak přinést přidané hodnoty. To tvoří základ konceptu koopetice. Proto je nutné tuto dynamiku zahrnout do nových modelů koopetice (Bengtsson et al. 2010). Modely koopetice mohou zahrnovat více kritérií, jako jsou ekonomická, technologická, sociální, environmentální a další, která hodnotí nové příležitosti s komplementátory a proces vyjednávání s konkurenty.

3 Základní koncepce teorie her

Moderní teorie her vychází z klasického díla Johna von Neumanna a Oskara Morgensterna (1944). Od té doby bylo publikováno mnoho publikací o teorii her. Přehled

modelů a řešení nekooperativních a kooperativních her poskytují např. (Myerson, 1997, Dlouhý a Fiala, 2015).

Nekooperativní teorie her definuje základní model v tzv. normální formě a jako řešení používají tzv. Nashovu rovnováhu.

Normální forma nekooperativní hry pro n hráčů je definována jako systém

$$\{N\{1,2, \dots, n\}; X_1, X_2, \dots, X_n; \pi_1(x_1, x_2, \dots, x_n), \pi_2(x_1, x_2, \dots, x_n), \dots, \pi_n(x_1, x_2, \dots, x_n)\}, \quad (1)$$

kde N je množina n hráčů; $X_i, i = 1, 2, \dots, n$, je množina strategií hráče i , $x_i \in X_i$; $\pi_i(x_1, x_2, \dots, x_n), i = 1, 2, \dots, n$ je výplatní funkce pro hráče i , definovaná na kartézském součinu n množin $X_i, i = 1, 2, \dots, n$.

Strategie jiných hráčů než hráče i jsou dány vektorem

$$\mathbf{x}_{-i} = (x_1, \dots, x_{i-1}, x_{i+1}, \dots, x_n). \quad (2)$$

Nashova rovnováha je vektor strategií $(x_1^0, x_2^0, \dots, x_n^0)$ hry, kde

$$x_i^0(x_{-i}^0) = \operatorname{argmax}_{x_i} \pi_i(x_i, \mathbf{x}_{-i}), i = 1, 2, \dots, n. \quad (3)$$

Nashova rovnováha je vektor strategií, kde žádný hráč nemůže zlepšit hodnotu své výplatní funkce jednostranným odchýlením se od ní.

Kooperativní teorie her definuje základní herní model v tzv. tvaru charakteristické funkce. Charakteristická funkce $v(S)$ pro množinu N, n hráčů, je definována pro všechny podmnožiny (koalice) $S \subseteq N$ a nabývá hodnoty $v(S)$ s danými vlastnostmi:

$$v(\emptyset) = 0, v(S_1 \cup S_2) \geq v(S_1) + v(S_2), \quad (4)$$

kde S_1, S_2 jsou disjunktní podmnožiny množiny N . Kooperativní hrou ve tvaru charakteristické funkce je dvojice (N, v) .

Kooperativní hry řeší následující problémy:

- jaké koalice vzniknou,
- jakého výstupu mohou koalice dosáhnout,
- zda jsou koalice stabilní,
- jak si koalice rozdělí výstup.

Maximální výstup pro koalici všech hráčů N je určen řešením následující úlohy

$$\mathbf{x}^0 = \operatorname{argmax}_{\mathbf{x}} \sum_{i=1}^n \pi_i(\mathbf{x}). \quad (5)$$

Pravidla vytvářejí strukturu vyjednávání mezi hráči. Některá pravidla jsou tvrdá a nelze je během vyjednávání měnit. Ostatní pravidla jsou měkká a lze je pomocí sjednávání smluv měnit.

Stabilita koalice je zajištěna, pokud je společný výstup koalice větší než součet výstupů jednotlivě členů koalice.

Rozdělení výstupů jednotlivým členům koalice může probíhat různými postupy, jako jsou vyjednávání, smlouvy, aukce a další. Shapley (1953) zavedl alokační pravidlo s nejlepšími charakteristikami z hlediska vyváženosti a spravedlnosti.

4 Hry ve dvojím tvaru

Koncept kooperativní hry využívá hry ve dvojím tvaru (Brandenburger a Stuart 2007) jako kombinaci teorie nekooperativních a kooperativních her. Hry ve dvojím tvaru lze rozdělit na sekvenční a simultánní typy (Fiala, 2015).

Sekvenční hra ve dvojím tvaru se skládá ze dvou fází. V jedné fázi je použit jeden typ herních modelů (kooperativní nebo nekooperativní) a ve druhé fázi je v sekvenci použit doplňkový typ navazující na předchozí díl. Například sekvenční hra se uplatňuje v dodavatelských řetězcích (Fiala 2016). První fáze je nekooperativní a řeší maximalizaci zisku od zákazníků se stochastickou poptávkou závislou na ceně a následně rozdělení zisku mezi výrobce a maloobchodníky na základě vytvoření konkrétních jednání o smlouvě o zpětném odkupu. Smlouva se snadno používá, řetězec přináší zisk jako koordinovaná jednotka a tento zisk lze libovolně rozdělovat nastavením jediného parametru. Druhá fáze je kooperativní a týká se dvou problémů. První otázkou je vytvoření koalice výrobců s ohledem na kapacitu zdrojů. Druhou otázkou je spravedlivé rozdělení celkového zisku výrobců jednotlivým výrobcům pomocí Shapleyho konceptu.

Simultánní hra ve dvojím tvaru má jednu fázi, ve které se současně používají kooperativní a nekooperativní přístupy k nalezení konsenzuálního řešení situace. Nalezení tohoto konsenzuálního řešení však může probíhat prostřednictvím vícekolových vyjednávání. Situaci ovlivňuje složení koalice hráčů a míra jejich spolupráce. Vztahy mezi hráči mohou být kooperativní i nekooperativní zároveň. Například vztahy mezi výrobcí a komplementátory jsou konkurenční, protože poskytují konkurenční substituční produkty, a zároveň spolupracují, protože přidávají hodnotu rozšířením použití konkurenčních produktů. Různá omezení ovlivňují hráče, kteří jsou pod tlakem a určují tak míru spolupráce. Úroveň spolupráce se může v čase měnit a lze ji měřit podle více kritérií.

5 Rozšířený model vyjednávání

Modely her ve dvojím tvaru mohou být více přizpůsobeny tak, aby respektovaly kooperativní koncept se základními prvky, jako jsou hráči, přidané hodnoty, pravidla, taktika a rozsah. Hráče jsou vyjednávači, kteří svou taktikou hledají přidanou hodnotu. Hráči vyjednávají pod tlakem pravidel s různým rozsahem.

Rozhodovací prostor X je formulován pevnými pravidly a definuje tvrdá omezení vyjednávání. Prvky rozhodovacího prostoru jsou vektorové strategie $\mathbf{x} \in X$. Z rozhodovacího prostoru X by měl být vybrán konsensus \mathbf{x}^* . Každý vyjednávač $i = 1, 2, \dots, n$, vyhodnocuje rozhodnutí \mathbf{x} pomocí výplatní funkce $\pi_i(\mathbf{x})$. Proces probíhá v diskrétních časových jednotkách $t = 1, 2, \dots, T$, která představují vícekolová vyjednávání.

Každý vyjednávač, $i = 1, 2, \dots, n$, má množinu $X_i(t)$ přípustných rozhodnutí v diskrétních časových bodech $t = 1, 2, \dots, T$

$$X_i(t) = \{\mathbf{x}; \mathbf{x} \in X, \pi_i(\mathbf{x}) \geq b_i(t)\}, i = 1, 2, \dots, n. \quad (6)$$

kde aspirační úrovně $b_i(t)$, $i = 1, 2, \dots, n$, $t = 1, 2, \dots, T$, výplatních funkcí představují měkká pravidla, která se mohou v čase měnit při hledání konsensu s přidanými hodnotami.

Vyjednávací prostor je průnikem množin přípustných rozhodnutí všech vyjednávačů

$$X(t) = \bigcap_{i=1}^n X_i(t) \quad (7)$$

Pokud je vyjednávací prostor $X(t)$ jednoprvkovou množinou, pak tento prvek je konsensus \mathbf{x}^* . Není-li vyjednávací prostor jednoprvkový, pak začínají vyjednávání o aspiračních úrovních. Pokud je vyjednávací prostor prázdný, musí vyjednávači snížit některé nebo všechny

aspirační úrovně $b_i(t)$. Pokud vyjednávací prostor obsahuje více než jeden prvek, pak musí vyjednávači zvýšit některé nebo všechny aspirační úrovně $b_i(t)$.

6 Závěr

Koncepce kooperace je slibnou strategií podnikání, která kombinuje výhody konkurence a kooperace. V rámci projektu se vyvíjejí nové kooperativní modely. Relevantnost projektu lze spatřovat ve dvou rovinách: teoretické a praktické. Teoretický přínos lze spatřovat ve vytváření nových modelů pro hry ve dvojím tvaru, které zachycují sekvenční nebo simultánní použití nekooperativních a kooperativních modelů teorie her. Modely mohou zahrnovat dynamické změny parametrů ve hrách, na rozdíl od tradičních modelů teorie her. Do modelů lze rovněž zahrnout i vícekritériální hodnocení strategií.

Praktický přínos spočívá ve využití modelů pro aplikace. Kooperativní obchodní strategie je považována za velmi slibnou. Změny v nových modelech budou lépe odrážet skutečné podmínky podnikání. Navržené modely lze použít nejen pro kooperativní strategii, ale také pro mnoho dalších rozhodovacích problémů, které kombinují výhody konkurence a kooperace.

Příspěvek byl zpracován v rámci řešení grantové úlohy IGA F4/42/2021, Fakulty informatiky a statistiky, VŠE v Praze

Literatura

1. Bengtsson, M., Eriksson, J., Wincent, J. (2010). Co-opetition dynamics—an outline for further inquiry. *Competitiveness review: An international business journal*, 20, 194-214.
2. Bengtsson, M., Kock, S. (2000). "Coopetition" in Business Networks—to Cooperate and Compete Simultaneously. *Industrial Marketing Management*, 29(5), 411-426.
3. Brandenburger, A. M., Nalebuff, B. J. (2011). *Co-opetition*. New York: Crown Business.
4. Brandenburger, A., Stuart, H. (2007). Biform games. *Management science*, 53 (4), 537-549.
5. Dlouhý, M., Fiala, P. (2015). *Teorie ekonomických a politických her*. Praha: Oeconomica.
6. Fiala, P. (2015). Biform games in supply chains. In: *Mathematical Methods in Economics 2015*. Pilsen: University of West Bohemia, 177–183.
7. Fiala, P. (2016). Profit allocation games in supply chains. *Central European Journal of Operations Research*, 24(2), 267-281.
8. Myerson, R. B. (1997). *Game Theory: Analysis of Conflict*. Cambridge: Harvard University Press.
9. Okura, M., Carfi, D. (2014) Coopetition and Game Theory. *Journal of Applied Economic Sciences*, 9(3), 1-29.
10. Shapley, L. S. (1953). A value for n-person games. In: *Contributions to the Theory of Games II*. (Tucker, A. W., Luce, R. D., eds.). Princeton: Princeton University Press, 307-317.
11. von Neumann, J., Morgenstern, O. (1944). *Theory of games and economic behavior*. Princeton: Princeton University Press.

Špecifický prístup z teórie hier pri výbere umiestnenia predajne v nákupných centrách

A specific approach from game theory in choosing the location of a store in a shopping centers

Pavel Gežík¹

Abstrakt

Príspevok je o výbere umiestnenia predajne v obchodnom centre, ale aj o všeobecnom aspekte výberu umiestnenia lokality kamenných predajní v priestore, resp. v meste. Racionálne by bolo použiť lokačné modely pre výber umiestnenia predajne. Zabezpečilo by to vhodné umiestnenie predajne vzhľadom na možných zákazníkov a rovnomerné umiestnenie predajne voči jej konkurentom. V skutočnosti je však možné vidieť, že je bežný opačný prístup, kedy sú rovnaké alebo podobné obchody zoskupené na jednom mieste. Túto situáciu vysvetľuje Nashova teória rovnováhy. Článok popisuje všeobecné aspekty tohto zdanlivo iracionálneho umiestnenia kamenných predajní v priestore alebo v meste. Vysvetľuje pojem „Hotellingová hra“ a pojem „Teória mediánu zákazníkov v hre s párnym počtom konkurentov“. Tieto pojmy ilustruje na konkrétnom príklade zmeny umiestnenia kamennej predajne TELCO v nákupnom centre. Analyzuje tiež umiestnenie predajní troch najväčších TELCO predajcov v SR v najväčšom nákupnom centre v SR.

Kľúčové slová

Teória hier, Hotellingová hra, kamenná TELCO predajňa

Abstract

The paper is about the choice of store location in a shopping center, but also about the general aspect of choosing the location of brick-and-mortar stores in the space, or in the city. It would be rational to use location models for choosing the location of the store. It would ensure an appropriate location of the store with regard to possible customers and evenly position the store with regard to its competitors. In reality, However, in real life, it can be seen the opposite approach is common when the same or similar shops are grouped in one place. This situations is explains by Nash equilibrium theory. The article describes the general aspects of this seemingly irrational location of brick-and-mortar stores in the space or in the town. It explains the concept of " Hotelling's Game" and the concept of "Median Customer Theorem with an Even Number of Competitors" in the context of game theory. It illustrates these terms on a specific example of the changing of location the TELCO brick-and-mortar store in shopping center. It also analyzes the location of the stores of the three largest TELCO retailers in the Slovak Republic in the largest shopping center in the Slovak Republic.

Key words

Game Theory, Hotelling's Game, TELCO brick-and-mortar stores

JEL classification

C02, C70

¹ Ing. Pavel Gežík, PhD., Ekonomická univerzita v Bratislave, Fakulta hospodárskej informatiky, Katedra operačného výskumu a ekonometrie, Dolnozemska cesta 1/b, 852 35 Bratislava – Petržalka, pavel.gezik@euba.sk.

1 Úvod

Známa situácia, často sa hotely, čerpacie stanice, banky sa nachádzajú blízko seba aj keď by sa zdalo, že cesta, či lokalita je dostatočne veľká na to, aby boli rozmiestnené rôzne. Aj obchody s oblečením bývajú na jednej ulici, či miesta rýchleho občerstvenia rôznych reťazcov su skoro vždy vedľa seba. Rovnaké situácie sú bežné aj v obchodných centrách, kedy sú podobné predajne od seba vzdialené len pár metrov, príp. sú hneď vedľa seba a tak nájdeme banky, či TELCO predajne umiestnené v jednej lokalite aj v obchodnom centre. Toto tvrdenie platí aj v obchodnom centre Aupark v Bratislave.

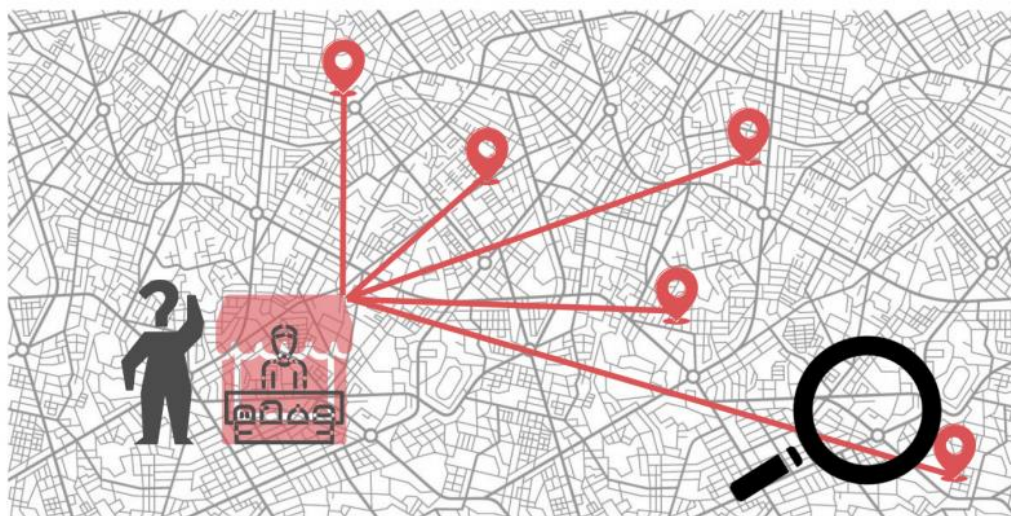
Mohlo by sa zdať, že je to neracionálny krok, no opak je pravdou a daná skutočnosť vychádza z Nashovej rovnováhy a v teoretickej rovine možno danú situáciu opísať ako hru, v ktorej predajcovia vystupujú ako hráči a majú tendenciu voliť svoje umiestnenie blízko seba.

Problematika priestorovej konkurencie sa historicky viaže menom H. Hotelling (Hotelling, 1929), ktorý predstavil model spočívajúci v prítomnosti dvoch firiem hľadajúcich čo najvýhodnejšiu pozíciu na lineárnom trhu. Z jeho modelu vychádza množstvo teórií produktovej diferenciacie a lokácie. K hlavným črtám modelu patrí aj odstránenie diskontinuit v dopytoch, čoho dôsledkom je riešenie všeobecne známeho Bertrandovho paradoxu (Biscaia a Mota, 2013), ktorý vzniká v statickom prostredí, kde firmy ponúkajú homogénny tovar. Teória vychádza z predpokladu, že zákazníci, ktorí si chcú zadovážiť ponúkané produkty, sú nútení cestovať a sú jediní, ktorí znášajú dopravné náklady a platí, že cena je ich jedinou rozhodovacou premennou.

2 Nashová rovnováha v rozmiestnení prevádzok a Hotellingová hra

Ako bolo v úvode spomenuté, umiestnenie rovnakých, či podobných obchodov na jednom mieste, či jednej lokalite môže evokovať iracionálne rozhodnutie. Ved' existuje množstvo teórií a lokačných modelov, ktoré sa zaoberajú rovnomerných rozmiestnením v priestore tak, aby bol obchod rovnako dostupný pre zákazníkov. Takéto rovnomerné rozmiestnenie môže evokovať predstavu rovnováhy na trhu, avšak to neplatí. Spomínané modely sú v praxi využívané na rozmiestňovanie distribučných centier či obslužných miest, ktoré uvažujú s istou spádovou oblasťou a ich výber umiestnenia nepodlieha princípom trhu. Princíp daného rozmiestnenia znázorňuje *obrázok 1*, ktorý ilustruje fakt, že daný obchod bude obsluhovať rôznych zákazníkov z okolia.

Obr. 1: Zákazníci v okolí obchodu



Zdroj: <https://www.dialogueeconomiques.fr/en/article/when-game-theory-takes-us-ride>

Ak by každý obchod obsluhoval svojich zákazníkov a tieto obchody by boli rovnomerne umiestnené v priestore, prispievalo by to k minimalizácii prepravných nákladov jednotlivých zákazníkov, čo popisuje *obrázok 2*.

Obr. 2: Očakávané umiestnenie podobných obchodov



In a situation of social optimum, retailers should be distributed as evenly as possible in order to maximize consumer well-being.

Zdroj: <https://www.dialogueeconomiques.fr/en/article/when-game-theory-takes-us-ride>

V skutočnosti sa ale obchody rovnakého charakteru nachádzajú na jednom mieste, resp. ulici ako ilustruje *obrázok 3*.

Obr. 3: Reálne umiestnenie podobných obchodov



In the Nash equilibrium (free competition), retailers are set up to maximize their profits, which can, in turn, be a detriment to consumers.

Zdroj: <https://www.dialogueeconomiques.fr/en/article/when-game-theory-takes-us-ride>

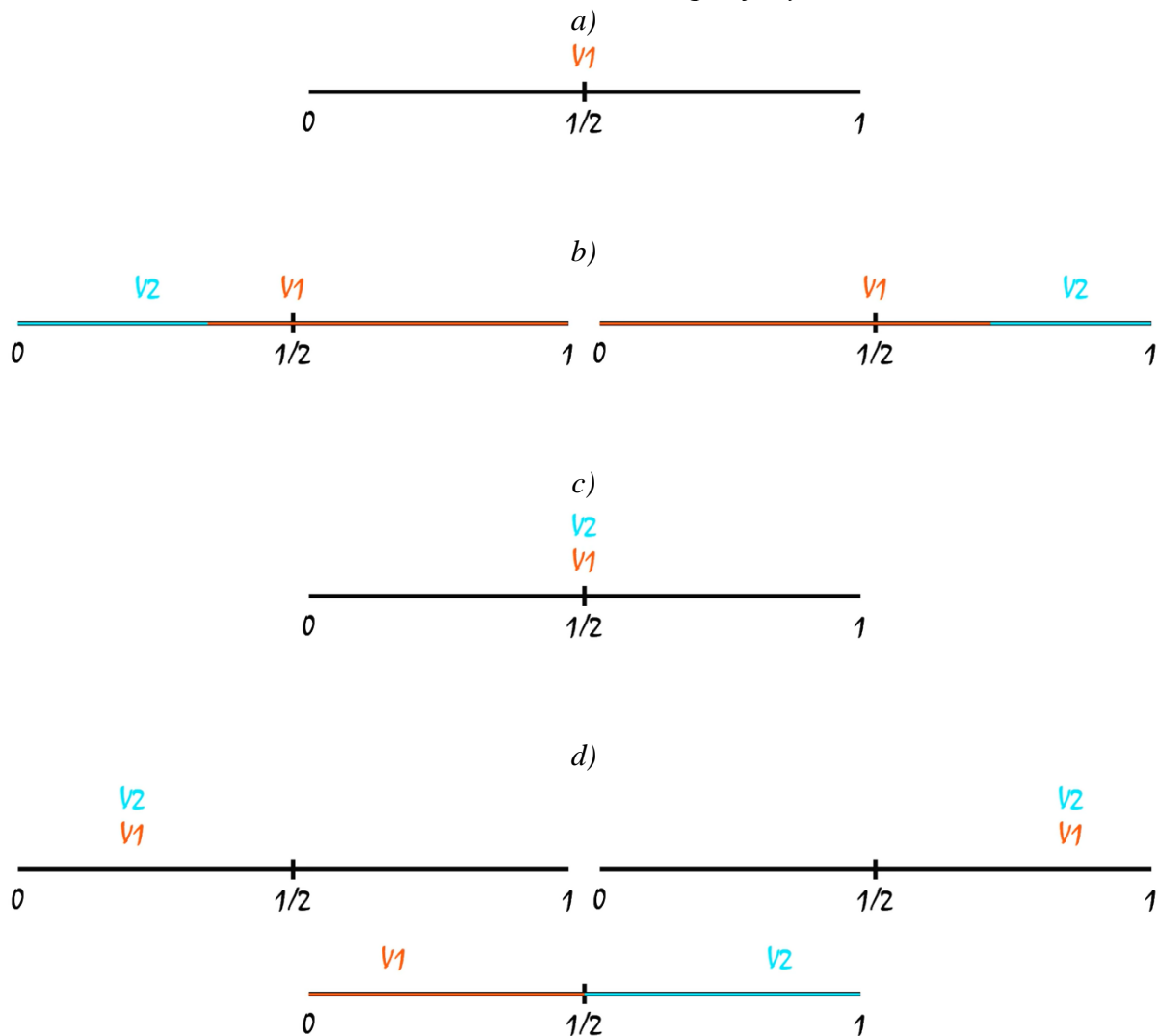
Ako bolo vyššie uvedené, práve daná problematika je známa ako Hotellingová hra (z angl. Hotelling's game) alebo Hotellingové pravidlo (z angl. Hotelling's law) a najčastejšie vysvetľovaná na dvoch stánkoch so zmrzlinou na malej pláži. V nasledujúcich obrázkoch je ilustrovaná situácia, kedy je na pláži, znázornenej úsečkou od 0 po 1, umiestnený stánok so zmrzlinou (V1) - *obrázok 4a*. Dana úsečka predstavuje celú pláž, kde sú rozmiestnení zákazníci a nakoľko je stánok umiestnený v strede pláže, je tam zachovaná istá rovnomernosť od oboch koncov pláže.

Ak by na pláž prišiel aj ďalší predajca zmrzliny a umiestnil by stánok (V2) niekde inde ako v strede, mal by stále menej zákazníkov ako stánok V1 (farebne znázornené v obrázku 4b). Výsledkom je teda, že jediné rozumné umiestnenie stánku V2 je tam, kde je umiestnený stánok V1 - obrázok 4c. Oba stánky predávajú rovnakú zmrzlinu, za rovnakú cenu a teda, ak sú na pláži už dva stánky, tak oba očakávajú čo najviac zákazníkov, no keďže sú dva a delia sa o jednu pláž ($V1 + V2 = 1$), tak predpokladajú aspoň polovicu ($\geq \frac{1}{2}$). Z uvedeného vychádza, že pri rovnovážnom stave môžu mať práve presne jednu polovicu zákazníkov, čo je popísané vzťahom nižšie.

$$V1 \geq \frac{1}{2} \text{ a } V2 \geq \frac{1}{2}, \text{ a platí } V1 + V2 = 1, \text{ tak potom } V1 = \frac{1}{2} \text{ a } V2 = \frac{1}{2} \quad (1)$$

Daný vzťah popisuje dôvod, prečo jediné rozumne umiestnenie stánku V2 je tam, kde je umiestnený stánok V1, resp. v rovnakej vzdialenosti od stredu pláže ako V1, čo ilustruje obrázok 4d.

Obr. 4: Ilustrácia Hotellingovej hry

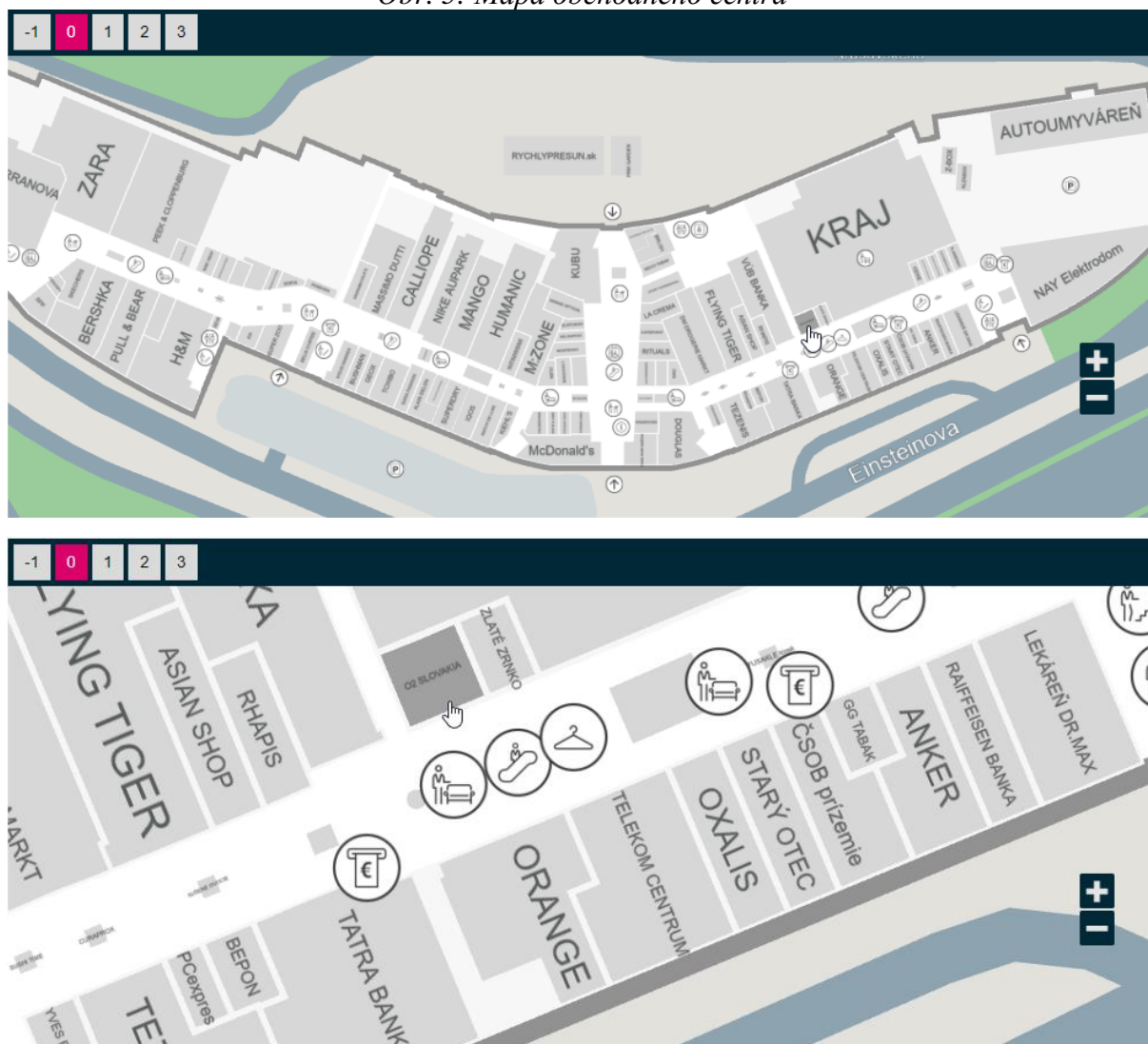


Zdroj: <http://gametheory101.com/courses/game-theory-101/hotellings-game-and-the-median-voter-theorem/>

3 Umiestnenie predajne O2 v obchodnom centre

Aj zmenu umiestnenia predajne O2 v obchodnom centre Aupark Bratislava, ktorá sa v polovici roku 2019 z pôvodného umiestnenia na poschodí, v ľavej časti obchodného centra presťahovala na prízemie, do pravej časti obchodného centra možno vysvetliť Hotellingovým modelom. Jej nové umiestnenie je oproti predajni Orange a predajni Telekom. Nové umiestnenie je znázornené na obrázku 5.

Obr. 5: Mapa obchodného centra



Zdroj: <https://www.aupark-bratislava.sk/>

Telekom, Orange a O2 majú na slovenskom trhu dominantne postavenie a v princípe sa jedná o jediných operátorov, ktorí zriaďujú svoje predajne. Ďalší poskytovatelia telefónnych služieb, ako napr. Tesco Mobile či 4ka nezriaďujú predajne priamo určené na predaj služieb a produktov. Z toho vyplýva, že v obchodnom centre Aupark Bratislava sú všetci TELCO predajcovia, ktorí majú kamenné predajne, vo svojej bezprostrednej blízkosti (dvaja susedia stenou a tretí je priamo oproti), čo presne potvrdzuje vyššie uvedené.

Podstatnou informáciou je aj cena ponúkaných služieb. V Hotellingovej hre je dôležitá aj informácia o cene produktu. V prípade operátorov je stanovenie porovnateľnej ceny náročné, aj keď každý z nich ponúka v princípe rovnaký produkt, hlasový paušál, parametre tohto produktu sa líšia podľa operátora a vlastností produktu.

Na obrázku 6. sú zobrazené ceny produktov, hlasových paušalov, ktoré predajcovia uvádzajú na svojich web stránkach v cenníkových cenách, teda bez uplatnenia rôznych zliav a zvyhodnení.

Obr.6: Ceny paušalov jednotlivých TELCO operátorov

Modrý	Zlatý	Titánový
1 GB Až 2 GB so Zdvójnasobenými dátami	10 GB Až 20 GB so Zdvójnasobenými dátami	∞ Neobmedzené dáta
22 € / mes.	32 € / mes.	42 € / mes.
Kúpiť s novým telefónom Kúpiť O2 SMART Paušál	Kúpiť s novým telefónom Kúpiť O2 SMART Paušál	Kúpiť s novým telefónom Kúpiť O2 SMART Paušál

Go Safe Mini	Go Safe Basic	Go Safe Optimal	Go Safe Premium	Go Safe Exclusive
0,12 €/min. 0,06 € za jednu SMS/MMS Predplatená spotreba 1 € mesačne Možnosť bezplatnej aktivácie služby Online ochrana Basic Nad 20 € za volania a správy neplatíte	200 minút 0,12 €/min. 100 SMS/MMS 0,06 € za jednu SMS/MMS 750 MB mesačne Dáta aj po vyčerpaní balíka rýchlosťou 128 kbit/s Jednorazová zľava 10 € z faktúry Možnosť bezplatnej aktivácie služby Online ochrana Basic	Nekonečné volania v SR a v EÚ Nekonečné SMS/MMS 4 GB mesačne Dáta aj po vyčerpaní balíka rýchlosťou 128 kbit/s Jednorazová zľava 20 € z faktúry Možnosť bezplatnej aktivácie služby Online ochrana Basic Bezplatné založenie skupiny Navzájom zadarmo	Nekonečné volania v SR a v EÚ Nekonečné SMS/MMS 35 GB mesačne Dáta aj po vyčerpaní balíka rýchlosťou 3 Mbit/s Jednorazová zľava 20 € z faktúry Možnosť bezplatnej aktivácie služby Online ochrana Basic Bezplatné založenie skupiny Navzájom zadarmo	Nekonečné volania v SR a v EÚ Nekonečné SMS/MMS Nekonečné dáta Dáta aj po vyčerpaní balíka rýchlosťou 10 Mbit/s Jednorazová zľava 20 € z faktúry Možnosť bezplatnej aktivácie služby Online ochrana Basic Bezplatné založenie skupiny Navzájom zadarmo
3 €/mes. 2 €/mes. 5 Digitálnou odmenou Bez väzanosí	10 €/mes. 17 €/mes. 5 Digitálnou odmenou Bez väzanosí	04 €/mes. 23 €/mes. 5 Digitálnou odmenou Bez väzanosí	46 €/mes. 45 €/mes. 5 Digitálnou odmenou Bez väzanosí	66 €/mes. 67 €/mes. 5 Digitálnou odmenou Bez väzanosí
Vybrať a pokračovať	Vybrať a pokračovať	Vybrať a pokračovať	Vybrať a pokračovať	Vybrať a pokračovať

Odporúčame	T Nekonečno SD	T Nekonečno 33	T Ideál 26	T Ideál 24
	44 € mesačne	33 € mesačne	26 € mesačne	24 € mesačne
	Dáta 30 GB + 30 GB v Magenta 1	Dáta 16 GB + 16 GB v Magenta 1	Dáta 6 GB + 6 GB v Magenta 1	Dáta 4,5 GB + 4,5 GB v Magenta 1
	Po prečerpaní dát rýchlosťou 3 Mb/s	Po prečerpaní dát rýchlosťou 1 Mb/s	Po prečerpaní dát s balíkom Vždy online rýchlosťou 128 kb/s	Po prečerpaní dát s balíkom Vždy online rýchlosťou 128 kb/s
	Volania Nekonečné	Volania Nekonečné	Volania Nekonečné	Volania Nekonečné
	SMS / MMS Nekonečné	SMS / MMS Nekonečné	SMS / MMS Nekonečné	SMS / MMS Nekonečné
	Magio GO Benefit Bezplatný video a TV obsah	Magio GO Benefit Bezplatný video a TV obsah	Magio GO Benefit Bezplatný video a TV obsah	Magio GO Benefit -
	Online bonus Zľava 10 € na zariadenie alebo 1GB dát navyše	Online bonus Zľava 10 € na zariadenie alebo 1GB dát navyše	Online bonus Zľava 10 € na zariadenie alebo 1GB dát navyše	Online bonus Zľava 10 € na zariadenie alebo 1GB dát navyše
	Pridať zariadenie Kúpiť len paušál	Pridať zariadenie Kúpiť len paušál	Pridať zariadenie Kúpiť len paušál	Pridať zariadenie Kúpiť len paušál

Zdroj: <https://www.orange.sk/>, <https://www.telekom.sk/>, <https://www.o2.sk/>

Priemer cien za všetky ponúkané hlasové paušály je 31,50 €. V tabuľke nižšie sú uvedené priemerné ceny hlasových paušálov podľa operátorov a je zrejme, že cenníková cena nebude parameter, ktorý radikálne ovplyvňuje zákazníka v rozhodovaní sa o výbere operátora. Za predpokladu akceptovateľnosti tohto jednoduchého porovnania cien možno pre potreby demonštrovania spomínanej teórie tvrdiť, že všetci traja predajcovia ponúkajú rovnaký produkt, za rovnakú cenu – tabuľka 1.

Tab. 1: Ceny paušálov jednotlivých TELCO operátorov

Operátor	Označenie paušálov	Jednotlivé ceny	Priemerná cena
O2	Modrý; Zlatý; Titánový	22,00 €; 32,00 €; 42,00 €	32,00 €
Orange	Go Safe Mini; Go Safe Basic; Go Safe Optimal; Go Safe Premium; Go Safe Exclusive	2,00 €; 17,00 €; 23,00 €; 45,00 €; 67,00 €	30,80 €
Telekom	T Nekonečno SD; T Nekonečno 33; T Nekonečno 26; T Nekonečno 24;	44,00 €; 33,00 €; 26,00 €; 24,00 €	31,75 €

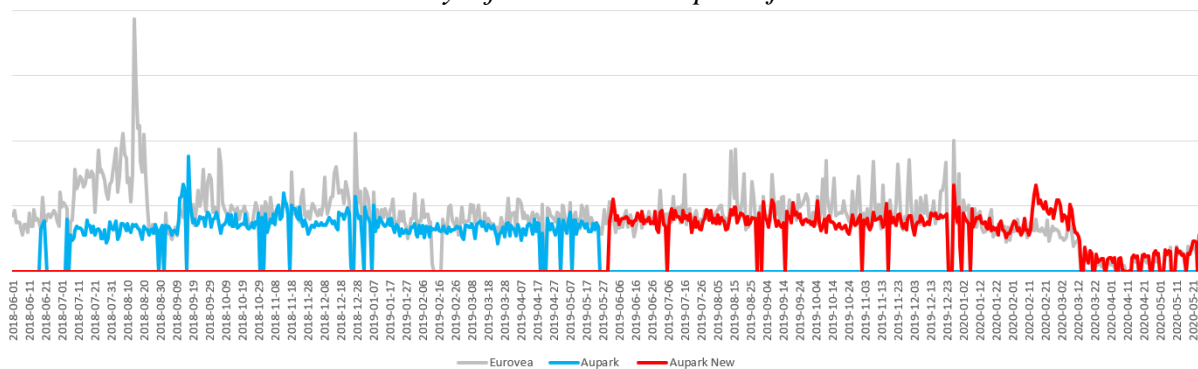
Zdroj: <https://www.orange.sk/>, <https://www.telekom.sk/>, <https://www.o2.sk/>

4 Záver

Efekt uplatnenia princípov Hotellingovej hry je v reálnom prostredí náročne zistiť. Nemožno stanoviť jednoznačné tvrdenie, že každý z predajcov má rovnaký počet návštevníkov v podmienkach trhového hospodárstva. Ak by platilo len uvedené umiestnenie a rovnaká cena, bolo by to jednoduchšie. V realite vstupuje do tohto porovnania aj množstvo iných parametrov a najmä návštevnosť je ovplyvnená aj marketingovou stratégiou daného predajcu. Preto, aj keď sú dostupné dáta o návštevnosti všetkých troch predajní, tak jednoznačný efekt Hottellingovej hry je nemožné presne určiť.

Z vývoja návštevnosti danej predajne, resp. z porovnania návštevnosti predajne na jej pôvodnom umiestnení a na novom umiestnení možno ale potvrdiť, že predajňa má na novom umiestnení vyššiu priemernú návštevnosť. Pre lepšiu ilustráciu nárastu priemernej návštevnosti, je do porovnania zaradená aj iná predajňa v inom obchodnom centre. Predajňa v OC Eurovea je podobná predajni v OC Aupark. Práve porovnanie s inou predajňou umožní znázorniť efekt zmeny umiestnenia, nakoľko ostatné zmeny v trendoch návštevnosti, ktoré sú vyvolané zmenou v marketingovej stratégii sa prejaví aj v ostatných predajniach. Takéto porovnanie je znázornené v obrázku 7.

Obr. 7: Vývoj návštevnosti v predajniach O2



Zdroj: <https://app.pygmalios.com/analytics>

V obrázku je znázornený priebeh návštevnosti v predajni Eurovea (sivá farba) a v predajni Aupark rok pred zmenou umiestnenia (modrá farba) a rok po zmene (červená farba). Vzhľadom na skutočnosť, že v predajni Aupark sa začal zber údajov až na začiatku júla 2018 a od marca 2020 začali v SR platiť protipandemické opatrenia, je vhodné porovnať iba obdobie od 1. júla 2018 do 1. marca 2019 s obdobím od 1. júla 2019 do 1. marca 2020. V predajni v OC Aupark bola priemerná návštevnosť v prvom porovnávanom období 347 návštev a v druhom období 378 návštev (nárast o necelých 9%). Oproti tomu mala porovnávaná predajňa v OC Eurovea v prvom porovnávanom období 497 návštev a v druhom období 431 návštev a teda zaznamenala pokles. Z uvedených čísel vidieť nárast priemernej návštevnosti v predajni v OC Aupark a možno mať za to, že vplyv na tento nárast mala aj zmena umiestnenia v obchodnom centre.

Príspevok bol spracovaný s podporou projektu VEGA 1/0427/20 Viackriteriálne modely teórie hier v ekonómii a politológii.

Literatúra

1. BISCAIA, R. - MOTA, I. 2013. Models of spatial competition: A critical review. Papers in Regional Science, vol. 92, no. 4, p. 851-871. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1435-5957.2012.00441.x>
2. ČIČKOVÁ, Z. – HOLZEROVÁ, P. 2020c. Duopoly Pricing in Spatial Competition. In Quantitative Methods in Economics: Multiple Criteria Decision Making XX: Proceedings of the International Scientific Conference: 27th May - 29th May 2020, Púchov, Slovakia. Bratislava: Letra Edu, p. 27-33. ISBN 978-80-89962-60-0.
3. HOTELLING, H. 1929. Stability in competition. Economic Journal, Vol. 39, no. 153, p. 41-57.
4. <https://www.aupark-bratislava.sk/>
5. <https://www.dialogueseconomiques.fr/en/article/when-game-theory-takes-us-ride>
6. <http://gametheory101.com/courses/game-theory-101/hotellings-game-and-the-median-voter-theorem/>
7. <https://app.pygmalios.com/analytics>

Priestorová analýza vybraných ukazovateľov sčítania domov a bytov 2021 v Slovenskej republike

Spatial Analysis of Selected Indicators of 2021 Housing Census in the Slovak Republic

Michaela Chocholatá¹

Abstrakt

Príspevok sa zaoberá priestorovou analýzou vybraných ukazovateľov sčítania domov a bytov 2021 v SR (počet domov s plynovou prípojkou, počet domov s prípojkou na kanalizačnú sieť, počet bytov so splachovacím záchodom v byte, počet bytov s vaňou alebo sprchovacím kútom v byte) s využitím lokálnej jednorozmernej a viacrozmernej Gearyho štatistiky. Priestorová analýza bola zrealizovaná s využitím matice váh typu „kráľovná“. Výsledky analýz na báze tak jednorozmerných, ako aj viacrozmernej Gearyho štatistiky, potvrdzujú významný vplyv geografickej polohy regiónu v priestore a umožňujú tiež identifikovať regióny s podobným jednorozmerným, resp. viacrozmerným profilom ako ich susedné regióny. Na báze štvorrozmernej Gearyho štatistiky bolo identifikovaných 38 okresov s podobným profilom.

Kľúčové slová

Sčítanie domov a bytov 2021, Slovenská republika, priestorová analýza, lokálna jednorozmerná a viacrozmerná Gearyho štatistika

Abstract

This paper deals with the spatial analysis of selected indicators of the 2021 Housing Census in the Slovak Republic (number of houses with gas connection, number of houses with sewerage connection, number of flats with flush toilet in the flat, number of flats with bath or shower in the flat) using local univariate and multivariate Geary statistics. The spatial analysis was performed using a weight matrix of the type „queen“. The results of analyses based on both univariate and multivariate Geary statistics confirm the significant impact of the geographical location of the region in space and also make it possible to identify regions with similar univariate and multivariate profile, respectively as their neighbouring regions. Based on four-dimensional Geary statistics, 38 districts with a similar profile were identified.

Key words

2021 Housing Census, the Slovak Republic, spatial analysis, local univariate and local multivariate Geary statistics

JEL classification

R12, R29

1 Úvod

V uplynulom roku 2021 sa v Slovenskej republike (SR) uskutočnilo Sčítanie obyvateľov, domov a bytov 2021 (SODB 2021), pričom prvýkrát išlo o tzv. integrované

¹ doc. Ing. Michaela Chocholatá, PhD., Ekonomická univerzita v Bratislave, Fakulta hospodárskej informatiky, Katedra operačného výskumu a ekonometrie, Dolnozemska cesta 1, 852 35 Bratislava, michaela.chocholata@euba.sk.

sčítanie (kombinácia údajov z administratívnych zdrojov a od obyvateľov), ktoré bolo realizované výlučne elektronicky. Rozhodujúcim okamihom sčítania bola polnoc z 31. decembra 2020 na 1. januára 2021. SODB 2021 bolo realizované v dvoch krokoch – sčítanie domov a bytov (1. jún 2020 - 12. február 2021) a sčítanie obyvateľov (formou samosčítania: 15. február 2021 - 31. marec 2021, resp. asistované sčítanie: 3. máj 2021 - 13. jún 2021).

Zber údajov pre sčítanie domov a bytov zabezpečovali obce SR v spolupráci so Štatistickým úradom SR, obyvatelia do tohto sčítania neboli zaangažovaní. „Predmetom sčítania domov a bytov boli všetky byty v domoch bez ohľadu na to, či sú obývané alebo neobývané a iné obydlia, ktoré sú obývané k rozhodujúcemu okamihu sčítania.“ (Sčítanie obyvateľov, domov a bytov 2021, 2022a)

Predmetom tohto príspevku je priestorová analýza vybraných ukazovateľov sčítania domov a bytov 2021 v SR (počet domov s plynovou prípojkou, počet domov s prípojkou na kanalizačnú sieť, počet bytov so splachovacím záchodom v byte, počet bytov s vaňou alebo sprchovacím kútom v byte) s využitím lokálnej jednorozmernej a viacrozmernej Gearyho štatistiky.

Štruktúra príspevku je nasledujúca: po stručnom úvode do problematiky v prvej časti, nasleduje časť venovaná metodológii, v tretej časti sú popísané dáta a empirické výsledky analýzy a príspevok uzatvára záver.

2 Metodológia

Analýza priestorových údajov obvykle začína tzv. exploratálnou analýzou priestorových údajov (ESDA). Je to čoraz populárnejšia technika založená na geografickej informačnej vede, ktorá umožňuje používateľom opísať a vizualizovať priestorové rozmiestnenia, identifikovať atypické miesta alebo priestorové odľahlé hodnoty, objaviť vzory priestorových asociácií, zhlukov a navrhnúť priestorové režimy alebo iné formy priestorovej heterogenity.

Prvým krokom ESDA je obvykle vizualizácia údajov pomocou rôznych grafov a máp. Hoci s pomocou niektorých máp (napr. box mapy) možno odhaliť určité priestorové vzory, zhluky hodnôt, extrémne hodnoty či odľahlé hodnoty, tieto mapy neposkytujú však informáciu o štatistickej významnosti zhlukovania. V rámci ESDA nasleduje preto zvyčajne analýza priestorovej autokorelácie na globálnej i lokálnej úrovni. Priestorovú autokoreláciu možno všeobecne charakterizovať ako koreláciu premennej s jej priestorovo posunutou hodnotou, pričom existuje niekoľko možností testovania priestorovej autokorelácie. Na základe rozsahu analýzy rozlišujeme globálne štatistiky, ktoré slúžia na meranie globálnej priestorovej autokorelácie a sú vyjadrené jednou hodnotou vzťahujúcou sa na celý súbor údajov a lokálne štatistiky, ktoré popisujú priestorovú autokoreláciu pre jednu konkrétnu priestorovú jednotku. Lokálne štatistiky teda umožňujú zistiť, či sa analyzované územie chová ako homogénne (t.j. hodnoty autokorelácie sú pre celé územie rovnaké), alebo naopak heterogénne (hodnoty autokorelácie sa pre jednotlivé priestorové jednotky významne odlišujú).

S ohľadom na predmet príspevku popíšeme skúmanie priestorovej autokorelácie pomocou lokálnej jednorozmernej a viacrozmernej Gearyho štatistiky.

Lokálna jednorozmerná Gearyho štatistika vychádza podobne ako jej globálna verzia zo štvorcových diferencií, resp. nepodobnosti (rozdielnosti). Nízke hodnoty tejto štatistiky teda indikujú pozitívnu priestorovú autokoreláciu (podobnosť), kým jej vysoké hodnoty svedčia v

prospech negatívnej autokorelácie (rozdielnosti). Lokálnu Gearyho štatistiku možno zapísať v tvare (Anselin, 2019a; Furková, 2019; Fischer a Wang, 2011; Chocholatá, 2020)²:

$$c_i = \sum_j w_{ij} (x_i - x_j)^2 \quad (1)$$

kde symbolom x_i označujeme hodnotu skúmanej premennej v regióne i ($i = 1, 2, \dots, N$) a symbolom w_{ij} prvky priestorovej matice váh \mathbf{W} (viac pozri napr. Fischer a Wang, 2011). V prípade lokálnej Gearyho štatistiky rozlišujeme tri prípady pozitívnej lokálnej priestorovej autokorelácie, a to okrem typov vysoká-vysoká (high-high) a nízka-nízka (low-low) tiež tzv. typ iná (other) v prípade, že hodnoty v analyzovanej dvojici regiónov sú síce z hľadiska ich veľkosti podobné, jedna z nich je však nižšia ako stredná hodnota, druhá naopak vyššia ako stredná hodnota (štvorcová diferenciacia v (1) teda prechádza „cez“ strednú hodnotu). Negatívna lokálna priestorová autokorelácia je indikovaná vysokou hodnotou lokálnej Gearyho štatistiky (1), avšak vzhľadom na použitie štvorcových diferencií vo výpočte nie je možné špecifikovať, či ide o negatívnu autokoreláciu typu vysoká-nízka (high-low) alebo nízka-vysoká (low-high).

Rozšírenie lokálnej jednorozmernej Gearyho štatistiky do viacrozmernej podoby bolo prezentované Anselinom (2019a). Ak uvažujeme k premenných indexovaných pomocou v , lokálna viacrozmerná Gearyho štatistika má potom tvar (Anselin, 2019b):

$$c_{k,i} = \sum_{v=1}^k \sum_j w_{ij} (x_{vi} - x_{vj})^2 \quad (2)$$

Lokálna viacrozmerná Gearyho štatistika je určitým indikátorom, ktorý udáva, či priemerná vzdialenosť medzi hodnotami uvažovaných premenných v regióne i a hodnotami týchto premenných v jeho susedných regiónoch je menšia alebo väčšia, ako by bola pri uvažovaní priestorovej náhodnosti. Kým prvá situácia zodpovedá pozitívnej priestorovej autokorelácie, druhá odráža existenciu negatívnej priestorovej autokorelácie (Anselin, 2019b; Chocholatá, 2020).

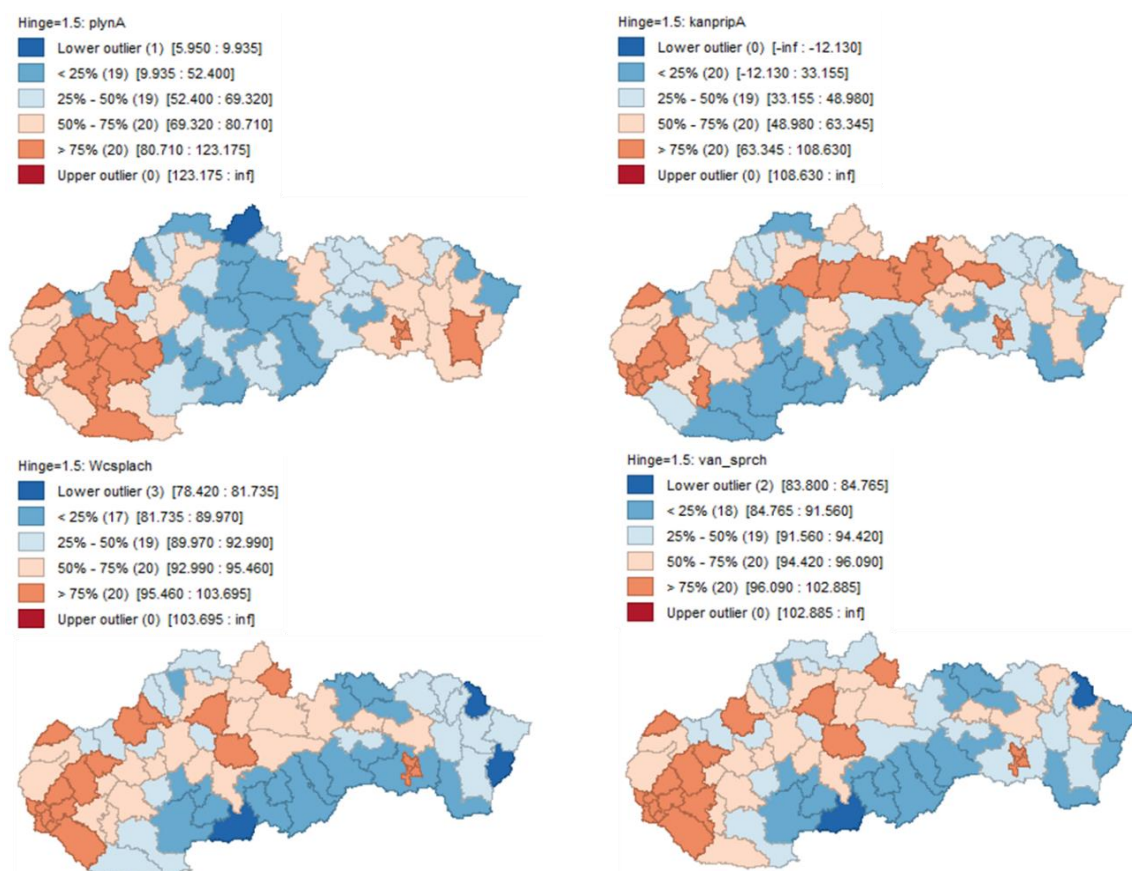
3 Dáta a empirické výsledky

Predmetom príspevku je priestorová analýza vybraných ukazovateľov (v %) sčítania domov a bytov 2021 v SR (*plynA* - počet domov s plynovou prípojkou, *kanpripA* - počet domov s prípojkou na kanalizačnú sieť, *Wcsplach* - počet bytov so splachovacím záchodom v byte, *van_sprch* - počet bytov s vaňou alebo sprchovacím kútom v byte). Údaje boli získané z internetových stránok (Sčítanie obyvateľov, domov a bytov 2021, 2022b; Sčítanie obyvateľov, domov a bytov 2021, 2022c) a na analýzu bol využitý softvér GeoDa.

Grafické znázornenie hodnôt analyzovaných ukazovateľov pomocou box-máp je na Obr.1, z ktorého sú zrejme značné disproporcie medzi jednotlivými okresmi SR. Kým plynovou prípojkou disponujú domy predovšetkým v západnej a východnej časti Slovenska, plynofikácia okresov stredného Slovenska je značne nižšia. Z hľadiska kanalizačnej prípojky má najviac domov prípojkou na kanalizačnú sieť na západe SR, v severných okresoch stredného Slovenska a v Košiciach. Pokiaľ ide o splachovacie WC v byte a byty s vaňou alebo sprchovacím kútom v byte, výrazné je zastúpenie okresov v západnej a severnej časti SR a v Košiciach.

² Anselin (2019a) uvádza, že vzhľadom na prítomnosť štvorcových odchýlok v (1) je irelevantné, či je analyzovaná premenná vyjadrená v pôvodnej mierke alebo v štandardizovanej forme, hoci pri výpočte viacrozmernej štatistiky je preferovaná štandardizácia uvažovaných premenných (stredná hodnota štandardizovanej premennej je potom nulová a rozptyl nadobúda hodnotu jeden).

Obr. 1: Box-mapy pre ukazovatele (v %) sčítania domov a bytov 2021 v SR (plynA - počet domov s plynovou prípojkou, kanpriPA - počet domov s prípojkou na kanalizačnú sieť, Wcsplach - počet bytov so splachovacím záchodom v byte, van_sprch - počet bytov s vaňou alebo sprchovacím kútom v byte)



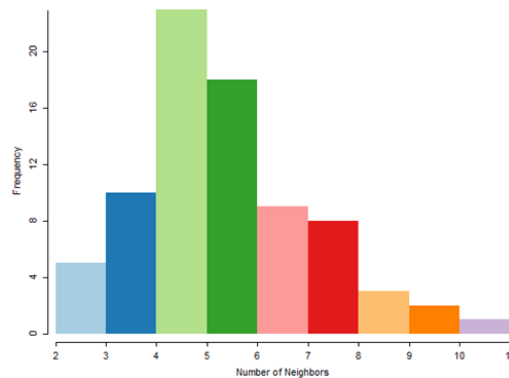
Zdroj: vlastné spracovanie v GeoDa

V ďalšom kroku ESDA sme pristúpili k analýze priestorovej autokorelácie pomocou lokálnej jednorozmernej Gearyho štatistiky, pričom pri výpočte sme použili maticu váh typu „kráľovná“ s počtami susedov uvedenými na Obr. 2. Obr. 3 znázorňuje klastrové mapy pre analyzované ukazovatele. Vo všetkých štyroch prípadoch sme identifikovali tak regióny s pozitívnou ako aj negatívnou priestorovou autokoreláciou. Najväčší počet štatisticky významných okresov možno pozorovať pre ukazovateľ týkajúci sa domov s plynovou prípojkou. Kým okresy so štatisticky významnou³ pozitívnou priestorovou autokoreláciou typu vysoká-vysoká sú lokalizované v západnej časti SR (15 okresov) a vo východnej časti SR (6 okresov), okresy so štatisticky významnou pozitívnou priestorovou autokoreláciou typu nízka-nízka sú lokalizované na strednom Slovensku. 3 okresy východného Slovenska – Levoča, Stará Ľubovňa a Svidník boli identifikované ako okresy s pozitívnou priestorovou autokoreláciou typu iná. Ďalej boli identifikované dva okresy (Tvrdosín a Myjava) so štatisticky významnou negatívnou priestorovou autokoreláciou, hoci, ako už bolo uvedené, nie je možné charakterizovať typ priestorových odľahlých hodnôt, ktorým zodpovedajú. Zvyšné tri ukazovatele istým spôsobom spolu súvisia, keďže ide o domy s kanalizačnou prípojkou, splachovacím WC v byte a vaňou, resp. sprchovacím kútom v byte. Kým v prípade domov pripojených na kanalizačnú sieť bolo špecifikovaných 11 okresov (západ a východ

³ V celom príspevku uvažujeme hladinu významnosti 0,05.

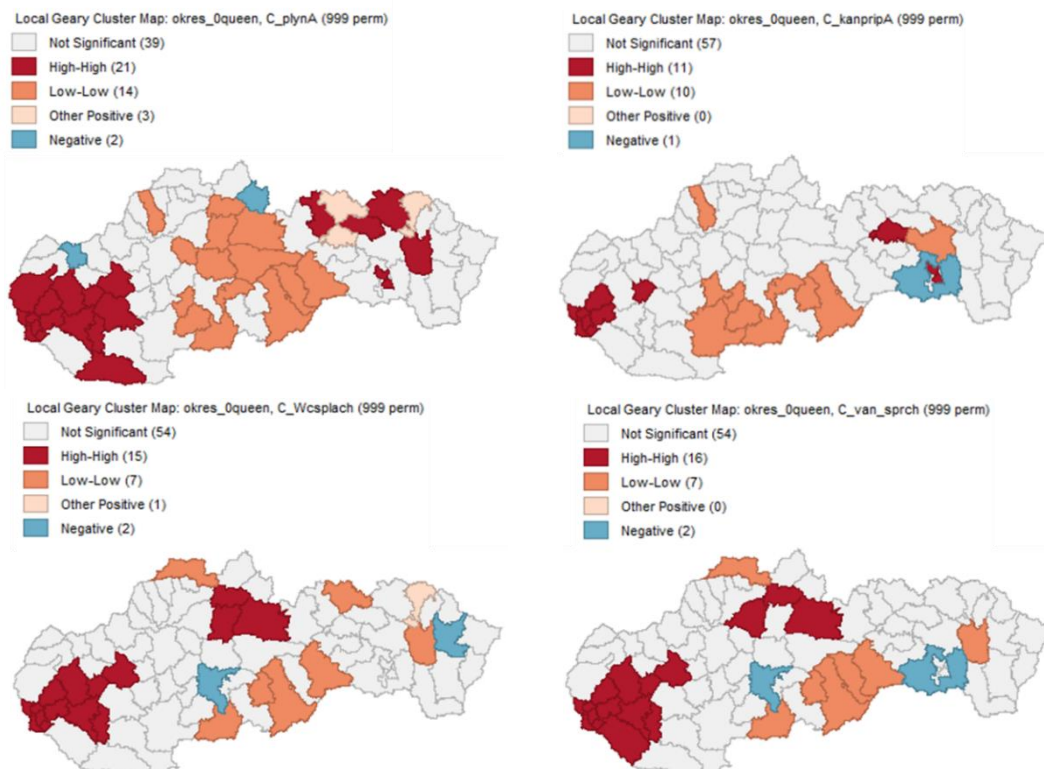
SR) so štatisticky významnou pozitívnou priestorovou autokoreláciou typu vysoká-vysoká, v prípade splachovacieho WC v byte a vane/kúpeľne v byte bol tento typ priestorovej autokorelácie identifikovaný pre 15, resp. 16 okresov lokalizovaných na západnom a strednom Slovensku. Na druhej strane, najväčší počet okresov so štatisticky významnou priestorovou autokoreláciou typu nízka-nízka bol špecifikovaný pre južné okresy stredného Slovenska. V prípade splachovacieho WC v byte bol identifikovaný okres Svidník ako štatisticky významný s pozitívnou priestorovou autokoreláciou typu iná. Pre jeden až dva okresy sme pre túto trojicu ukazovateľov dostali výsledky so štatisticky významnou negatívnou priestorovou autokoreláciou.

Obr. 2: Histogram počtu susedov – váhy typu „kráľovná”



Zdroj: vlastné spracovanie v GeoDa

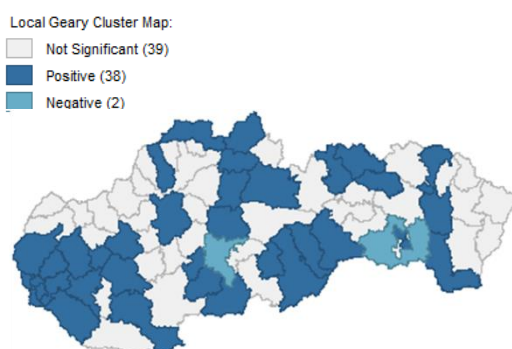
Obr. 3: Klastrové mapy na základe jednorozmerných Gearyho štatistík pre vybrané ukazovatele sčítania domov a bytov 2021 v SR



Zdroj: vlastné spracovanie v GeoDa

Po výpočte lokálnych jednorozmerných Gearyho štatistík pre jednotlivé ukazovatele, sme zrealizovali viacrozmernú analýzu na báze lokálnej viacrozmernej Gearyho štatistiky (2)⁴. Obr. 4 poskytuje klastrovú mapu pre štvorrozmernú Gearyho štatistiku identifikujúcu 38 okresov s pozitívnou priestorovou autokoreláciou, t.j. tieto okresy majú podobný viacrozmerný profil ako ich susedné regióny. Dva okresy (Zvolen a Košice-okolie) boli identifikované ako okresy s odlišným profilom ako ich susedné regióny. Prezentované výsledky sú v súlade s Anselinom (2019a), ktorý uvádza, že hoci je viacrozmerná štatistika súčtom jednorozmerných štatistík, neznamená to, že štatisticky významné regióny v prípade jednorozmernej štatistiky sa nevyhnutne premietnu do štatisticky významných regiónov v prípade viacrozmernej verzie Gearyho štatistiky.

Obr. 4: Klastrová mapa na základe viacrozmernej Gearyho štatistiky pre vybrané štandardizované ukazovatele sčítania domov a bytov 2021 v SR



Zdroj: vlastné spracovanie v GeoDa

4 Záver

Predmetom príspevku bola priestorová analýza vybraných ukazovateľov sčítania domov a bytov 2021 v SR (počet domov s plynovou prípojkou, počet domov s prípojkou na kanalizačnú sieť, počet bytov so splachovacím záchodom v byte, počet bytov s vaňou alebo sprchovacím kútom v byte) na báze lokálnej jednorozmernej a viacrozmernej Gearyho štatistiky. Lokálne jednorozmerné Gearyho štatistiky umožnili preskúmať previazanosť geograficky blízkych regiónov (priestorovú autokoreláciu) pre jednotlivé analyzované premenné. Viacrozmerná Gearyho štatistika umožnila posúdiť profil, resp. podobnosť/nepodobnosť profilu jednotlivých regiónov na báze uvažovanej štvorice ukazovateľov. Prezentované výsledky získané aplikáciou Gearyho štatistík jednak na jednorozmernej úrovni, ako aj na viacrozmernej úrovni potvrdzujú štatisticky významný vplyv polohy regiónu v priestore na úroveň analyzovaného ukazovateľa, pričom upriamujú pozornosť na tzv. „zaujímavé“ regióny, ktoré majú podobný jednorozmerný, resp. viacrozmerný profil ako ich susedné regióny.

Príspevok bol spracovaný v rámci riešenia grantovej úlohy VEGA 1/0193/20 Vplyv priestorových spillover efektov na inovačné aktivity a rozvoj regiónov EÚ.

⁴ Jednotlivé ukazovatele tu boli využité v štandardizovanom tvare.

Literatúra

1. Anselin, L. (2019a). A Local Indicator of Multivariate Spatial Association: Extending Geary's c. *Geographical Analysis*, 51(2), 133-150. doi: 10.1111/gean.12164
2. Anselin, L. (2019b). GeoDa An Introduction to Spatial Data Analysis. Local Spatial Autocorrelation (2). Advanced Topics. Retrieved June 24, 2021, from https://geodacenter.github.io/workbook/6b_local_adv/lab6b.html#multivariate-local-geary
3. Fischer, M.M., & Wang, J. (2011). *Spatial Data Analysis. Models, Methods and Techniques*. Heidelberg: Springer.
4. Furková, A. (2019). Spatial Cluster Analysis of the Regional Poverty in the European Union. In *Proceedings of the International Conference on Contemporary Issues in Economics, Management and Business*. Hanoi: National Economics University Publishing House, 873-883.
5. Chocholatá, M. (2020). Priestorová analýza kriminality: jednorozmerný a viacrozmerný prístup. *Ekonomika a informatika: vedecký časopis FHI EU v Bratislave a SSHI*, 18(2), 58-66.
6. Sčítanie obyvateľov, domov a bytov 2021. (2022a). *Ako sa realizovalo Sčítanie obyvateľov, domov a bytov 2021*. Retrieved February 01, 2022, from <https://www.scitanie.sk/ako-sa-realizovalo-scitanie-obyvateľov-domov-bytov-2021>
7. Sčítanie obyvateľov, domov a bytov 2021. (2022b). *Byty – Rozšírené výsledky*. Retrieved February 01, 2022, from <https://www.scitanie.sk/byty/rozširene-vysledky>
8. Sčítanie obyvateľov, domov a bytov 2021. (2022c). *Domy – Rozšírené výsledky*. Retrieved February 01, 2022, from <https://www.scitanie.sk/domy/rozširene-vysledky>



Vplyv inflácie na modelovanie prepínania režimov výnosov

Impact of Inflation on Modeling Switching Regimes of Returns

Marian Reiff¹, Juraj Pekár²

Abstrakt

V súčasnosti pozorujeme častejšie striedanie nálad na finančných trhoch. Investor musí včas reagovať a prispôbiť investičné stratégie. Na určenie medvedieho alebo býčieho trhu je možno použiť Markovov model prepínania režimov, ktorý vie odhadnúť v akom stave sa trh nachádza. Výsledkom uvedeného prístupu je identifikácia a následné rozdelenie nami analyzovaného obdobia na medvedí a býčí trh. Predpoklady rozhodovania potom môžu v sebe zahrňovať aj predpoklad vzniku napríklad nejakej krízy, a teda prispôbenie stratégie investora na základe situácie v akej sa trh nachádza. Cieľom príspevku je prezentovať možné využitie Markovovho modelu prepínania režimov na rozdelenie období a následne využiť túto informáciu na stanovenie stratégie investora. Prípadová štúdia bola realizovaná na historických údajoch komponentov akciového indexu S&P500 s využitím informácii o inflácii PPIACO.

Kľúčové slová

Markovov model prepínania režimov, Býčí trh, Medvedí trh

Abstract

We are currently observing often changes in sentiment on the financial markets. The investor must react in time and adapt investment strategies. To determine market states, it is possible to use the Markov switching model, which can be estimated in what state the market is in. In view of the mentioned approach, the aim is the identification and subsequent division of the time periods analyzed into bull and bear markets, the returns of which are used for the subsequent analysis of investment strategies. Decision-making assumptions can then also include the assumption of the emergence of, for example, a crisis and, therefore, modification of the investor's strategy based on the situation in which the market is. The aim of the paper is to present the possible use of the Markov switching model for the distribution of the period and to use this information to determine the investor's strategy. The case study was carried out on the historical data of the components of the S&P500 stock index and information about inflation PPIACO - Producer Price Index by Commodity.

Key words

Markov Switching Model, Bear Market, Bull Market

JEL classification

G10, G11

¹ doc. Ing. Marian Reiff, PhD., Ekonomická univerzita v Bratislave, Fakulta hospodárskej informatiky, Katedra operačného výskumu a ekonometrie, Dolnozemska 1/b, 85235 Bratislava, marian.reiff@euba.sk.

² prof. Mgr. Juraj Pekár, PhD., Ekonomická univerzita v Bratislave, Fakulta hospodárskej informatiky, Katedra operačného výskumu a ekonometrie, Dolnozemska 1/b, 85235 Bratislava, juraj.pekar@euba.sk.

1 Úvod

Dopady krízy spôsobenej vírusom Covid-19 a krízy z konfliktu na Ukrajine sa výrazne premietli do nálad na akciových trhoch. Investor musí včas reagovať a prispôbiť investičné stratégie. Na určenie jednotlivých období je možno použiť Markovov model prepínania režimov, ktorý vie odhadnúť v akom stave (býčii alebo medvedí) sa trh nachádza. Pre potreby analýzy boli použité priemerné týždenné výnosy akcií S&P 500 za obdobie od 1.7.2007 do 26.9.2022. Výsledkom uvedeného prístupu je identifikácia a následné rozdelenie nami analyzovaného obdobia na medvedí a býčii trh. Predpoklady rozhodovania potom môžu v sebe zahrňovať aj predpoklad o zmene nálady na trhu, a teda prispôbenie stratégie investora na základe aktuálnej situácie na trhu. Cieľom príspevku je prezentovať možné využitie Markovovho modelu prepínania režimov na rozdelenie období a následne využiť túto informáciu na stanovenie stratégie investora.

2 Markov model prepínania režimov

Majme Markovov reťazec $\{X_t\} = \{x_0, x_1, x_2, \dots, x_m\}$, kde t nadobúda nezáporné celočíselné hodnoty, pričom m reprezentuje počet stavov systému. Predstavme si že $\{X_t\}$ je „zabalený“ do signálov poškodených šumom. Markovov reťazec $\{X_t\}$ je skrytý z dôvodu šumu a v praxi nie je pozorovateľný. Čo je v reálnom svete pozorované, je proces $\{Y_t\} = \{y_0, y_1, y_2, \dots, y_n\}$, ktorý je funkciou $\{X_t\}$, pričom n reprezentuje počet možných hodnôt pozorovateľnej premennej. Časový rad $\{Y_t\}$ je skreslenou verziou časového radu $\{X_t\}$ z dôvodu šumu, ktorý predpokladáme sa dá popísať napríklad pomocou normálneho pravdepodobnostného rozdelenia. Proces $\{Y_t\}$ je séria signálov obsahujúcich informáciu „pravom“ stave alebo režime modelovaného systému.

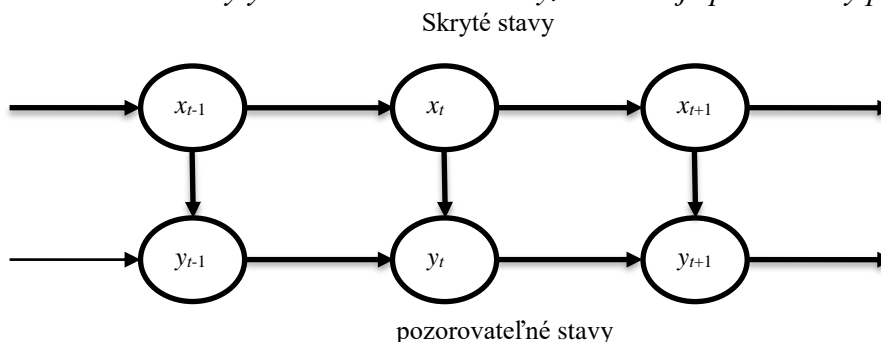
Podľa definície (Cappé et al. 2005), skrytý Markovov model je bi-variantný diskretný proces $\{X_t, Y_t\}$, kde $\{X_t\}$ je Markovov reťazec a $\{Y_t\}$ je sekvencia náhodných hodnôt premennej y , ktoré sú podmienené $\{X_t\}$.

Podľa definície (MacDonald a Zucchini 1997), skrytý Markovov reťazec je stochastický proces pozostávajúci z dvoch častí, kde prvá základná časť je nepozorovateľný proces $\{X_t\}$, ktorý spĺňa Markovovskú vlastnosť $P\{x_t | x_{t-1}, x_{t-2}, \dots, x_0\} = P\{x_t | x_{t-1}\}$ a druhá časť je pozorovateľný proces $\{Y_t\}$ spĺňajúci $P\{y_t | y_{t-1}, y_{t-2}, \dots, y_0, x_{t-1}, x_{t-2}, \dots, x_0\} = P\{y_t | x_t\}$, čo je označované ako podmienené nezávislá vlastnosť. Nezávislá preto, lebo nezávisí od historických hodnôt $y_{t-1}, y_{t-2}, \dots, y_0$ a je podmienená iba x_t . Potom dvojicu stochastických procesov $\{X_t, Y_t\}$ nazývame skrytý Markovov model s m stavmi. Podmienenú nezávislú vlastnosť môžeme vysvetliť nasledovne. V prípade, ak poznáme stav x_t , hodnota y_t závisí len od x_t a nie je závislá od predchádzajúcich historických stavov systému a predchádzajúcich pozorovaní premennej y (emisii), teda je podmienené nezávislá.

Prirodzeným rozšírením skrytého Markovovho reťazca je variant, kde pozorovateľný proces nie je závislý len od súčasného skrytého stavu, ale aj predchádzajúcich pozorovaní emisii. Tento variant je zobrazený na obrázku číslo 1.

Pre tento variant skrytého Markovovho modelu sa ustálil názov Markovov prepínací model (angl. Markov switching model) alebo model s Markovovým prepínaním režimov (angl. Markov regime switching model) (Hamilton 1988), (Hamilton 1989).

Obr. 1: Popis štruktúry Markovovho prepínacieho modelu, kde premenná x_t znázorňuje skrytý Markovov reťazec a y_t znázorňuje pozorovaný proces



Zdroj: vlastné spracovanie

3 Identifikácia trhov pomocou Markovho modelu prepínania režimov

V príspevku analyzujeme dynamické správanie akciového indexu S&P 500 pomocou ukazovateľov „adjusted close“ a oneskorenej hodnoty o jedno obdobie a informácie o inflácii " Producer Price Index by Commodity: All Commodities (PPIACO) ". Časové rady týždenných údajov sú spracované za obdobie od 1.7.2007 do 26.9.2022. Zdroj údajov je databáza Yahoo.Finance (2022), kde je akciový index vedený pod označením GSPC a databáza Federal Reserve Economic Data, (2022) pre informácie vývoji informácie o inflácii PPIACO.

Všetky odhady boli vykonané pomocou softvéru EViews 9 (Aljandali a Tatahi 2018). Výsledný model s dvoma stavmi (režimami) sme pre ďalšiu analýzu zvolili na základe porovnania rôznych odhadnutých modelov s rôznymi vysvetľujúcimi premennými a to na základe porovnania štatistickej významnosti odhadnutých parametrov a výberu modelu s minimálnou hodnotou Akaikého informačného kritéria. Vysvetľujúca premenná " Producer Price Index by Commodity: All Commodities (PPIACO) " sa potvrdila ako štatisticky významná ($pvalue < 0,05$).

Pre výsledný model prezentujeme nasledovné výsledky:

- maticu pravdepodobností prechodov medzi skrytými stavmi systému a priemernú dĺžku zotrvania v príslušnom stave: medvedí a býčí trh (obrázok č. 2),
- postupnosť pravdepodobností skončenia v skrytých stavoch systému (obrázok č. 3).

Obr. 2: Pravdepodobnosti prechodu medzi dvoma skrytými stavmi (medvedí a býčí trh) a priemernú dĺžku zotrvania v príslušnom stave

Transition summary: Constant Markov transition probabilities and expected durations
Sample (adjusted): 1/08/2007 9/26/2022
Included observations: 821 after adjustments

Constant transition probabilities:
 $P(i, k) = P(s(t) = k | s(t-1) = i)$
(row = i / column = j)

	1	2
1	0.933098	0.066902
2	0.028180	0.971820

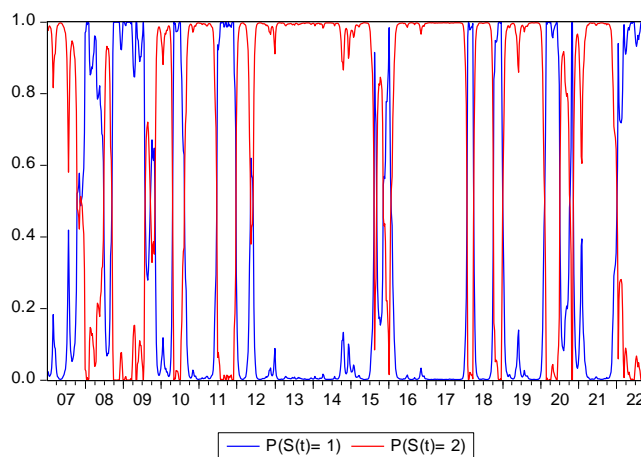
Constant expected durations:

	1	2
	14.94723	35.48580

Zdroj: vlastné spracovanie

V ďalšom časti vizualizujeme postupnosť odhadnutých pravdepodobností pre dané poradie pozorovaní emisií zatváracieho kurzu S&P 500. Na obrázku č. 3 sú tieto pravdepodobnosti graficky znázornené. Skryté stavy v tomto prípade interpretujeme ako režim (náladu na trhu), býčí alebo medvedí trh. Pre každý režim sú odhadnuté stredné hodnoty a rozptyl zmeny zatváracieho kurzu oproti predchádzajúcemu dňu.

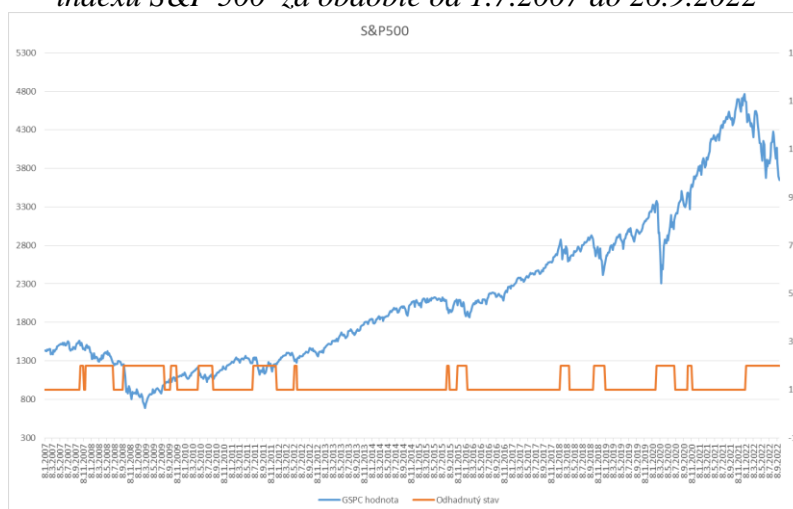
Obr. 3: Odhadnutá postupnosť pravdepodobností skončenia v dvoch skrytých stavoch systému
Smoothed Regime Probabilities



Zdroj: vlastné spracovanie

Na obrázku č. 4 je v hornej časti zobrazený vývoj zatváracieho kurzu indexu GSPC za obdobie od 1.7.2007 do 26.9.2022, ktorý predstavuje pozorovateľný stav systému a v dolnej časti sú zobrazené príslušné odhadnuté skryté stavy, v ktorých sa nachádzal systém modelovaný pomocou Markovovho modelu prepínania režimov s dvoma stavmi. Napríklad interpretovanie oranžovej čiary je nasledovné: modelovaný systém začína 1.7.2007 v stave 2 a 15.10.2007 sa prepína do stavu 1, atď.

Obr. 4: Markovov model prepínania režimov s dvomi stavmi a hodnota zatváracieho kurzu indexu S&P 500 za obdobie od 1.7.2007 do 26.9.2022



Zdroj: vlastné spracovanie

4 Záver

Striedanie rôznych typov trhov ovplyvňuje akciové trhy. Dopady zmeny nálad na trhoch spôsobujú na finančných trhoch výrazný prepád hodnoty investícií, pričom na akciových trhoch možno pozorovať dočasný pokles cien akcií.

Pre identifikáciu zmeny typu trhu bol vybraný cenovo vážený akciový index S&P 500 a na základe historických cien akcií obsiahnutých v akciovom indexe S&P 500 boli odhadnuté obdobia býčích a medvedích trhov. Pričom boli identifikované priemerné dĺžky trvania jednotlivých trhov (medvedí trh 14,95 týždňa a býčí trh 35,48 týždňa). Uvedené informácie môžu napomôcť investorovi pri rozhodovaní.

Pre potreby analýzy boli použité priemerné týždenne výnosy akcií S&P 500 za obdobie od 1.7.2007 do 26.9.2022. Výsledok je rozdelenie výnosov do jednotlivých skupín na základe Markovovho modelu prepínania režimov s vysvetľujúcou premennou " Producer Price Index by Commodity: All Commodities (PPIACO) " ktorá sa potvrdila ako štatisticky významná.

Príspevok bol spracovaný v rámci riešenia grantovej úlohy VEGA 1/0339/20 Využitie skrytého Markovovho modelu vo finančnom modelovaní.

Literatúra

1. Aljandali, A. & Tatahi, M. (2018). Economic and financial modelling with reviews. *A Guide for Students and Professionals*. Switzerland: Springer International Publishing.
2. Cappé, O., Moulines, E. & Rydén, T. (2009). Inference in hidden markov models. In *Proceedings of EUSFLAT conference* (pp. 14-16).
3. Federal Reserve Economic Data. (2022). Economic data. [Online]. Available at: <https://fred.stlouisfed.org/series/PPIACO> [Retrieved: 26 September 2022].
4. Hamilton, J. D. (1988). Rational-expectations econometric analysis of changes in regime: An investigation of the term structure of interest rates. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 12(2-3), 385-423.
5. Hamilton, J. D. (1989). A new approach to the economic analysis of nonstationary time series and the business cycle. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 357-384.
6. Yahoo.Finance. (2022). Data on individual stock indices. [Online]. Available at: <https://finance.yahoo.com> [Retrieved: 26 September 2022].



Prehľad prístupov k analýzám ekonomických dosahov pandémieí Review of Approaches to Pandemics' Economic Impacts Analyses

Karol Szomolányi¹, Adriana Lukáčiková², Martin Lukáčik³

Abstrakt

Pandémia COVID-19 naštartovala globálnu hospodársku krízu. Akademický svet reagoval veľkým množstvom vedeckých výstupov analyzujúcich ekonomické dosahy prepuknutia pandémie. Tento prehľad sa zameria na niektoré práce využívajúce matematické nástroje. Rozlišujeme tri triedy makroekonomických modelov analyzujúcich epidemické dosahy: obojsmerná interakcia medzi epidemickou a makroekonomickou časťou modelu, jednosmerná interakcia a modely v redukovanom tvare. Obojsmerné modely predpokladajú optimálne výbery subjektov vzhľadom na stav epidémie s dosahom makroekonomických rozhodnutí na epidémiu. Jednosmerný prístup predpokladá, že epidémia je vopred simulovaná. Modely v redukovanom tvare predpokladajú, že makroekonomické voľby sa realizujú nezávisle od epidémie.

Kľúčové slová

Pandémia COVID-19, obojsmerné modely, jednosmerné modely, modely v redukovanom tvare

Abstract

The COVID-19 pandemic has triggered a global economic crisis. The academic world responded with many scientific outputs analysing the economic impacts of the pandemic outbreaks. This review focuses on some papers with a mathematical background. There are three classes of epidemic macro models: two-way interaction between the epidemic and the macroeconomy, one-way interaction, and reduced-form models. Two-way models suppose optimal choices of the agents include the state of the epidemic and the impact of their macro decisions on the epidemic. Unlike the one-way approach assumes that the epidemic is pre-simulated. Reduced form models feature macroeconomic choices independent of the epidemic.

Key words

COVID-19 pandemic, two-way models, one-way models, reduced-form models

JEL classification

B41, E1, I1

1 Úvod

V príspevku predstavíme rôzne doteraz aplikované prístupy kvantitatívnej analýzy ekonomických dosahov pandémie COVID-19 a zodpovedajúcich politických reakcií vo svete.

¹ doc. Ing. Karol Szomolányi, PhD., Ekonomická univerzita, Fakulta hospodárskej informatiky, Katedra operačného výskumu a ekonometrie, karol.szomolanyi@euba.sk.

² prof. Ing. Martin Lukáčik, PhD., Ekonomická univerzita, Fakulta hospodárskej informatiky, Katedra operačného výskumu a ekonometrie, martin.lukacik@euba.sk.

³ Ing. Adriana Lukáčiková, PhD., Ekonomická univerzita, Fakulta hospodárskej informatiky, Katedra operačného výskumu a ekonometrie, adriana.lukacikova@euba.sk.

Vo svojom projekte, Dück et al., (2022) sústreďujú najvýznamnejšie práce. Podľa ich klasifikácie rozlišujeme tri triedy makroekonomických modelov analyzujúcich epidemické dosahy: obojsmerná interakcia medzi epidemickou a makroekonomickou časťou modelu, jednosmerná interakcia a modely v redukovanom tvare. Obojsmerné modely predpokladajú optimálne výbery subjektov vzhľadom na stav epidémie s dosahom makroekonomických rozhodnutí na epidémiu. Jednosmerný prístup predpokladá, že epidémia je vopred simulovaná. Modely v redukovanom tvare predpokladajú, že makroekonomické voľby sa realizujú nezávisle od epidémie. Detailnejší výskum zohľadnil heterogenosť, pri ktorej sú odlišné dosahy pandémie a politiky pre rôzne hospodárske sektory a heterogénne skupiny. Nechýbajú medzi nimi analýzy optimálnej monetárnej a fiškálnej reakcie a štúdie zaoberajúce sa globálnymi dosahmi a analýzou medzinárodnej politickej ekonomickej interakcie.

2 Prístup založený na jednosmerných modeloch a modeloch v redukovanom tvare

Redukovaný tvar

Cardani et al. (2022) skonštruovali dynamický stochastický model všeobecnej rovnováhy, v ktorom sa prepuknutie pandémie redukuje na „nútené úspory“ a hromadenie práce (skrátенý pracovný čas) spotrebiteľov. Likvidita firemných prevodov je obmedzená. Kalibrácia a odhad modelu zodpovedá eurozóne, zahŕňa funkcie zachycujúce efekty hlavných dopytových a ponukových šokov spôsobených prepuknutím pandémie COVID-19 a prislúchajúcou reštrikčnou a stabilizačnou politikou. Autori sa usilovali zhodnotiť ekonomické dosahy pandémie a jej politických reakcií. Zisťujú dominantnú úlohu „šokov z reštrikčnej politiky“ („nútené úspory“, hromadenie pracovnej sily) spolu so zmenami zahraničného dopytu a obchodu pre replikovanie priebehov časových radov štvrťročných mier rastu reálneho HDP v roku 2020. Výsledok skúmania predpokladá miernu začiatočnú infláciu.

Faria-e-Castro (2021) do modelu začleňuje exogénnu pandémiu ako spotrebiteľské šoky do dynamického stochastického modelu všeobecnej rovnováhy (DSGE) dvoch agentov s dvomi tovarmi s finančnými sprostredkovateľmi a vstupmi a výstupmi endogénnych firiem. V modeli sa hodnotia rôzne diskrečné fiškálne politiky z hľadiska ich účinnosti pri zmierňovaní šoku pandémie. Diskrečné fiškálne politiky zahŕňajú: nepodmienené transfery, transfery firmám v sektore služieb úmerné mzde, zvýšenie spotreby vlády mimo služieb, zvýšenie poistenia v nezamestnanosti respektíve zníženie dane z práce. Faria-e-Castro tvrdí, že pandemický šok mení poradie multiplikátorov politiky. Dávky v nezamestnanosti sú najefektívnejším nástrojom na stabilizáciu príjmu pre dlžníkov, ktorí sú počas pandémie najviac zasiahnutí, zatiaľ čo programy pomoci v oblasti likvidity sú najúčinnnejšie, ak je cieľom politiky stabilizovať zamestnanosť v postihnutom sektore.

Jednosmerné modely, SIR

Atkeson (2020) vysvetlil vlny pandémie využitím SIR modelu. Model využil na prognózu ďalšieho priebehu pandémie v nasledujúcich 12 – 18 mesiacoch. Model SIR je Markovov model šírenia epidémie v populácii, v ktorom rozlišujeme niekoľko stavov jednotlivcov: náchylní na ochorenie (Suspected), aktívne infikovaní (Infected) a zotavení (alebo po smrti) (Recovered). Štúdia sa zaoberá otázkami, aký je kompromis medzi vážnosťou a načasovaním politických nástrojov určených na potlačenie pandémie prostredníctvom sociálne dištančných reštrikcií a progresom choroby v populácii a aký je dosah epidémie s rôznymi mierami prechodov medzi stavmi (tranzitnými mierami), aký je dosah reštrikčných politík. Poznamenajme, že prví predstavili SIR model Kermack a McKendrick (1927).

Bodenstein et al. (2022) rozšírili štandardný model SIR s homogénnou populáciou na prostredie s viacerými skupinami a kombinovali ho s dvoj-sektorovým modelom rastu, aby ponúkli funkčný vzťah intenzity sociálneho dištančovania na šírenie choroby, počet

práceschopných ľudí a hospodársku činnosť. Choroba v modeli ovplyvňuje ekonomickú aktivitu priamo a nepriamo; priamo, prostredníctvom negatívneho vplyvu na pracovnú silu, a nepriamo, keďže kontrakcie vo výstupe hlavného sektora majú nelineárne účinky na agregovanú aktivitu. Otázka štúdie je, aké sú straty v produkcii, ak sa choroba rozšíri do prirodzenej intenzity a politická autorita nezavedie sociálne dištančné reštrikcie. Epidemická časť založená na modeli SIR pozostáva zo štyroch skupín obyvateľstva. Prvé dve skupiny sú pracujúci v ekonomických dvoch sektoroch. Členovia ďalších dvoch skupín nie sú zapojení do trhu práce; predstavujú študentov a dôchodcov. Úroveň akou sa stretávajú infikční s náchylnými je úmerná priestorovej hustote. Sociálny odstup a iné nefarmaceutické opatrenia v oblasti verejného zdravia sa formulujú znížením efektívnych mier stykov. Ekonomická časť modelu predpokladá dva sektory vyrábajúce medziprodukty potrebné ako vstupy pre konečný tovar. Vstupy práce v prvom sektore podliehajú požiadavke minimálneho rozsahu. V druhom sektore sú vstupy práce ľahšie nahraditeľné kapitálovými službami. Domácnosti neelasticky ponúkajú dva druhy práce, investujú a prenajímajú kapitálové služby firmám v sektore 2.

Vlokhovenov (2020) makroekonomický model predpokladá spotrebu dvoch tovarov a dynamiku šírenia pandémie na základe SIR modelového bloku. Model porovnáva efekty striktnej dištančnej reštriktívnej autoritárskej politiky v rámci ktorej je každý jednotlivec nútený nadviazať rovnaký stupeň kontaktu s ostatnými, bez ohľadu na začiatočnú úroveň kontaktov, na celkový ekonomický blahobyt a vyhliadky pandémie v porovnaní s liberálnejšou politikou, pri ktorej spoločenská interakcia závisí od začiatočného nastavenia. Epidemická časť modelu predpokladá heterogénnu spoločenskú previazanosť. Makroekonomická časť predpokladá dva tovary, dokonalú konkurenciu model a jeden vstup vo výrobe. Model je statický, spotrebiteľia nešetria.

Moser a Yared (2021) analyzovali problém dôveryhodnosti verejnej politiky v pandémie. Epidemická časť modelu predstavujú štandardné rovnice SIR modelu. V ekonomickej časti vláda nedisponuje možnosťou zaviazat' sa k svojim plánom v budúcnosti. Ak sa rozhodne aplikovať vopred neohlásenú reštrikčnú politiku, ktorá efektívne znižuje dosahy pandémie a ponuku práce, súkromné investičné plány sa zmaria. Uvedené prostredie sa formuluje časovaním tvorby rozhodnutí: firmy rozhodujú o nevratných investičných plánoch ešte pred rozhodnutím vlády. Podľa výsledkov, nemožnosť vlády zaviazat' sa k budúcej politike spôsobuje, že jej politika je podstatne prísnejšia, než je sociálne optimálne. Strata na produkcii a spotrebe je väčšia, ak dynamická substitúcia vstupov, diskontná sadzba, hodnota života, miera prenosu chorôb v práci aj mimo nej a doba čakania na vakcínu sú vyššie.

Acurio Vásconez et al. (2021) predstavili súčasný-keynesovský dynamický stochastický model všeobecnej rovnováhy s finančným sektorom s asymetrickými informáciami a epidemickým blokom SIR. Model predpokladá neflexibilné ceny a nedokonalosti na finančných trhoch, trvalý šok pracovnej ponuky spôsobený infekciou pracujúcich. Štúdia sa zameriava na analýzu ekonomických dosahov pandémie v modeli s nedokonalosťami na finančných trhoch a dosahov nekonvenčnej menovej politiky zameranej na zmiernenie hospodárskej krízy spôsobenej pandemiou. Podľa zistení žiadna nekonvenčná menová politika nemôže úplne odstrániť negatívne účinky epidemickej krízy, možno s výnimkou exogénneho nárastu podielov pohľadávok pochádzajúcich od centrálnej banky.

3 Prístup založený na obojsmerných modeloch

Alvarez et al. (2021) sa pokúsili nájsť optimálne vládne sociálne reštrikcie vzhľadom na ekonomické dosahy pandémie COVID-19 a daných obmedzení. Časť ich modelu tvorí SIR sektor rozšírený o možnosť vlády obmedziť časti obyvateľstva prácu (lockdown).

Ekonomický dosah obmedzení je jednoduchý; produkujú iba osoby, ktorých sa netýkajú. Obmedzenia sú iba čiastočne účinné a ekonomicky nákladné, ale znižujú nové infekcie. Pravdepodobnosť úmrtia závisí od počtu nakazených. Sociálna autorita zvažuje ekonomické náklady úmrtí. Exogénna premenná modelu je pravdepodobnosť objavy účinného lieku alebo vakcíny. V ekonomickej časti modelu je práca ovplyvnená iba vládou reguláciou. Podľa výsledkov štúdie, intenzita optimálnych spoločenských reštrikcií závisí od miery úmrtnosti infikovaných a dostupnosti testovania protilátok. Politika „testovanie – trasovanie – karanténa“ má porovnateľný efekt ako spoločenské reštrikcie. Exogénne dané náklady jedného úmrtia síce majú oporu v citovanej literatúre, ale ich výška je podľa nášho názoru subjektívna a pritom má vplyv na výsledky štúdie.

Jones et al. (2021) využili rozšírenie SIR modelu o stimuly súkromných spotrebiteľov obmedziť ekonomickú aktivitu, aby sa vyhli chorobe. Spoločenské dôsledky tohto správania porovnali s dôsledkami prípadnej verejnej reštrikčnej politiky. Spôsob individuálnej ochrany je „práca z domu“, pri ktorej sa jednotlivec menej vystavuje nakazeniu na úkor nižšej produktivity a čiastočnej straty užitočnosti. Epidemická časť modelu rozširuje rovnice SIR, vystavenie sa vírusu závisí od spotreby a voľby práce. Ekonomická časť pozostáva z úlohy domácnosti s možnosťou pracovať z domu. Každá jednotka práce produkuje jeden spotrebný tovar. Decentralizované riešenie sa líši od optimálneho; podľa kalibrácie modelu, optimálna reštrikčná verejná politika viac zníži kumulované úmrtia, ako individuálna ochrana, aj keď na úkor vyššej straty spotreby.

Hamano et al. (2020) v ich modeli predpokladajú nesprávne vnímanie skutočných dôsledkov pandémie. Jednotlivci môžu vnímať pandémiu ako viac alebo menej závažnú, ako je skutočná situácia. Vláda má prístup k presným informáciám a môže aplikovať reštrikcie, alebo uložiť optimálnu spotrebnú daň, aby obmedzila šírenie pandémie. Model tiež skúma dôsledky prípadného naplnenia medicínskych kapacít na ďalší priebeh pandémie a ekonomiku. Epidemická časť modelu obsahuje rovnice štandardného SIR modelu rozšírené o nesprávne vnímanie počtu infikovaných prípadov náchylnými osobami. Ekonomický model študuje správanie reprezentatívnej domácnosti, firiem v podmienkach dokonalej konkurencie a vlády. Správanie subjektov je statické, domácnosti sa rozhodujú iba medzi spotrebou a prácou. Produkčná funkcia firiem má jediný vstup a je lineárna. Vláda od domácností vyberá spotrebnú daň, aby financovala paušálne transfery. Model predpovedá, že podcenenie počtu infekcií znižuje blahobyt v dôsledku negatívneho efektu externalít ekonomických aktivít na prenos vírusu, zatiaľ čo nadhodnotenie ho do určitej miery zlepšuje. Mierny výpadok medicínskeho systému môže zmierniť podcenenie rizika nákazy. Za rôzne stupne nesprávneho vnímania autori považujú aj politiku karantény, ktorá obmedzuje infekcie a pokles ekonomických aktivít. Ovplyvňovanie rozsahu nesprávneho vnímania šírenia sa ukazuje ako účinný nástroj politiky.

Heterogénnosť

Eichenbaum, de Matos et al. (2022) v modeli kombinujú štrukturálny model zahŕňajúci mladých a starých agentov a modelovanie infekcie prostredníctvom údajov o spotrebných výdavkoch. Spotrebiteľské výdavky klesli v prvej a tretej vlne približne o rovnakú sumu, aj keď riziko nakazenia bolo vyššie v tretej vlne. Agenti sa môžu nakaziť prostredníctvom konzumných aktivít, ktoré zahŕňajú sociálne interakcie. Agenti majú očakávania o tom, aká vysoká je miera úmrtnosti na infekciu, a podľa toho prispôsobujú svoje výdavky na spotrebu. Model ukazuje, že pesimisticky vysoká viera v mieru úmrtnosti a následné učenie sa o skutočnej úmrtnosti môže vysvetliť rozdielny pokles spotrebných výdavkov medzi prvou a treťou vlnou COVID-19. Model sa tiež zaoberá ďalšími účinkami zavedenia očkovania a zavedenia toho, že imunita prostredníctvom infekcie alebo očkovania sa časom stratí. Pomocou modelu autori ukazujú, že vplyv COVID-19 je malý, keď ľudia poznajú skutočnú mieru úmrtnosti, ale veľký, keď majú ľudia empiricky pravdepodobné pesimistické

predchádzajúce presvedčenie o miere úmrtnosti. Tieto výsledky zosúladujú veľký ekonomický dopad COVID-19 s malým vplyvom poklesu úmrtnosti na infekčné choroby, ktorý sa odhaduje v literatúre.

Krüger et al. (2020) rozšírili model z práce Eichenbauma et al. (2021) o heterogénne sektory výroby spotrebného tovaru. Model je kombináciou, model reálneho hospodárskeho cyklu s modelom SIR. Sektory sa líšia pravdepodobnosťou nákazy v procese spotreby. Podľa výsledkov článku endogénne posuny v správaní súkromnej spotreby naprieč sektormi ekonomiky môžu pôsobiť ako účinný mechanizmus zmierňovania pandémie. Individuálne medzi-sektorové preskupenia však vedú k horšiemu agregátnemu výsledku, ako by dosiahla hypotetická osvietená centrálna autorita s možnosťou uvaliť sociálne reštrikčné politické opatrenia.

Vplyvom pandémie a súvisiacich sociálnych obmedzení na heterogénne skupiny pracujúcich sa zaoberali Aum et al. (2020). Model SIR rozšírili o ekonomickú časť. Model rozlišuje mladých práce-schopných ľudí a seniorov. Pracujúci sú rozdelení do skupín samostatne zárobkovo činných, manažérov a nízko kvalifikovaných. Podľa skupinovej príslušnosti môžu robiť pracovné rozhodnutia. Samostatne zárobkovo činní a manažéri si môžu zvoliť prácu doma, nízko kvalifikovaným môžu zvoliť prácu doma manažéri. Nízko kvalifikovaní môžu zmeniť zamestnanie (vymeniť manažéra, pre ktorého pracujú). Politická autorita testuje zdravie jedincov, rozhoduje o ich karanténe alebo práce doma. Výsledky testov môžu byť: netestovaný alebo negatívny, pozitívny, uzdravený. Existuje možnosť falošne negatívneho výsledku testu, ale nie falošne pozitívneho. Podľa výsledkov sociálne reštrikcie nemusia predstavovať jasný kompromis medzi HDP a verejným zdravím. Predčasné zrušenie reštrikcií dočasne zvýši HDP, ale infekcie časom narastú a ľudia sa zo strachu z infekcie dobrovoľne rozhodnú pracovať z domu, čo vedie k recesii v tvare písmena W. Pracovníci s nízkou kvalifikáciou a samostatne zárobkovo činné osoby sú najviac postihnutí pandemiou, ako aj reštrikčnou politikou.

Brotherhood et al. (2020) predstavili štandardný epidemiologický model SIR rozšírený o individuálne voľby pracovného a mimopracovného sociálneho odstupu mladých a starších spotrebiteľov. V ekonomickej časti sa spotrebiteľia rozhodujú medzi spotrebou a voľným časom. Infikovaní jedinci čelia neistote, pokiaľ nebudú testovaní. Model okrem testovania umožňuje hospitalizáciu a karanténu a hľadá optimálne reštrikcie. Podľa zistení článku sa starší jedinci v rovnováhe výrazne sociálne vzdialia; optimálne reštrikcie preto viac obmedzujú mladých ľudí; striktnosť a ekonomické náklady optimálnych reštrikcií závisia od toho, či spotrebiteľia môžu alebo nemôžu pracovať doma; testovanie a karantény zachraňujú životy, aj keď sa aplikujú iba na mladých; keď sú k dispozícii testy, optimálne reštrikcie sú menej striktné a HDP stúpa aj bez aplikovania reštrikčnej politiky.

Heterogénnosť a fiškálna politika

Eichenbaum, Rebelo a Trabandt (2022a) v modeli analyzujú heterogénne dopady COVID-19 na ľudí s vysokým a nízkym príjmom. Model dvoj-sektorovej ekonomiky s nulovou mobilitou pracovnej sily medzi sektormi študuje, ako môže COVID-19 neúmerne ovplyvniť blahobyt a zdravotný stav oboch skupín, a tiež skúma účinky politiky obmedzovania a nízkopríjmových fiškálnych transferov (pomoc) na príjmovú nerovnosť a úmrtnosť oboch skupín. Model tiež naznačuje, že nárast príjmovej nerovnosti spôsobený epidémiou COVID-19 odráža povahu tovaru, ktorý ľudia s nízkymi príjmami vyrábajú. Autori posudzujú kompromisy medzi zdravím a príjmami spojené s fiškálnymi transfermi chudobným a povinnými politikami obmedzovania činnosti.

Eichenbaum, Rebelo a Trabandt (2022c) kombinujú troj-sektorový model DSGE, kde domácnosti nemajú prístup k úsporám, reprezentatívna firma vyrába spotrebný tovar podľa výrobných technológií, ktorá je funkciou vstupu práce, a vláda financuje spotrebu nakazených a karanténnych ľudí daňami získanými z neinfikovaných domácností, s modelom SIR, v

ktorom ľudia poznajú svoj zdravotný stav iba pri testovaní. Model predstavuje obojsmernú interakciu medzi dynamikou epidémie a ekonomickou aktivitou. Epidémia spôsobuje recesiu, pretože ľudia obmedzujú formy spotreby a práce, ktoré si vyžadujú sociálnu interakciu, aby sa znížilo riziko nákazy. Pokles ekonomických interakcií spomaľuje prenos pandémie. Model sa používa na štúdium vplyvu testovania respektíve karantény a nefarmaceutických zásahov na zdravie a ekonomické výsledky. Výhody testovania prípadne karantény sú ešte väčšie, keď sa ľudia môžu reinfikovať, buď preto, že vírus zmutuje, alebo získaná imunita je dočasná.

Giagheddu a Papetti (2020) v makroekonomickom modeli so SIR začleňujú vekovo špecifické sociálno-ekonomické interakcie, aby študovali úlohu demografických faktorov pre vývoj epidémie COVID-19, jej makroekonomické účinky a možné opatrenia na obmedzovanie. Zachytávajú reakciu racionálnych jedincov, ktorí voľne obmedzili osobné vystavenie sa vírusu súvisiacemu so spotrebou a prácou, s interakciami, ktoré sa môžu meniť v rámci a naprieč vekom, pričom nedokážu preniesť vplyv svojich činov na ostatných. Endogénna reakcia zosilňuje ekonomické straty, ale tiež znamená, že individuálna reakcia na riziko infekcie je dôležitým spojencom potrebných politických opatrení na obmedzenie šírenia vírusu. Skúmaním vplyvu rôznych kombinácií ekonomickej odstávky a vekovo cieleného sociálneho dištancovania autori zistili, že opatrenia zamerané na starších ľudí s vyšším rizikom úmrtnosti, ktorí nie sú súčasťou pracovnej sily, prinášajú značné ekonomické výhody. V priebehu jedného roka však pre akúkoľvek úroveň sociálneho odstupu implikované optimálne odstavenia ekonomiky generuje malé zisky z hľadiska životov a veľké straty na produkcii.

Chopra et al. (2022) kombinujú štandardný SIR model s makroekonomickým modelom. Od iných modelov sa ich model líši dvoma charakteristikami. Práca je ponúkaná prostredníctvom rôznych povolaní s rozličným stupňom požadovanej sociálnej blízkosti a zároveň sa umožňuje jednotlivcom vybrať si, či budú pracovať na pracovisku alebo z domu. Práca na pracovisku samozrejme zvyšuje riziko infekcie. Jednoduchosť, s akou môžu jednotlivci nahradiť prácu na pracovisku prácou z domu, sa líši v závislosti od povolania. Článok skúma vývoj pandémie v modeli a jej makroekonomické dôsledky. Model je kalibrovaný na kanadských údajoch z Britskej Kolumbie. Na základe svojich analýz autori konštatujú, že ich základný model predpokladal spoločné riziko infekcie z práce na trhu pre všetky povolania a uvoľnenie tohto predpokladu a zohľadnenie rizika infekcie špecifického pre povolanie nemenilo príliš základné výsledky. Ďalej potvrdzujú, že stupeň averzie k riziku je dôležitý. S neutralnosťou voči riziku rozdiel medzi endogénnym a exogénnym výberom pracovného miesta takmer mizne. A nakoniec, dôležitou je aj produktivita jednotlivcov, ktorí sa môžu nakaziť. Čím nižšia je produktivita infikovaných, tým nižší je vrchol celkovej miery infekcie.

Heterogénnosť a monetárna politika

Prepracovanú štúdiu založenú na dynamickom modeli so SIR časťou a dvoj-sektorovou ekonomikou s heterogénnymi firmami ponúkli Ascari et al. (2021). Spotreba v „sociálnom sektore“ – na rozdiel od „nesociálneho sektora“ –, vyžaduje sociálnu interakciu zvyšujúcu riziko nakazenia sa. Endogénne tranzitné miery v SIR modeli závisia od ekonomických výberov spotrebiteľov. Za účelom analýzy monetárnej reakcie na pandémiu sa predpokladajú neflexibilné mzdy. Práca analyzuje: vplyv pandémie na trhovú štruktúru sociálneho a nesociálneho sektora hodnotiac vstup a výstup firiem z trhu a priemernú produktivitu práce; úlohu veľkosti sociálneho sektora na závažnosť recesie; a úlohu menovej politiky. Pozorovaný dynamický vývoj vstupov a výstupov firiem v skutočných sociálnych a nesociálnych sektoroch a vývoj priemerného produktu práce možno replikovať vďaka re-alkácii smerom od sociálneho sektora k nesociálnemu, zvyšujúc produktivitu v sociálnom sektore a znižujúc v nesociálnom. Za predpokladu flexibilných miezd, model dokáže replikovať dáta, iba ak monetárna autorita dokáže trvalo znížiť reálnu úrokovú mieru.

Taylorovo pravidlo menovej politiky nepredpokladá očakávanú ale ustálenú mieru inflácie. Tento predpoklad je sporný (Cochrane, 2022, Williamson, 2018). Okrem toho, podľa intuície súčasných keynesovských modelov je efekt menovej politiky pri flexibilných cenách nízky.

Monetárna politika

Z tohto hľadiska preferujeme nasledovné prístupy. Brzoza-Brzezina et al. (2022) prepojili epidemický SIR model so súčasným keynesovským modelom na hodnotenie rôznych sociálno-reštrikčných politík a skúmanie úlohy menovej politiky. Monetárna autorita čelí kompromisu medzi svojou obvyklou úlohou stabilizovať ekonomiku a možnosťami potlačiť epidémiu na záchranu životov. Optimálna menová politika počas pandémie preto silne závisí od vládných reštrikčných opatrení. Epidemická časť modelu rozširuje rovnice SIR o asymptomaticky infikovaných, ktorí sú menej infekční ako symptomaticky infikovaní a správajú sa rovnako ako náchylní jednotlivci, keďže o svojej infekcii nevedia. V ekonomickej časti sa domácnosti rozhodujú medzi spotrebou, ponukou práce a úsporami. Firmy fungujú v monopolistickom konkurenčnom prostredí a ceny stanovujú rozloženým oneskorením. Vláda môže realizovať reštrikčnú politiku a monetárna autorita stanovuje úrokovú sadzbu podľa Taylorovho pravidla. Podľa výsledkov autorov, politické autority by k poklesu ekonomickej aktivity spojenej s pandemiou nemali pristupovať ako k štandardnej recesii. Ak vláda neaplikuje administratívne obmedzenia, je optimálna menová politika kontrakčná a to aj napriek hlbokkej recesii. Naopak, ak vláda aplikuje dostatočné reštrikčné opatrenia, intervencie centrálnej banky by mali byť expanzívne a mali by pomôcť stabilizovať hospodársku aktivitu.

Eichenbaum, Rebelo a Trabandt (2022b) kombinujú štandardný nový keynesovský DSGE model s dynamikou epidémie prostredníctvom epidemiologického modelu SIR. Ekonomika zahŕňa domácnosti a výrobný sektor s nepružnou cenou. Populácia je potom rozdelená do štyroch skupín: zdraví, infikovaní (ľudia, ktorí boli infikovaní vírusom), uzdravení a zosnulí. Zdraví ľudia sa môžu nakaziť tromi spôsobmi: nákupom spotrebného tovaru, prácou a náhodnými interakciami, ktoré nesúvisia s ekonomickou aktivitou. Autori ukazujú, že jedinečnou črtou COVID-19 recesie je to, že pokles od vrcholu ku dnu je približne rovnaký pre spotrebu, investície a produkciu.

Lepetit et al. (2022) rozšírili súčasný keynesovský model o SIR epidemickú časť. Ekonomické rozhodnutia a dynamika priebehu pandémie sú v modeli vzájomne prepojené. Štúdia sa zameriava na analýzu dvoch nástrojov menovej politiky, konvenčná politika sledovania úrokových mier a dopredu-hľadiacie usmerňovanie. Zvýšenie spotreby zvyšuje pravdepodobnosť infekcie. Preto spotrebiteľ hľadá kompromis medzi ochotou spotrebovať a túžbou vyhnúť sa infekcii. Potom dynamický substitučný efekt je znížený spotreba domácností je menej citlivá na zmeny reálnych úrokových sadzieb. V epidemickej SIR časti modelu závisí pravdepodobnosť ochorenia od ekonomických rozhodnutí spotrebiteľov. V ekonomickej časti sa domácnosti rozhodujú dynamicky medzi spotrebou a prácou. Veľké množstvo firiem v monopolistickej trhovej štruktúre s lineárnou produkčnou funkciou a kvadratickými nákladmi zmien cien vyrába diferencované produkty. Monetárna autorita stanovuje krátkodobé nominálne úrokové miery podľa Taylorovho pravidla s efektívnou spodnou hranicou. Podľa výsledkov práce, vzhľadom na znížený dynamický substitučný efekt má menová politika obmedzené možnosti ovplyvniť reálnu ekonomiku a to ani dopredu-hľadiacim usmerňovaním. Jej efekt závisí od sociálno-reštrikčnej verejnej politiky. Aj tá je optimálna, menová politika by sa mala zamerať na cielenie inflácie, inak čelí kompromisu medzi cielením inflácie potrebou minimalizovať neefektívnosť spojenú so šírením vírusu.

Fiškálna politika

Eichenbaum et al. (2021) rozširujú model SIR o štúdium rovnovážnych interakcií medzi ekonomickými rozhodnutiami a dynamikou epidémie. Na jednej strane, rozhodnutia ľudí obmedziť spotrebu a prácu znižujú závažnosť epidémie, meranú celkovým počtom úmrtí. Na druhej strane tieto isté rozhodnutia zhoršujú rozsah recesie spôsobenej epidémiou. Okrem

základného modelu autori študujú opatrenia politiky obmedzovania s tromi ďalšími rozšíreniami modelu: lekárska pripravenosť, liečba a očkovanie. Model predpokladá, že ľudia obmedzujú spotrebu a pracujú na znížení pravdepodobnosti nákazy. Tieto rozhodnutia znižujú závažnosť epidémie, ale prehlbujú rozsah súvisiacej recesie. Konkurenčná rovnováha nie je spoločensky optimálna, pretože infikovaní ľudia si plne neuvedomujú vplyv svojich ekonomických rozhodnutí na šírenie vírusu.

Crucini a O'Flaherty (2020) vo svojom článku rozširujú SIR model Eichenbauma et al. (2021) vo viacerých aspektoch (napríklad o prítomnosť cestovných nákladov), aby sa preskúmalo optimálne zadávanie príkazov zostať doma. Každá lokalita zažíva vírusový šok. Následne sa vírus môže šíriť spotrebou aj zamestnaním v danej lokalite. Jednotlivci môžu tiež šíriť vírus cestovaním z miesta na miesto. Politika zmierňovania sa môže líšiť v rôznych lokalitách, čo umožňuje ekonomické a sociálne porovnanie medzi spoločnou národnou politikou a politikou špecifickou pre danú lokalitu. Štátne a miestne vlády v celých Spojených štátoch sa pokúsili zmierniť šírenie COVID-19 pomocou príkazov zostať doma, aby obmedzili sociálne interakcie a mobilitu. V článku sa analyzuje ekonomický dopad týchto zákazov a ich optimálnu implementáciu vo fiškálnej únii. Z hľadiska národného blahobytu model naznačuje, že pre lokality s vyššou mierou infekcie je optimálne stanoviť prísnejšie politiky na ich zmiernenie. Naopak bežná národná politika, ktorá je príliš reštriktívna pre ekonomiky mierne infikovaných oblastí, spôsobuje väčší pokles spotreby a odpracovaných hodín, než je optimálne.

Medzinárodná politika

Acharya et al. (2020) analyzovali úlohu medzinárodného obchodu a zdravotníckej koordinácie v období pandémie. Vytvorili model s dvoma ekonomikami a dvoma obchodovateľnými tovarmi s mikroekonomickými východiskami a SIR časťou. Cieľom bolo určiť optimálnu politiku eliminácie pandémie, keď obe vlády v oboch ekonomikách nespupracujú (Nashova rovnováha) a keď spolupracujú (rovnováha so zdieľaným rizikom). Medzi hlavné obmedzenia voľného obchodu medzi krajinami patrí spotrebná daň a dovozné clo. Epidemický SIR model je rozšírený o medzinárodné tranzitné kanály. Pandémia sa po krajinách šíri domácou spotrebou dovážaného tovaru a priamymi interakciami s infikovanými cudzincami. Ekonomický model predpokladá dve krajiny a dva spotrebné dokonale obchodovateľné tovary. Do rozhodnutí spotrebiteľov je zahrnutá tvorba ponuky práce. Model je statický a abstrahuje od úspor. Tendencie vlád obmedzením vzájomného obchodu znížiť riziko prenášania nákazy medzi krajinami vedú k vyšším spoločenským nákladom.

Rubini (2020) rozšíril SIR model o charakteristiky zodpovedajúce rôznym krajinám. Pravdepodobnosti prechodov v epidemickej časti modelu závisia od ekonomických rozhodnutí spotrebiteľov a firiem. Charakteristika modelu je rozšírená a životne minimálnu spotrebu, možnosti dištančnej práce a kapacitné obmedzenia nemocníc. Okrem toho, miera úmrtnosti závisí od vekového rozdelenia spoločnosti. Ekonomická časť modelu predpokladá tri sektory. Rozhodovanie spotrebiteľov je statické, nepredpokladajú sa úspory. Výroba podlieha produkčnej funkcii s pracovným vstupom a zaťažena spotrebnou daňou. Podľa výsledkov, v krajinách s nižšími príjmami je viac infekcií, ale úmrtnostná miera sa nelíši naprieč krajinami. Vďaka pandémie klesá doprava v priemyselných častiach bohatých krajín. Sociálne dištančovanie sa je neefektívne v znižovaní nerovnosti. Lepšia stratégia by pozostávala z pôžičiek na financovanie dovozu. Pôžičky celkovo znižujú infekcie a recesiu s väčším dopadom na krajiny s nízkymi príjmami. Optimálne pôžičky sú oveľa lacnejšie v krajinách s nízkymi príjmami.

4 Záver

Výskum vplyvu epidémií na ekonomiky sa pandémiou COVID-19 výrazne rozšíril. Náš príspevok sa nepokúša o vytvorenie metaanalýzy v tejto dynamicky sa rozvíjajúcej oblasti, ale akceptáciou navrhnutej klasifikácie modelov sme sa pokúsili stručne načrtnúť použité postupy a úpravy modelov, ktoré sa pokúšajú o kvantifikáciu dopadov a udávajú trend v tejto oblasti.

Príspevok bol spracovaný v rámci riešenia grantových úloh: VEGA č. 1/0211/21, „Ekonometrická analýza makroekonomických dopadov vplyvu pandémie vo svete s dôrazom na vývoj ekonomík EÚ a zvlášť ekonomiky Slovenska“ a VEGA č. 1/0193/20, „Vplyv priestorových spillover efektov na inovačné aktivity a rozvoj regiónov EÚ“.

Literatúra

1. Acharya, V. V., Jiang, Z., Richmond, R., & von Thadden, E.L. (2022). Divided we fall: International health and trade coordination during a pandemic. *SSRN Electronic Journal*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.4170744>
2. Acurio V. V., Damette O. & Shanafelt D. W. (2021). Macroeconomics and Unconventional Monetary Policy: Coupling Macroeconomics and Epidemiology in a Financial DSGE SIR Framework. *CEPR COVID Economics*, 67(4), 199-253. <https://www.grade.org.pe/wp-content/uploads/CovidEconomics67-1.pdf#page=204>
3. Alvarez, F., Argente, D., & Lippi, F. (2021). A simple planning problem for COVID-19 lock-down, testing, and tracing. *American Economic Review: Insights*, 3(3), 367-382. <https://doi.org/10.1257/aeri.20200201>
4. Ascari, G., Colciago, A., & Silvestrini, R. (2021). Business dynamism, sectoral reallocation and productivity in a pandemic. *SSRN Electronic Journal*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3959092>
5. Atkeson, A. (2020, March). *What Will be the Economic Impact of COVID-19 in the US? Rough Estimates of Disease Scenarios*. (Federal Reserve Bank of Minneapolis Staff Report 595). Federal Reserve Bank of Minneapolis. <https://doi.org/10.21034/sr.595>
6. Aum, S., Lee, S. Y., & Shin, Y. (2021). Inequality of fear and self-quarantine: Is there a trade-off between GDP and public health? *Journal of Public Economics*, 194, 104354. <https://doi.org/10.1016/j.jpubeco.2020.104354>
7. Bodenstein, M., Corsetti, G., & Guerrieri, L. (2022). Social distancing and supply disruptions in a pandemic. *Quantitative Economics*, 13(2), 681-721. <https://doi.org/10.3982/qe1618>
8. Brotherhood, L., Kircher, P., Santos, C., & Tertilt, M. (2020). An economic model of the COVID-19 epidemic: The importance of testing and age-specific policies. *SSRN Electronic Journal*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3608514>
9. Brzoza-Brzezina, M., Kolasa, M., & Makarski, K. (2022). Monetary policy and COVID-19. *International Journal of Central Banking*, 18(1), 41-80.
10. Cardani, R., Croitorov, O., Giovannini, M., Pfeiffer, P., Ratto, M., & Vogel, L. (2022). The euro area's pandemic recession: A DSGE-based interpretation. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 143, 104512. <https://doi.org/10.1016/j.jedc.2022.104512>
11. Chopra, A., Devereux, M. B., & Lahiri, A. (2022). Pandemics through the lens of occupations. *Canadian Journal of Economics/Revue Canadienne d'économique*, 55(S1), 540-580. <https://doi.org/10.1111/caje.12547>
12. Cochrane, J. H. (2022). Expectations and the neutrality of interest rates. *SSRN Electronic Journal*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.4213937>

13. Crucini, M., & O’Flaherty, O. (2020). Stay-at-home orders in a fiscal union. *National Bureau of Economic Research Working Papers 28182*. <https://doi.org/10.3386/w28182>
14. Dück, A., Le, A. H., Liu, K. L., Semik, S., Trabandt, M., & Wieland, V. (2022). *Epidemic-Macro Model Data base*. Retrieved October 17, 2022, from <https://www.epi-mmb.com/>
15. Eichenbaum, M., de Matos, M. G., Lima, F., Rebelo, S., & Trabandt, M. (2022). Expectations, infections, and economic activity. *National Bureau of Economic Research Working Papers 27988*. <https://doi.org/10.3386/w27988>
16. Eichenbaum, M., Rebelo, S., & Trabandt, M. (2021). The Macroeconomics of Epidemics. *National Bureau of Economic Research Working Papers 26882*. <https://doi.org/10.3386/w26882>
17. Eichenbaum, M. S., Rebelo, S., & Trabandt, M. (2022a). Inequality in life and death. *IMF Economic Review*, 70(1), 68-104. <https://doi.org/10.1057/s41308-021-00147-3>
18. Eichenbaum, M. S., Rebelo, S., & Trabandt, M. (2022b). Epidemics in the New Keynesian Model. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 140, 104334. <https://doi.org/10.1016/j.jedc.2022.104334>
19. Eichenbaum, M. S., Rebelo, S., & Trabandt, M. (2022c). The Macroeconomics of Testing and Quarantining. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 138, 104337. <https://doi.org/10.1016/j.jedc.2022.104337>
20. Faria-e-Castro, M. (2021). Fiscal policy during a pandemic. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 125, 104088. <https://doi.org/10.1016/j.jedc.2021.104088>
21. Giagheddu, M., & Papetti, A. (2020). *The macroeconomics of age-varying epidemics* [SSRN Scholarly Paper]. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3651251>
22. Hamano, M., Katayama, M., & Kubota S. (2020). *COVID-19 Misperception and Macroeconomy*. (WINPEC Working Paper Series No.E2016). Waseda University. https://www.waseda.jp/fpse/winpec/assets/uploads/2020/10/E2016_version.pdf.
23. Jones, C., Philippon, T., & Venkateswaran, V. (2021). Optimal mitigation policies in a pandemic: Social distancing and working from home. *The Review of Financial Studies*, 34(11), 5188-5223. <https://doi.org/10.1093/rfs/hhab076>
24. Kermack, O. W., & McKendrick, A. G. (1927). A contribution to the mathematical theory of epidemics. *Proceedings of the Royal Society of London. Series A, Containing Papers of a Mathematical and Physical Character*, 115(772), 700-721. <https://doi.org/10.1098/rspa.1927.0118>
25. Krüger, D., Uhlig, H., & Xie, T. (2020). Macroeconomic Dynamics and reallocation in an epidemic: Evaluating the “Swedish solution”. *National Bureau of Economic Research Working Papers 27047*. <https://doi.org/10.3386/w27047>
26. Lepetit, A., & Fuentes-Albero, C. (2022). The limited power of monetary policy in a pandemic. *European Economic Review*, 147, 104168. <https://doi.org/10.1016/j.eurocorev.2022.104168>
27. Moser, C., & Yared, P. (2022). Pandemic lockdown: The role of government commitment. *Review of Economic Dynamics*, 46, 27-50. <https://doi.org/10.1016/j.red.2021.08.001>
28. Rubini, L. (2020). *The Unequal Impact of COVID-19 Across Countries*. (Loris Rubini's working paper). Loris Rubini's website. <https://lorisrubini.weebly.com/research.html>
29. van Vlokhoven, H. (2020). Policy during an epidemic with Super-Spreaders. *SSRN Electronic Journal*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3600441>
30. Williamson, S. (2018). Inflation control: Do central bankers have it right? *Federal Reserve Bank of St. Louis Review*, 100(2), 127-150. <https://doi.org/10.20955/r.2018.127-50>

Zoznam účastníkov / Content of participants

Plenárne rokovanie / Plenary session

Ing. BA (Hons) Michaela Bednárová, PhD.	Faculty of Economic Informatics, UE in Bratislava Faculty of Business, Pablo de Olavide University, Spain
prof. Enrique Bonsón, PhD.	Business Faculty, University of Huelva, Spain
doc. Dr. Ing. Miroslav Hudec	Faculty of Economic Informatics, UE in Bratislava
prof. Ing. Josef Jablonský, CSc.	Faculty of Informatics and Statistics, Prague University of Economics and Business, Czech Republic
David Perea, PhD.	Higher Institute for Accountancy and Administration of Aveiro, University of Aveiro, Portugal
prof. Dr. Zoltán Rajnai	Donát Bánki Faculty of Mechanical and Safety Engineering, Óbuda University, Budapest, Hungary
prof. UEK Dr. hab. Paweł Ulman	Cracow University of Economics, Poland

1. sekcia / 1st section

Informačné technológie a informačné systémy Information technologies and information systems

doc. Dr. Ing. Miroslav Hudec	Faculty of Economic Informatics, UE in Bratislava
Ing. Pavol Jurík, PhD.	Faculty of Economic Informatics, UE in Bratislava
Ing. Igor Košťál, PhD.	Faculty of Economic Informatics, UE in Bratislava
doc. Ing. Jaroslav Kultán, PhD.	Faculty of Economic Informatics, UE in Bratislava
Ing. Erika Mináriková	Faculty of Economic Informatics, UE in Bratislava
Ing. Peter Procházka	Faculty of Economic Informatics, UE in Bratislava
RNDr. Eva Rakovská, PhD.	Faculty of Economic Informatics, UE in Bratislava
Ing., Mgr. Peter Schmidt, PhD.	Faculty of Economic Informatics, UE in Bratislava
Ing. Pavol Sojka, PhD.	Faculty of Economic Informatics, UE in Bratislava

2. sekcia / 2nd section

Aktuálne trendy vývoja teórie a praxe účtovníctva a audítorstva Current trends of development of accounting and auditing theories and practise

Ing. Martina Ballová, PhD.	Faculty of Economic Informatics, UE in Bratislava
Ing. Miriama Blahušiaková, PhD.	Faculty of Economic Informatics, UE in Bratislava
Ing. Renáta Hornická, PhD.	Faculty of Economic Informatics, UE in Bratislava
Ing. Kornélia Lovciová, PhD.	Faculty of Economic Informatics, UE in Bratislava
Ing. Lucia Ondrušová, PhD.	Faculty of Economic Informatics, UE in Bratislava
Ing. Martina Podmanická, PhD.	Faculty of Economic Informatics, UE in Bratislava

3. sekcia / 3rd section

Aplikácia štatistických a aktuárskych vied v sociálno-ekonomickej oblasti Application of statistics and actuarial sciences in social-economic areas

Dr. Anna Denkowska	Cracow University of Economics, Poland
Ing. Martina Horváthová	Faculty of Economic Informatics, UE in Bratislava
Ing. Silvia Komara, PhD.	Faculty of Economic Informatics, UE in Bratislava
Mgr. Grzegorz Korbela	Cracow University of Economics, Poland
Mgr. Ing. Zuzana Krátka, PhD.	Faculty of Economic Informatics, UE in Bratislava
Ing. Jana Kútiková, PhD.	Faculty of Economic Informatics, UE in Bratislava
prof. RNDr. Ludovít Pinda, CSc.	Faculty of Economic Informatics, UE in Bratislava
RNDr. Anna Strešňáková, PhD.	Faculty of Economic Informatics, UE in Bratislava
Mgr. Krystian Szczęsny	Cracow University of Economics, Poland
prof. Mgr. Erik Šoltés, PhD.	Faculty of Economic Informatics, UE in Bratislava
doc. Mgr. Tatiana Šoltésová, PhD.	Faculty of Economic Informatics, UE in Bratislava
Ing. Patrícia Teplanová	Faculty of Economic Informatics, UE in Bratislava
prof. UEK Dr. hab. Stanisław Wanat	Cracow University of Economics, Poland
Ing. Michal Závodný	Faculty of Economic Informatics, UE in Bratislava
Ing. Silvia Zelinová, PhD.	Faculty of Economic Informatics, UE in Bratislava

4. sekcia / 4th section

Aplikácia modelov a metód operačného výskumu a ekonometrie v ekonomickom rozhodovaní Application of operational research and econometrics models and methods in economic decision making

prof. Ing. Ivan Brezina, CSc.	Faculty of Economic Informatics, UE in Bratislava
Ing. Ádám Csápai	Faculty of Economic Informatics, UE in Bratislava
doc. Ing. Zuzana Čičková, PhD.	Faculty of Economic Informatics, UE in Bratislava
prof. RNDr. Ing. Petr Fiala, MBA, CSc.	Faculty of Informatics and Statistics, Prague University of Economics and Business, Czech Republic
Ing. Pavel Gežík, PhD.	Faculty of Economic Informatics, UE in Bratislava
doc. Ing. Michaela Chochoľatá, PhD.	Faculty of Economic Informatics, UE in Bratislava
PhDr. Simona Chuguryan, PhD.	Faculty of international relations, UE in Bratislava
prof. Ing. Martin Lukáčik, PhD.	Faculty of Economic Informatics, UE in Bratislava
Ing. Adriana Lukáčiková, PhD.	Faculty of Economic Informatics, UE in Bratislava
Ing. Erika Mináriková	Faculty of Economic Informatics, UE in Bratislava
prof. Mgr. Juraj Pekár, PhD	Faculty of Economic Informatics, UE in Bratislava
doc. Ing. Marian Reiff, PhD.	Faculty of Economic Informatics, UE in Bratislava
doc. Ing. Karol Szomolányi, PhD.	Faculty of Economic Informatics, UE in Bratislava

**Miesto konania: Fakulta hospodárskej informatiky
Ekonomická univerzita v Bratislave**

Dolnozemska cesta 1/b, 852 35 Bratislava
tel.: +421 2 6729 5723, e-mail:veda.fhi@euba.sk



VYDAVATEĽSTVO:



ISBN: 978-80-974180-9-0 (online)

