

# EKONOMIKA INFORMATIKA

vedecký časopis FHI EU v Bratislave a SSHI

1

2021

ročník XIX.



- hospodárska informatika
- účtovníctvo a audítorstvo
- ekonometria a operačný výskum
- aplikovaná štatistika
- aktuárstvo

## **Vydavateľ**

Fakulta hospodárskej informatiky Ekonomickej univerzity v Bratislave  
a Slovenská spoločnosť pre hospodársku informatiku

**IČO vydavateľa** 00 399 957

## **Redakčná rada**

Ivan Brezina - predseda

*Ekonomická univerzita v Bratislave*

Wolfgang Brüggemann

*Universität Hamburg*

Tatiana Čorejová

*Žilinská univerzita v Žiline*

Ferdinand Daňo

*Ekonomická univerzita v Bratislave*

Christopher D. Daykin

*Government Actuary's Department, London, Great Britain*

Dana Dluhošová

*Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava*

Ralf Michael Ebeling

*Martin-Luther-Universität Halle Wittenberg*

Richard Farkaš

*KPMG Slovensko, spol. s r.o.*

Richard Hindls

*Vysoká škola ekonomická v Praze*

Josef Jablonský

*Vysoká škola ekonomická v Praze*

Václav Janeček

*Univerzita Hradec Králové*

Luboš Marek

*Vysoká škola ekonomická v Praze*

Karol Matiaško

*Žilinská univerzita v Žiline*

Ladislav Mejzlík

*Vysoká škola ekonomická v Praze*

Helmut L. Pernsteiner

*Johannes Kepler University Linz*

Józef Pocięcha

*Cracow University of Economics*

Zlata Sojková

*Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre*

Vincent Šoltés

*Technická univerzita v Košiciach*

Gejza Wimmer

*Univerzita Mateja Bela v Banskej Bystrici*

Marcela Žárová

*Vysoká škola ekonomická v Praze*

## **Výkonná rada**

Erik Šoltés - manažér

*Ekonomická univerzita v Bratislave*

Zuzana Juhászová

*Ekonomická univerzita v Bratislave*

Igor Košťál

*Ekonomická univerzita v Bratislave*

Michal Páleš

*Ekonomická univerzita v Bratislave*

Juraj Pekár

*Ekonomická univerzita v Bratislave*

Peter Schmidt

*Ekonomická univerzita v Bratislave*

Miloš Tumpach

*Ekonomická univerzita v Bratislave*

Mária Vojtková

*Ekonomická univerzita v Bratislave*

**Redaktorka:** Eva Čerteková

**Adresa redakcie:** Fakulta hospodárskej informatiky, Ekonomická univerzita v Bratislave

Dolnozemska cesta 1, 852 35 Bratislava

tel.: 02/6729 5723, e-mail: eva.certekova@euba.sk

**Dátum vydania periodickej tlače:** jún 2021

**ISSN 1339-987X (online)**

**ISSN 1336-3514 (online vydanie)**

---

---

## OBSAH 1/2021

### VEDECKÉ STATE A DISKUSIE

Miriama Blahušiaková, Daša Mokošová	5
<b>VPLYV COVID-19 NA VZDELÁVACÍ PROCES NA FAKULTE HOSPODÁRSKEJ INFORMATIKY Z POHLADU ŠTUDENTA</b>	
Ján Bolgáč	20
<b>VÝVOJ ZDROJOV ELEKTRINY NA SLOVENSKU V ROKOCH 2006 – 2019</b>	
Ivana Faybíková	32
<b>EKONOMICKÝ KAPITÁL A AGREGÁCIA ŽIVOTNÝCH RIZÍK VYUŽITÍM CLAYTONOVEJ KOPULE</b>	
Pavel Jančálek	45
<b>SMART CITIES: INFORMAČNÍ PODPORA NÁSTROJŮ BUSINESS INTELLIGENCE V PROCESU STRATEGICKÉHO PLÁNOVÁNÍ ÚZEMNÍCH JEDNOTEK</b>	
Pavol Jurík	55
<b>TRADIČNÁ VÝUČBA VERSUS DIAĽKOVÁ ON-LINE VÝUČBA PRI ŠTÚDIU INFORMATIKY NA VYSOKEJ ŠKOLE</b>	
Jana Kútiková	66
<b>POROVNANIE STOCHASTICKÝCH MODELOV ÚMRTNOSTI NA ÚDAJOCH SLOVENSKA</b>	
Patrik Mihalech	76
<b>BOOTSTRAPOVÉ ODHADY V JAZYKU R</b>	
Martin Mišút	87
<b>POSUDZOVANIE PRIPRAVENOSTI PODNIKU NA NASADENIE VEĽDÁT (BIG DATA)</b>	
Peter Schmidt	97
<b>DÁTOVÁ VEDA A TECHNOLOGIA VEĽDÁT V SLUŽBÁCH AKTUÁROV</b>	
Zsolt Simonka, František Slaninka, Lea Škrovánková	105
<b>KONŠTRUKCIA DIFERENCIÁLNYCH ROVNÍC A ICH VYUŽITIE V ZDRAVOTNOM POISTENÍ</b>	
Renáta Stanley	114
<b>UPLATNENIE DANE Z PRIDANEJ HODNOTY PRI JEDNOÚČELOVÝCH POUKAZOCH A ICH ÚČTOVNÉ ZOBRAZENIE</b>	

---

Mária Szivósová	128
<b><i>VÝVOJ A MODEL Y EDUKATÍVNYCH ROBOTOV</i></b>	
<b>EXTERNÍ RECENZENTI</b>	135

---



---

---

## Vplyv COVID-19 na vzdelávací proces na Fakulte hospodárskej informatiky z pohľadu študenta

Miriama Blahušiaková<sup>1</sup>, Daša Mokošová<sup>2</sup>

### Abstrakt

Po objavení sa prvého pozitívneho prípadu súvisiaceho s ochorením COVID-19 na jar 2020 pristúpilo Slovensko k prísnyim reštrikčným opatreniam, v rámci ktorých došlo okrem iného k uzavretiu škôl a výučba sa presunula z učební, posluchárni, školských lavíc do online priestoru. Ekonomická univerzita v Bratislave prijala v tejto súvislosti tiež prísne opatrenia a prešla na dištančnú formu výučby.

Cieľom príspevku je analyzovať a zhodnotiť úroveň vzdelávacieho procesu a spôsobu skúšania v online prostredí v porovnaní s klasickou prezenčnou formou výučby a klasickým spôsobom preverovania vedomostí, a to z pohľadu študenta.

### Kľúčové slová

COVID-19, vzdelávanie, vyučovací proces, kvalita výučby, študent

### Abstract

After first positive case related to COVID-19 pandemic in spring 2020, the Slovak Republic imposed strict restrictive measures within which the school were closed and education moved from schools and classrooms into online environment. In this regard, the University of Economics in Bratislava adopted strict measures and the educational activities switched to the distance form of teaching.

The aim of the paper is to analyse and evaluate the level of educational activities and the way of assessment procedures in the online environment in comparison with classic form of teaching and classic form of assessment procedures from the student's point of view.

### Key words

COVID-19, education, teaching process, quality of teaching, student

### JEL classification

I21

## 1 Úvod

Na jar 2020 zasiahla celý svet pandémie súvisiaca s ochorením COVID-19. Mnohé krajiny, vrátane Slovenskej republiky, v dôsledku kritickej epidemiologickej situácie a v súvislosti s predchádzaním šírenia ochorenia, prijali prísne reštrikčné opatrenia, ktoré viedli k obmedzeniu spoločenského života, mobility ľudí, k uzavretiu ekonomiky, prevádzok, hraníc, škôl a pod. Práca sa preniesla do online priestoru, každý zamestnávateľ v prípade, ak to výkon povolania umožňoval, dovoľil svojim zamestnancom pracovať z domu na tzv. homeoffice. Rovnako sa do online prostredia prenieslo aj vzdelávanie na školách. Základné, stredné aj

---

<sup>1</sup> Ekonomická univerzita v Bratislave, Fakulta hospodárskej informatiky, Katedra účtovníctva a audítorstva, Dolnozemska cesta 1, 852 35 Bratislava, miriama.blahusiakova@euba.sk.

<sup>2</sup> Ekonomická univerzita v Bratislave, Fakulta hospodárskej informatiky, Katedra účtovníctva a audítorstva, Dolnozemska cesta 1, 852 35 Bratislava, dasa.mokosova@euba.sk.

vysoké školy zostali zatvorené, výučba sa zo školských lavíc preniesla do domáceho online prostredia a klasická prezenčná forma výučby sa zmenila na dištančnú. Pre učiteľov, ale aj pre študentov to bola nová situácia, s ktorou sa museli vyrovnat'. Hlavným cieľom zúčastnených bolo zabezpečiť kvalitnú výučbu na rovnakej úrovni ako pri prezenčnej forme vyučovania.

Rovnako Ekonomická univerzita v Bratislave s cieľom ochrany zdravia a predchádzania šírenia vírusu pristúpila k online výučbe v letnom semestri akademického roka 2019/2020 (ďalej aj „LS 19/20“). V online priestore prebehlo aj skúškové obdobie letného semestra. Štátne skúšky sa však konali prezenčnou formou pri dodržaní prísnych protipandemických opatrení. Napriek tomu, že v lete 2020 došlo k uvoľneniu opatrení, výučba a rovnako aj skúšanie sa v zimnom semestri 2020/2021 (ďalej aj „ZS 20/21“) tiež realizovali dištančnou online formou.

Cieľom príspevku je analyzovať a zhodnotiť kvalitu a úroveň vzdelávacieho procesu a spôsobu realizácie skúšania v online prostredí v porovnaní s klasickou prezenčnou formou výučby a klasickým spôsobom preverovania vedomostí, a to z pohľadu študenta.

Za účelom naplnenia cieľa sme v týždni od 27. 2. 2021 do 5. 3. 2021 realizovali dotazníkový prieskum, ktorým sme oslovili študentov Fakulty hospodárskej informatiky Ekonomickej univerzity v Bratislave (ďalej aj „FHI“), a to konkrétne študentov 2. a 3. ročníka 1. stupňa štúdia a študentov 1. a 2. ročníka 2. stupňa štúdia, celkovo 914 študentov. Študenti 1. ročníka 1. stupňa štúdia boli z dotazníkového prieskumu vynechaní vzhľadom na skutočnosť, že v akademickom roku 2019/2020 ešte neboli študentami FHI.

Podobné prieskumy realizovali napr. aj Wagner a Křehnáčová (2020) v LS 19/20 na Fakulte financií a účtovníctví Vysokej školy ekonomickej v Prahe v rámci kurzu Manažerské účtovníctví, či Brezina a Režná (2020) v ZS 20/21 na Fakulte hospodárskej informatiky Ekonomickej univerzity v Bratislave a na Fakulte ekonómie a podnikania Paneurópskej vysokej školy v Bratislave.

## **2 Prechod z prezenčnej formy výučby na dištančnú formu výučby na Ekonomickej univerzite v Bratislave v letnom semestri akademického roka 2019/2020**

Po objavení sa prvého pozitívneho prípadu na Slovensku a vytvorení krízového štábu na úrovni vlády, bol vytvorený aj krízový štáb Ekonomickej univerzity v Bratislave, ktorý na svojom zasadnutí dňa 8. marca 2020 okrem iného rozhodol, že od pondelka 9. marca 2020 do soboty 21. marca 2020 (vrátane) sa prerušuje výučba v letnom semestri akademického roka 2019/2020 na dennom aj externom štúdiu na prvom a druhom stupni štúdia na všetkých pedagogických pracoviskách. Zároveň bolo rozhodnuté, že pedagogický proces sa uskutoční formou samoštúdia alebo inou vhodnou formou. (vyhlásenie EUBA, 2020) Následne dňa 11. marca 2020 bolo vydané *Opatrenie rektora EU v Bratislave č. 3 k súčasnej situácii* (ďalej aj „Opatrenie rektora č. 3“), ktorým sa špecifikovali, upravili a doplnili opatrenia vydané dňa 8. marca 2020. Okrem prerušenia výučby na dennom aj externom štúdiu na prvom a druhom stupni štúdia, sa prerušila aj výučba na Univerzite tretieho veku, zrušili sa konzultačné hodiny študijných oddelení, referátov a pedagogických zamestnancov, zakázali sa všetky plánované prijatia zahraničných partnerov a študentov, a do odvolania sa zrušili aj všetky zahraničné pracovné cesty. V nadväznosti na skutočnosť, že vláda SR vyhlásila v súvislosti s rizikom šírenia nového koronavírusu na celom území krajiny mimoriadnu situáciu, ktorá platila od 12. marca 2020 od 6:00 hod a ktorej cieľom bolo utvoriť podmienky na prijatie nevyhnutných opatrení na zamedzenie a zmiernenie následkov mimoriadnej udalosti ohrozenia verejného zdravia z dôvodu ochorenia COVID-19 spôsobeným koronavírusom SARS-CoV-2 na území SR a na základe odporúčaní krízového štábu Ekonomickej univerzity v Bratislave pre monitorovanie, vyhodnocovanie situácie a prijímanie opatrení v súvislosti s výskytom a šírením koronavírusu COVID-19, bolo vydané dňa 12. marca 2020 *Opatrenie rektora č. 4*, ktorým sa prerušenie výučby a všetky vyššie uvedené skutočnosti predĺžili do 28. marca 2020 (vrátane). Týmto *Opatrením rektora č. 4* sa zároveň, okrem iných skutočností, zrušili

zasadnutia všetkých samosprávnych orgánov aj poradných orgánov univerzity a fakúlt, zrušili sa štátne skúšky, obhajoby dizertačných prác, habilitačné a inauguračné konania. Dňa 24. marca 2020 bolo vydané *Opatrenie rektora č. 5*, ktorým sa špecifikovali, upravili a doplnili ustanovenia *Opatrenia rektora č. 4* a ktorým sa stanovilo predĺženie prerušenia prezenčnej formy výučby do 30. mája 2020 (vrátane), a to pre všetky stupne štúdia na dennej aj externej forme štúdia.

V tejto súvislosti je veľmi dôležité uviesť, že vyhlásenie mimoriadneho stavu zo strany vlády zaskočilo mnohých, učiteľov na Ekonomickej univerzite v Bratislave nevynímajúc. Zatiaľ čo opatrenia rektora č. 3 a č. 4 stanovili prerušenie výučby a uskutočnenie pedagogického procesu formou samoštúdia, *Opatrenie rektora č. 5* prvýkrát zadefinovalo prerušenie prezenčnej formy výučby a uskutočnenie pedagogického procesu online formou s využitím online platforiem určených na výučbu, ako sú napr. moodle, Microsoft Teams (ďalej aj „MS Teams“), Google Hangout Meet a pod. s následnou formou samoštúdia. Zároveň došlo k úprave harmonogramu týkajúceho sa ukončenia akademického roka, k posunutiu termínov začiatkov skúškového obdobia pre jednotlivé ročníky, k posunutiu termínov pre odovzdávanie záverečných prác na 1. a 2. stupni štúdia do akademického informačného systému (AIS2), k posunutiu termínu konania štátnych skúšok, podávania prihlášok na 1. stupeň štúdia, dokonca k odpusteniu prijímacích skúšok na 1. stupeň štúdia pre všetkých uchádzačov o štúdium a pod.

Napriek tomu, že Opatreniami rektora č. 3 a č. 4 sa výučba prerušila, mnohí učitelia zostali so svojimi študentami v kontakte a snažili sa im uľahčiť samotné samoštúdium zasielaním materiálov, kontrolou zadaní, príp. hľadali iné platformy, prostredníctvom ktorých by sa mohli so študentami spájať, sprostredkovať im vedomosti, poznatky a nenechať všetko iba na samoštúdium. Bol to proces veľmi náročný. Všetci sa ocitli v novej situácii, na ktorú nikto nebol pripravený, ani študenti, ani učitelia. Komunikácia prebiehala najmä prostredníctvom e-mailov, príp. cez platformy MS Teams, Zoom, Google Meet alebo prostredníctvom moodle, či e-learningu v závislosti od preferencií jednotlivých vyučujúcich. Skúškové obdobie LS 19/20 bolo realizované tiež rôznymi formami preverovania vedomostí, cez odovzdávanie vypracovaných zadaní vyučujúcim prostredníctvom e-mailovej komunikácie, ústnymi skúškami cez MS Teams, Zoom, Google Meet, písomnými skúškami cez MS Teams, prostredníctvom moodle a pod.

Hoci výučba v LS 19/20 prebiehala najmä dištančnou formou, vďaka postupnému zlepšovaniu pandemickej situácie a postupnému uvoľňovaniu opatrení sa štátne skúšky na FHI na oboch stupňoch štúdia mohli konať prezenčnou formou s presne stanoveným harmonogramom a pri dodržaní prísnych bezpečnostných protipandemických a hygienických opatrení. Táto forma ukončenia štúdia na FHI bola veľmi dôstojná a aj študenti ocenili, že mohli priamo preukázať svoje vedomosti nadobudnuté počas štúdia na FHI a obhájiť so čťou svoje záverečné práce.

### **3 Dištančná forma výučby v zimnom semestri akademického roka 2020/2021**

Napriek tomu, že pandemická situácia v lete naznačovala zlepšenie aktuálnej situácie a možný ústup pandémie, uvoľnenie protipandemických opatrení v tom období spustilo na jeseň 2020 novú vlnu pandémie. Základné a stredné školy síce 1. septembra 2020 otvorili svoje brány pre žiakov a študentov, no už koncom októbra 2020 rozhodnutím vlády prešli stredné školy a druhý stupeň základných škôl na dištančnú formu výučby.

Ekonomická univerzita v Bratislave a v rámci nej všetky fakulty sa pripravovali na oba možné varianty výučby – na prezenčnú i na dištančnú formu. Hoci všetci verili, že sa výučba začne prezenčne, dokonca došlo aj k posunutiu začiatku zimného semestra o 2 týždne, výučba v zimnom semestri akademického roka začala, aj celá prebiehala dištančnou formou.

Vzhľadom na to, že s možnosťou dištančnej formy výučby v zimnom semestri 2020/2021 sa počítalo, učiteľom bola stanovená jednotná platforma na online výučbu – a síce MS Teams.

Vyučujúcim boli pred začiatkom semestra poskytnuté viaceré webináre, školenia, na ktorých sa mohli naučiť a získať základné, ale i rozšírené poznatky, zručnosti z používania platformy MS Teams, čo sa následne odzrkadlilo aj v kvalite vyučovacieho procesu. Druhou platformou, ktorú mohli učitelia využiť pri výučbe, bola výučba cez moodle. Prednášky a cvičenia prebiehali prostredníctvom MS Teams v presne stanovených rozvrhových okienkach, vo výučbe bol zavedený systém, jednotný postup. Cez MS Teams sa realizovali aj všetky konzultácie, vrátane online zasadnutí riadiacich orgánov fakúlt, či univerzity (zasadnutia kolégií dekana, kolégií rektora, vedeckých rád fakúlt, univerzity, zasadnutie akademických senátov fakúlt, univerzity a pod.). Rovnako online formou prebehlo aj skúškové obdobie zimného semestra. Keďže odporúčanými formami výučby v ZS 20/21 boli platformy MS Teams a moodle, skúšanie sa taktiež odporúčalo realizovať cez tieto dve platformy.

#### **4 Hodnotenie kvality výučby z pohľadu študenta prostredníctvom dotazníkového prieskumu**

V nadväznosti na novú situáciu spôsobenú prechodom z prezenčnej formy výučby na dištančnú formu, s ktorou sa museli vyrovnat' nielen učitelia, ale aj študenti, nás zaujímalo, ako túto zmenu vnímali práve študenti. Ako už bolo uvedené, napriek tomu, že prvými opatreniami rektora bola prerušená výučba a študenti sa mali vzdelávať primárne prostredníctvom samoštúdia, mnohí učitelia sa snažili so študentami komunikovať, či už prostredníctvom elektronickej komunikácie (e-mailom), cez moodle (e-learning), príp. po vlastnej osi hľadali iné možnosti komunikácie, aby študenti nezostali na všetko úplne sami, a aby im bola poskytnutá dostatočne kvalitná výučba aj napriek náročnej situácii.

V tejto súvislosti sme v týždni od 27. 2. 2021 do 5. 3. 2021 realizovali dotazníkový prieskum, ktorého sa zúčastnilo 375 respondentov, čo predstavuje 41,03 % z celkového počtu oslovených študentov, pričom z uvedenej vzorky bolo 255 žien (68 %) a 120 mužov (32 %). Z celkového počtu respondentov bolo 213 študentov z 1. stupňa štúdia (56,8 % respondentov), čo predstavuje 42,86 % z celkového počtu študentov 1. stupňa štúdia okrem študentov 1. ročníka, a 162 študentov z druhého stupňa štúdia (43,2 % respondentov), čo predstavuje 38,85 % z celkového počtu študentov 2. stupňa štúdia.

Na otázku, **akým spôsobom prebiehala výučba v letnom semestri 2019/2020** po prechode na dištančnú formu výučby, mohli študenti vyberať viacero možností odpovedí a rovnako mali možnosť doplniť aj ďalšie odpovede. Vzhľadom na to, že v každom semestri musia študenti absolvovať 5 až 7 rôznych predmetov s rôznymi vyučujúcimi, odpovede sa líšili, pretože každý vyučujúci pracoval s tým, čo poznal a čo v danej náročnej situácii považoval za najvhodnejšie. Najviac študentov (345) uviedlo, že učitelia využívali platformu MS Teams, 192 študentov uviedlo, že dostávali podklady od učiteľov mailom, 174 študentov uviedlo, že učitelia používali pri výučbe moodle (e-learning), 34 študentov uviedlo platformu Zoom, 15 študentov platformu Google Meet a 4 študenti uviedli Skype. Dvaja respondenti sa vyjadrili, že na niektorých predmetoch výučba vôbec neprebíhala. V tabuľke č. 1 je uvedený prehľad kombinácie využívaných platforiem pri výučbe v LS 19/20 (vybrali sme najrelevantnejšie odpovede). Z odpovedí sme vylúčili študentov, ktorí uviedli, že počas letného semestra boli na Erasme, príp. že neboli študentami našej fakulty.

*Tabuľka č. 1: Prehľad kombinácie využívaných platforiem pri výučbe  
v letnom semestri akademického roka 2019/2020*

Využívaná platforma pri výučbe	Počet odpovedí
MS Teams	87
MS Teams, materiály od vyučujúceho e-mailom	69
MS Teams, E-learning (moodle)	69
MS Teams, E-learning (moodle), materiály od vyučujúceho e-mailom	74
MS Teams, E-learning (moodle), materiály od vyučujúceho e-mailom, platforma zoom	10
MS Teams, E-learning (moodle), Google Forms	1
MS Teams, Google Meet, materiály od vyučujúceho e-mailom	1
MS Teams, Skype, E-learning (moodle), materiály od vyučujúceho e-mailom	4
MS Teams, Google Meet, E-learning (moodle), materiály od vyučujúceho e-mailom	3
MS Teams, Google Meet, E-learning (moodle)	3
Google Meet	2
Platforma Zoom, Google Meet	2
Platforma Zoom	1
Platforma Zoom, E-learning (moodle), materiály od vyučujúceho e-mailom	2
Platforma Zoom, Google Meet, MS Teams	1
Platforma Zoom, MS Teams	4
Platforma Zoom, MS Teams, materiály od vyučujúceho e-mailom	8
Platforma Zoom, MS Teams, Google Meet, materiály od vyučujúceho e-mailom	2
Platforma Zoom, MS Teams, Google Meet, E-learning (moodle), materiály od vyučujúceho e-mailom	1
Platforma zoom, MS Teams, E-learning (moodle)	3

Zdroj: Vlastné spracovanie na základe výsledkov dotazníkového prieskumu

Z tabuľky č. 1 vidno rôznorodosť využívaných platforiem pri výučbe, čo študenti veľmi negatívne hodnotili, pretože museli mať na svojich počítačoch nainštalované viaceré platformy, ktorým museli porozumieť, naučiť sa s nimi pracovať a popritom ešte vnímať problematiku vysvetľovanú učiteľom. Tento systém výučby viacerí označili ako zbytočne stresujúci a chaotický.

Na otázku, akým spôsobom prebiehalo **skúšanie v LS 19/20**, najviac respondentov uviedlo skúšanie prostredníctvom online písomného testu cez MS Teams (296 respondentov), skúšanie prostredníctvom online písomného testu prostredníctvom e-learningu, resp. moodle (245 respondentov), skúšanie prostredníctvom odovzdávania vypracovaných zadaní vyučujúcemu (225 respondentov), skúšanie prostredníctvom online ústneho skúšania cez MS Teams, príp. cez iné platformy (97 respondentov). Opäť sa v rámci odpovedí vyskytli kombinácie viacerých spôsobov skúšania vzhľadom na to, že každý vyučujúci pristupoval ku skúšaniam na základe vlastného uváženia a každý študent tak v rámci jedného skúškového obdobia absolvoval v rámci jednotlivých predmetov viacero rôznych variantov preverovania vedomostí.

Vzhľadom na to, že príprava na **výučbu v ZS 20/21** bola regulovaná centrálnou úrovňou rektorátu, kde bolo dohodnuté zjednotenie vyučovacej platformy v zimnom semestri na MS Teams a moodle (e-learning), zaujímalo nás, ako túto zmenu vnímali študenti a akým spôsobom bola výučba v zimnom semestri realizovaná.

Z odpovedí respondentov vyplynulo, že výučba v ZS 20/21 bola realizovaná primárne cez platformu MS Teams (370 respondentov), moodle, resp. e-learning (147 respondentov),

formou zasielania materiálov od vyučujúcich študentom (52 respondentov), cez platformu Google Meet (4 respondenti).

V tabuľke č. 2 je uvedený prehľad kombinácie využívaných platforiem pri výučbe v ZS 20/21.

*Tabuľka č. 2: Prehľad kombinácie využívaných platforiem pri výučbe v zimnom semestri akademického roka 2020/2021*

Využívaná platforma pri výučbe	Počet odpovedí
MS Teams	193
MS Teams, materiály od vyučujúceho e-mailom	28
MS Teams, E-learning (moodle)	123
MS Teams, E-learning (moodle), materiály od vyučujúceho e-mailom	23
MS Teams, Google Meet	1
Platforma Google Meet	2
Platforma Google Meet, E-learning (moodle)	2

Zdroj: Vlastné spracovanie na základe výsledkov dotazníkového prieskumu

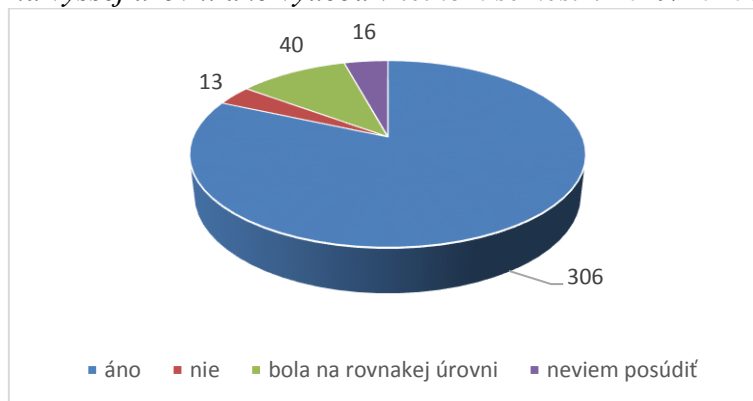
Porovnaním tabuľky č. 2 s tabuľkou č. 1 už na prvý pohľad vidno značný rozdiel. Učители v zimnom semestri naozaj primárne realizovali výučbu cez MS Teams, ktorú vhodne kombinovali s ďalšou odporúčanou formou výučby a síce e-learning (moodle) a zasielaním materiálov na výučbu študentom prostredníctvom e-mailu. Výučba bola aj pre študentov jasnejšia, zrozumiteľnejšia, menej náročná na technické záležitosti.

**Realizácia skúšania v ZS 20/21** bola opäť riadená centrálnne, kde sa na úrovni rektorátu rozhodlo o dvoch základných formách preverovania vedomostí, a síce prostredníctvom MS Teams a cez moodle. V tejto súvislosti nevidno veľký rozdiel medzi realizáciou skúšania v LS 19/20 a realizáciou skúšania v ZS 20/21. Až 346 respondentov uviedlo, že boli skúšaní prostredníctvom online písomného testu cez MS Teams, 255 respondentov prostredníctvom online písomného testu cez moodle, 138 respondentov prostredníctvom online ústneho skúšania cez MS Teams (príp. inú platformu) a 135 respondentov bolo ohodnotených prostredníctvom vypracovaných zadaní odovzdaných skúšajúcemu. Niektorí vyučujúci využívali aj skúšanie cez kahoot.it, e-skuska a pod.

Vzhľadom na lepšiu prípravu učiteľov na dištančnú formu výučby v ZS 20/21 nás zaujímalo, ako študenti vnímali tento rozdiel a ako **hodnotia úroveň výučby v ZS 20/21 v porovnaní s výučbou v LS 19/20**. Podľa 306 respondentov (81,6 %) bola výučba v ZS 20/21 zvládnutá lepšie, kvalitnejšie a na vyššej úrovni ako výučba v LS 19/20. Zo zapojených študentov si 40 študentov (10,6 %) myslí, že bola na rovnakej úrovni, 13 študentov (3,5 %) si myslí, že nebola lepšie zvládnutá a 16 študentov (4,3 %) nevedelo túto situáciu posúdiť.



*Graf č. 1: Bola výučba v zimnom semestri 2020/2021 zvládnutá lepšie, kvalitnejšie, na vyššej úrovni ako výučba v letnom semestri 2019/2020?*



Zdroj: Vlastné spracovanie na základe výsledkov dotazníkového prieskumu

Uskutočnením podrobnejšej analýzy spokojnosti s výučbou v zimnom semestri v porovnaní s letným semestrom podľa pohlavia sme dospeli k záverom, ktoré sú zobrazené v tabuľke č. 3.

*Tabuľka č. 3: Porovnanie úrovne výučby v zimnom semestri 2020/2021 v porovnaní s výučbou v letnom semestri 2019/2020 v závislosti od pohlavia*

Pohlavie/Výučba v zimnom semestri 20/21 v porovnaní s letným semestrom 19/20	Áno, výučba v zimnom semestri bola na vyššej úrovni	Výučba bola na rovnakej úrovni	Neviem posúdiť	Nie, výučba v zimnom semestri nebola na vyššej úrovni	Spolu
muž	82 (68,33%)	20 (16,67%)	11 (9,17%)	7 (5,83%)	<b>120</b> <b>(100%)</b>
žena	224 (87,85%)	20 (7,84%)	5 (1,96%)	6 (2,35%)	<b>255</b> <b>(100%)</b>
<b>spolu</b>	<b>306</b>	<b>40</b>	<b>16</b>	<b>13</b>	<b>375</b>

Zdroj: Vlastné spracovanie na základe výsledkov dotazníkového prieskumu

Z údajov v tabuľke č. 3 vyplýva, že 82 mužov (68,33 % z celkového počtu mužov zapojených do prieskumu) a 224 žien (87,85 % z celkového počtu žien zapojených do prieskumu) si myslí, že výučba v ZS 20/21 bola na vyššej úrovni ako výučba v LS 19/20. Naopak 7 mužov a 6 žien uviedlo, že výučba v ZS 20/21 nebola na vyššej úrovni v porovnaní s výučbou v LS 19/20. Rovnaký počet mužov a žien (20) si myslí, že výučba bola na rovnakej úrovni a 11 mužov a 5 žien nevie posúdiť túto skutočnosť.

Uskutočnením podrobnejšej analýzy spokojnosti s výučbou v zimnom semestri v porovnaní s letným semestrom v závislosti od stupňa štúdia sme dospeli k záverom, ktoré sú zobrazené v tabuľke č. 4.

Tabuľka č. 4: Porovnanie úrovne výučby v zimnom semestri 2020/2021 v porovnaní s výučbou v letnom semestri 2019/2020 v závislosti od stupňa štúdia

Stupeň štúdia/Výučba v zimnom semestri 20/21 v porovnaní s letným semestrom 19/20	Áno, výučba v zimnom semestri bola na vyššej úrovni	Výučba bola na rovnakej úrovni	Neviem posúdiť	Nie, výučba v zimnom semestri nebola na vyššej úrovni	Spolu
<b>1.stupeň štúdia</b>	177 (83,10%)	26 (12,20%)	5 (2,35%)	5 (2,35%)	<b>213 (100%)</b>
<b>2.stupeň štúdia</b>	129 (79,63%)	14 (8,64%)	11 (6,79%)	8 (4,94%)	<b>162 (100%)</b>
<b>spolu</b>	<b>306</b>	<b>40</b>	<b>16</b>	<b>13</b>	<b>375</b>

Zdroj: Vlastné spracovanie na základe výsledkov dotazníkového prieskumu

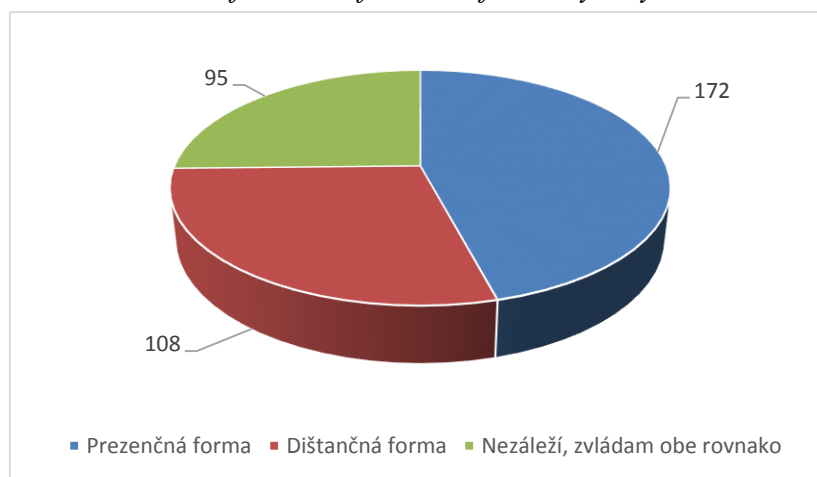
Z údajov v tabuľke č. 4 vyplýva, že 177 študentov 1. stupňa štúdia (83,10 % z celkového počtu respondentov 1. stupňa štúdia) a 129 študentov 2. stupňa štúdia (79,63 % z celkového počtu respondentov 2. stupňa štúdia) považuje výučbu v ZS 20/21 za kvalitnejšiu ako výučbu v LS 19/20, naopak 5 študentov 1. stupňa štúdia a 8 študentov 2. stupňa štúdia si myslí, že výučba v ZS 20/21 nebola na vyššej úrovni, 26 študentov 1. stupňa štúdia a 14 študentov 2. stupňa štúdia si myslí, že výučba bola na rovnakej úrovni a 5 študentov 1. stupňa štúdia a 11 študentov 2. stupňa štúdia nevie situáciu posúdiť.

Čo sa týka **hodnotenia skúškového obdobia** a spôsobu skúšania v ZS 20/21 v porovnaní so skúšaním v LS 19/20, 236 respondentov (62,9 %) si myslí, že skúškové obdobie ZS 20/21 bolo zvládnuté lepšie v porovnaní s LS 19/20, 99 respondentov (26,4 %) si myslí, že spôsob skúšania bol na rovnakej úrovni, 16 respondentov (4,3 %) uviedlo, že nebol lepšie zvládnutý a 24 respondentov (6,4 %) nevedelo posúdiť túto situáciu.

## 5 Prezenčná forma výučby vs dištančná forma výučby

V ďalšej časti dotazníkového prieskumu nás zaujímalo, ktorú **formu výučby študenti preferujú**. Prezenčnú formu výučby, ako vidno aj z grafu č. 2, uprednostňuje až 172 respondentov (45,9 %), dištančnú formu výučby preferuje 108 respondentov (28,8 %) a 95 respondentov (25,3 %) sa vyjadrilo, že im to je jedno, pretože zvládajú obe formy výučby rovnako.

Graf č. 2: Preferovaná forma výučby



Zdroj: Vlastné spracovanie na základe výsledkov dotazníkového prieskumu

Podrobnejšia analýza preferovanej formy výučby v závislosti od pohlavia je uvedená v tabuľke č. 5 a v závislosti od stupňa štúdia je uvedená v tabuľke č. 6.

*Tabuľka č. 5: Preferovaná forma výučby v závislosti od pohlavia*

Pohlavie/Forma výučby	Prezenčná forma	Dištančná forma	Nezáleží	Spolu
muž	53 (44,17%)	40 (33,33%)	27 (22,5%)	<b>120</b> <b>(100%)</b>
žena	119 (46,66%)	68 (26,67%)	68 (26,67%)	<b>255</b> <b>(100%)</b>
spolu	<b>172</b>	<b>108</b>	<b>95</b>	<b>375</b>

Zdroj: Vlastné spracovanie na základe výsledkov dotazníkového prieskumu

*Tabuľka č. 6: Preferovaná forma výučby v závislosti od stupňa štúdia*

Stupeň štúdia/Forma výučby	Prezenčná forma	Dištančná forma	Nezáleží	Spolu
1.stupeň	96 (45,07%)	54 (25,35%)	63 (29,58%)	<b>213</b> <b>(100%)</b>
2. stupeň	76 (46,91%)	54 (33,33%)	32 (19,76%)	<b>162</b> <b>(100%)</b>
spolu	<b>172</b>	<b>108</b>	<b>95</b>	<b>375</b>

Zdroj: Vlastné spracovanie na základe výsledkov dotazníkového prieskumu

Z tabuľky č. 5 vyplýva, že 53 mužov (44,17 % z celkového počtu mužov zapojených do prieskumu) a 119 žien (46,66 % z celkového počtu žien zapojených do prieskumu) uprednostňuje prezenčnú formu výučby. Dištančnú formu výučby uprednostňuje 40 mužov (33,33 %) a 68 žien (26,67 %). V prieskume sa 27 mužov (22,5 %) a 68 žien (26,67 %) vyjadrilo, že zvládajú obe formy výučby rovnako. Z výsledkov zobrazených v tabuľke č. 6 vyplýva, že 96 študentov 1. stupňa (45,07 % z celkového počtu študentov 1. stupňa štúdia zapojených do prieskumu) a 76 študentov 2. stupňa (46,91 % z celkového počtu študentov 2. stupňa štúdia zapojených do prieskumu) uprednostňuje prezenčnú formu štúdia. Dištančnú formu štúdia uprednostňuje 54 študentov 1. stupňa (25,35 %) a 54 študentov 2. stupňa (33,33 %). V prieskume sa 63 študentov 1. stupňa (29,58 %) a 32 študentov 2. stupňa (19,76 %) vyjadrilo, že zvládajú obe formy výučby rovnako.

Študenti, ktorí v prieskume uviedli, že uprednostňujú prezenčnú formu výučby, resp. uviedli, že uprednostňujú dištančnú formu výučby, mohli v ďalšej časti dotazníka uviesť dôvody, prečo uprednostňujú zvolenú formu výučby.

Najčastejšie uvádzanými dôvodmi preferovania prezenčnej formy výučby boli tieto skutočnosti:

- priamy kontakt s vyučujúcimi a spolužiakmi, lepšia a rýchlejšia komunikácia s vyučujúcim, osobnejší prístup, možnosť priameho kladenia otázok, aktívna diskusia na hodinách, (takmer 82 % respondentov uprednostňujúcich prezenčnú formu výučby),
- potreba socializácie, osobných kontaktov so spolužiakmi, vytvorenie si vzťahu s vyučujúcim, možnosť poradiť sa so spolužiakmi, ak študent niečo nezachytil, niečomu neporozumel, (takmer 78 % respondentov uprednostňujúcich prezenčnú formu výučby),

- väčšia možnosť sústredenia sa v škole, ľahšie udržanie pozornosti, študenti dávajú väčší pozor, (takmer 67 % respondentov uprednostňujúcich prezenčnú formu výučby),
- kvalitnejšia výučba, rýchlejšia spätná väzba, neverbálna komunikácia, (takmer 55 % respondentov uprednostňujúcich prezenčnú formu výučby),
- menej času stráveného za počítačom (bolesť hlavy, očí, chrbta),
- viac priestoru na kladenie otázok, viac priestoru na prezentovanie vedomostí študentov,
- nedostatočné vysvetlenie preberanej problematiky zo strany vyučujúceho pri dištančnej forme výučby, nutnosť samoštúdia,
- na dištančnej forme výučby (najmä ak chýba literatúra k predmetu) študenti nestíhajú vnímať prednášku, aj si zapisovať poznámky k prednáške,
- technické problémy pri dištančnej forme výučby, vypadávanie internetu, problém s vysvetľovaním bez tabule, problém s oneskorením obrazu a zvuku pri prezentácii, vzájomné rušenie sa členmi domácnosti, ktorí pracujú (študujú) z domu,
- pri dištančnej forme výučby, najmä ak sa študenti učia pracovať v nejakom programe a nemajú dva monitory, tak pracujú so zmenšenými oknami a nevidia dobre vysvetľovanú problematiku; ak nastane v danom programe problém, učiteľ nevie promptne pomôcť študentovi tento problém vyriešiť, odstrániť,
- obava, ako budú potenciálni zamestnávateľia posudzovať absolventov, ktorí študovali dištančne,
- problém s licenciami na použitie programov potrebných na výučbu, ktoré sú nainštalované na školských počítačoch, ale škola neponúka pre študentov licencie na vlastné zariadenia,
- skúšky realizované pri dištančnej forme výučby sú stresujúce, najmä z dôvodu rôznych technických problémov, výpadkov internetu, nedostatku času na odoslanie odpovede a pod.,
- chýbajúce mimoškolské aktivity pri dištančnej forme výučby, chýbajúci „študentský život“,
- nedostatočné digitálne zručnosti vyučujúcich pri dištančnej forme výučby,
- online štúdium nabáda študentov k podvádzaniu a uľahčovaniu si štúdia takýmto spôsobom,
- chýbajúci prístup k študijnej literatúre z dôvodu zatvorených knižníc,
- náročná komunikácia so školiteľmi záverečných prác pri dištančnej forme výučby.

Najčastejšie uvádzanými **dôvodmi preferovania dištančnej formy výučby** boli tieto skutočnosti:

- úspora času: študenti nemusia dochádzať do školy, čím ušetria čas; eliminujú sa straty času spôsobené oknami medzi hodinami, tým majú študenti viac voľného času, viac času na voľnočasové aktivity, keďže sa eliminuje čas strávený cestovaním do školy; študenti sa vedia zúčastniť výučby aj v prípade choroby, (takmer 69 % respondentov uprednostňujúcich dištančnú formu výučby),
- väčší komfort, štúdium z pohodlia domova, väčšie sústredenie v domácom prostredí, menší stres z výučby, (takmer 11 % respondentov uprednostňujúcich dištančnú formu výučby),
- možnosť popri škole viac pracovať, keďže sa ušetrí čas inak strávený cestovaním, (takmer 10 % respondentov uprednostňujúcich dištančnú formu výučby),
- zaujímavejšie prednášky s podporou obrazovej prezentácie, ktorá predtým na veľa hodinách pri prezenčnej forme výučby chýbala; poskytovanie materiálov vyučujúcimi študentom vopred, možnosť nahrávania prednášok, cvičení, dostatočné vysvetlenie

učiva aj pri dištančnej forme výučby, ochota a ústretovosť vyučujúcich dovysvetľovať učivo; vyššia úroveň dištančnej formy výučby v ZS 20/21,

- ochrana zdravia blízkych,
- vyššia účasť na prednáškach, na ktoré by inak študenti nechodili kvôli cestovaniu,
- flexibilnejšia a modernejšia forma výučby.

V súvislosti s dištančnou formou výučby nás zaujímalo, či vyučujúci **nahrávajú prednášky a cvičenia** a poskytujú ich študentom. Až 173 respondentov uviedlo, že žiadny vyučujúci nenahráva prednášky ani cvičenia; 163 respondentov uviedlo, že niektorí vyučujúci nahrávajú a nahrávky sú študentom k dispozícii, 55 respondentov uviedlo, že niektorí vyučujúci nenahrávajú prednášky alebo cvičenia a 25 respondentov uviedlo, že napriek tomu, že niektorí vyučujúci prednášky a cvičenia nahrávajú, nahrávky nie sú študentom k dispozícii. Až 343 respondentov (93 %) uviedlo, že by privítalo, aby vyučujúci prednášky a cvičenia nahrávali a dávali ich študentom k dispozícii, aby sa mohli kedykoľvek k materiálom vrátiť a pozrieť a vypočuť si ich znovu. Naopak 26 respondentov (7 %) si myslí, že nepotrebujú od vyučujúcich nahrávanie prednášok a cvičení, pretože aj počas prezenčnej výučby sa učia iba z toho, čo si stihnú na prednáškach a cvičeniach poznačiť.

## 6 Prezenčná forma skúšania vs dištančná forma skúšania

V ďalšej časti dotazníka nás zaujímalo, ktorý **spôsob preverovania vedomostí** študentom viac vyhovuje. Na túto otázku až 187 študentov (50,1 % respondentov) odpovedalo, že zvládajú oba spôsoby preverovania vedomostí rovnako, 83 študentov (22,3 % respondentov) sa vyjadrilo, že uprednostňujú klasický spôsob skúšania počas prezenčnej výučby a 103 študentov (27,6 % respondentov) uviedlo, že uprednostňujú spôsob skúšania počas dištančnej výučby. Preferovaný spôsob skúšania v závislosti od pohlavia je uvedený v tabuľke č. 7.

Tabuľka č. 7: Preferovaný spôsob skúšania v závislosti od pohlavia

Pohlavie/Spôsob skúšania	Prezenčná forma	Dištančná forma	Nezáleží	Spolu
muž	26 (21,67%)	38 (31,67%)	56 (46,66%)	<b>120</b> <b>(100%)</b>
žena	57 (22,35%)	65 (25,49%)	133 (52,16%)	<b>255</b> <b>(100%)</b>
spolu	<b>83</b>	<b>103</b>	<b>189</b>	<b>375</b>

Zdroj: Vlastné spracovanie na základe výsledkov dotazníkového prieskumu

Z údajov v tabuľke č. 7 vyplýva, že klasický spôsob skúšania počas prezenčnej formy výučby uprednostňuje 21,67 % mužov, a 22,35 % žien; spôsob skúšania počas dištančnej formy výučby uprednostňuje 31,67 % mužov a 25,49 % žien. Oba spôsoby preverovania vedomostí zvláda rovnako 46,66 % mužov a 52,16 % žien.

Študenti, ktorí **preferujú klasický spôsob skúšania** počas prezenčnej formy výučby, uvádzali najčastejšie tieto **dôvody**:

- je to menej stresujúce ako dištančné skúšanie (stres najmä kvôli možným technickým problémom, výpadkom internetu), (takmer 80 % respondentov uprednostňujúcich prezenčnú formu preverovania vedomostí),
- viac času na vypracovanie skúšky, pri dištančnej forme učiteľia nastavujú príliš krátke časové intervaly na vypracovanie skúšky, pretože sa obávajú podvádzania zo strany študentov, (takmer 73 % respondentov uprednostňujúcich prezenčnú formu preverovania vedomostí),

- študent je adekvátnejšie a objektívnejšie ohodnotený,
- študent sa lepšie a dôslednejšie pripraví na skúšku, čím získa vyššiu úroveň vedomostí a poznatkov,
- termín skúšky v neskorších poobedných hodinách pri dištančnej forme skúšania je nevýhoda,
- lepšie rozvrhnutie času zo strany študenta: možnosť venovať sa otázkam, ktoré vie študent hneď vypracovať a potom sa venovať ostatným otázkam, čo sa pri online skúšaní nedá,
- menšie riziko podvodov pri prezenčnom skúšaní, skúškami prejdú len tí, ktorí učivo naozaj ovládajú,
- študent sa vie lepšie sústrediť v škole ako doma, kde sú často mnohé rušivé elementy.

Študenti, ktorí **preferujú online spôsob preverovania vedomostí** počas dištančnej formy výučby, uvádzali najčastejšie tieto **dôvody**:

- menej stresujúce ako v škole, domáce prostredie prispieva k väčšej pohode, (takmer 54 % respondentov uprednostňujúcich online formu preverovania vedomostí),
- študenti nemusia cestovať na skúšku a šetria tak čas, ktorý môžu venovať príprave na skúšku, (takmer 46 % respondentov uprednostňujúcich online formu preverovania vedomostí),
- študent sa vie viac sústrediť doma ako v škole,
- skúšky sú orientované viac praktickým smerom,
- na počítači vie študent písať rýchlejšie ako rukou, preto aj myšlienky môžu ísť rýchlejšie,
- študentom vyhovuje testová forma preverovania vedomostí, kde vyberajú správnu odpoveď z ponúknutých možností,
- moderný spôsob preverovania vedomostí,
- šetrenie papiera,
- výsledky zo skúšky sú hneď k dispozícii.

So skúšaním, resp. preverovaním vedomostí, súvisí aj preverovanie vedomostí pri štátnych skúškach a obhajobách záverečných prác, preto nás zaujímalo, či by študenti uprednostnili ich konanie online formou alebo klasickou prezenčnou formou. Táto otázka bola určená len študentom záverečných ročníkov zapojených do prieskumu a odpovedalo na ňu 232 respondentov. Vzhľadom na to, že respondentov zo záverečných ročníkov bolo 203, na túto otázku odpovedali aj respondenti z iných ročníkov. Napriek tejto skutočnosti až dve tretiny, t. j. 155 študentov (66,8 %) sa prikláňa ku klasickej prezenčnej forme štátnic, zatiaľ čo jedna tretina, t. j. 77 študentov (33,2 %) je za online štátnice a obhajoby záverečných prác.

## 7 SWOT analýza dištančnej formy výučby

SWOT analýza je štandardný analytický nástroj na posudzovanie pozície podniku na trhu. Je to metóda všeobecne využívaná na analýzu vnútorných silných a slabých stránok podniku, produktu, regiónu a pod. v súvislosti s vonkajšími príležitosťami a hrozbami na predmetnom trhu. V ostatnej dobe sa SWOT analýza využíva aj ako metóda rozhodovania na školách, či v iných odvetviach ekonomického a spoločenského života.

Na základe uskutočneného dotazníkového prieskumu sme vypracovali SWOT analýzu dištančnej formy výučby vo vzťahu k jej silným a slabým stránkam, ako aj možným príležitostiam a hrozbám. Táto SWOT analýza je uvedená v tabuľke č. 8.



Tabuľka č. 8: SWOT analýza dištančnej formy výučby

KVALITA			
P R E D N O S T I	<p><b>Strengths</b> (silné stránky)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>práca/štúdium z pohodlia domova</li> <li>úspora času</li> <li>väčšie sústredenie na výučbu</li> <li>väčšia účasť na prednáškach</li> <li>možnosť nahrávania prednášok, cvičení a ich poskytnutie študentom</li> <li>nižšie náklady na štúdium</li> <li>rozvíjanie digitálnych zručností</li> <li>nové moderné spôsoby výučby</li> </ul>	<p><b>Weaknesses</b> (slabé stránky)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>chýbajúca socializácia, kontakt so spolužiakmi</li> <li>chýbajúci priamy kontakt s vyučujúcimi, osobnejší prístup</li> <li>technické problémy (výpadky internetu/elektriny)</li> <li>licencie na softvéry, programy používané pri výučbe</li> <li>nedostatočné digitálne zručnosti vyučujúcich</li> <li>viac stresu pri skúškach (časové limity)</li> <li>anonymita účastníkov</li> <li>podvádzanie pri skúškach</li> <li>„falošná“ účasť na prednáškach</li> </ul>	I N T E R N É
	<p><b>Opportunities</b> (príležitosti)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>moderný spôsob preverovania vedomostí</li> <li>preverovanie vedomostí skôr praktickým smerom</li> <li>ekologický aspekt – úspora papiera</li> <li>možnosť pracovať popri štúdiu vďaka úspore času</li> </ul>	<p><b>Threats</b> (hrozby)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>slabšia príprava na skúšku (možnosť odpisovať, podvádzať)</li> <li>zdravotné problémy (bolesti chrbta, očí)</li> <li>otázka prístupu zamestnávateľov k absolventom študujúcim dištančne</li> <li>chýbajúci prístup k študijnej literatúre</li> <li>chýbajúci „študentský život“, absencia mimoškolských študentských aktivít</li> </ul>	
<b>pozitíva</b>		<b>negatíva</b>	

Zdroj: Vlastné spracovanie na základe výsledkov dotazníkového prieskumu

## 8 Záver

Pandémia súvisiaca s COVID-19, ktorá na jar 2020 zasiahla všetky oblasti spoločenského života, viedla v snahe ochrany zdravia a predchádzania šírenia vírusu k zmene formy vzdelávania z prezenčnej na dištančnú formu. Cieľom príspevku bolo analyzovať a zhodnotiť kvalitu a úroveň vzdelávacieho procesu a spôsobu skúšania v online prostredí v porovnaní s klasickou prezenčnou formou výučby a klasickým spôsobom preverovania vedomostí, a to z pohľadu študenta.

V tejto súvislosti bol zrealizovaný dotazníkový prieskum medzi študentami FHI na 1. a 2. stupni štúdia s výnimkou študentov 1. ročníka na 1. stupni štúdia, ktorí boli z prieskumu vynechaní z dôvodu, že v LS 19/20 na FHI ešte neštudovali.

Z dotazníkového prieskumu vyplynulo, že až 81,6 % respondentov si myslí, že kvalita výučby bola v ZS 20/21 na vyššej úrovni v porovnaní s výučbou v LS 19/20, 10,6 % respondentov je presvedčená, že bola na rovnakej úrovni, 3,5 % respondentov si myslí, že nebola lepšie zvládnutá a 4,3 % nevedelo túto situáciu posúdiť. K tejto skutočnosti prispel najmä fakt, že v ZS 20/21 bola stanovená jednotná forma online vzdelávania prostredníctvom aplikácie MS Teams a moodle (e-learning). Vďaka školeniam organizovaným pred začiatkom ZS 20/21 nadobudli vyučujúci lepšie praktické zručnosti s využívaním a funkcionalitami MS Teams a všetky prednášky a cvičenia boli realizované pravidelne podľa rozvrhových okienok. Odstránil sa nedostatok z LS 19/20, kedy výučba prebiehala prostredníctvom rôznych

vzdelávacích platforiem, resp. na niektorých predmetoch neprebíhala vôbec. Študentom taktiež odpadol stres a komplikácie spojené s inštaláciou a porozumením rôznym vzdelávacím platformám, a mohli sa tak viac sústrediť na výučbu.

Čo sa týka hodnotenia skúškového obdobia a spôsobu skúšania v ZS 20/21 v porovnaní so skúšaním v LS 19/20, 62,9 % respondentov je toho názoru, že skúškové obdobie ZS 20/21 bolo zvládnuté lepšie v porovnaní s LS 19/20, 26,4 % respondentov si myslí, že spôsob skúšania bol na rovnakej úrovni, 4,3 % respondentov uviedlo, že nebol lepšie zvládnutý a 6,4 % respondentov nevedelo posúdiť túto situáciu.

Z prieskumu vyplynula tiež skutočnosť, že takmer 46 % respondentov uprednostňuje prezenčnú formu výučby, zatiaľ čo dištančnú formu výučby preferuje takmer 29 % respondentov. Obe formy výučby zvláda rovnako približne 25 % respondentov. Medzi hlavné dôvody preferovania prezenčnej formy výučby patria najmä priamy kontakt s vyučujúcimi a spolužiakmi; lepšia a rýchlejšia komunikácia s vyučujúcim, ktorá je niekedy pri dištančnej forme výučby problematická; aktívna diskusia na hodinách; osobnejší prístup; potreba socializácie, osobných kontaktov; väčšia možnosť sústredenia sa v škole, kde nie je toľko rušivých vplyvov ako doma; kvalitnejšia výučba, rýchlejšia spätná väzba a pod. Pri prezenčnej forme výučby odpadajú technické problémy spojené s výpadkami internetu, elektriny, s oneskorením obrazu a zvuku pri prezentácii. Taktiež nie sú pri prezenčnej forme výučby problémy s inštaláciou licencií programov, v ktorých sa študenti učia pracovať, keďže licencie sú na školských počítačoch, no nedajú sa nainštalovať na súkromné počítače. Ďalším dôvodom, ktorý uvádzajú študenti uprednostňujúci prezenčnú formu výučby, je časový stres pri skúškach realizovaných online formou, kde mnohí vyučujúci až príliš skracujú čas na vypracovanie skúšky. Viacerí študenti sa vyjadrili, že online štúdium nabáda študentov k podvádzaniu a teda sa nepripravujú na skúšku až v takom rozsahu, ako by sa pripravovali pri prezenčnej forme skúšania. Študenti pri dištančnej forme výučby uvádzajú problémy s prístupom k študijnej literatúre.

Naopak študenti, ktorí uprednostňujú dištančnú formu výučby, uvádzali ako hlavné dôvody najmä úsporu času (z titulu, že nemusia dochádzať každý deň do školy, čo niektorým zaberie aj 4 hodiny denne), čo následne vedie k tomu, že majú viac voľného času, ktorý môžu využiť na ďalšie štúdium, vypracovanie seminárnych prác, záverečných prác, brigádu popri štúdiu, príp. na iné voľnočasové aktivity. Výhodou dištančnej formy výučby je tiež fakt, že sa študenti vedia zúčastniť hodiny aj v prípade choroby; študenti študujú z pohodlia domova, vedia sa viac sústrediť a pod. K pozitívam dištančnej formy výučby patrí aj vyššia účasť na prednáškach, a to najmä z dôvodu, že pri prezenčnej forme výučby, kvôli komplikáciám a stratám času súvisiacim s cestovaním, sa študenti mnohých prednášok nezúčastňujú. Študenti tiež oceňujú, že viacerí vyučujúci prednášky nahrávajú a poskytujú ich študentom. Až 93 % respondentov by privítalo, keby všetci vyučujúci prednášky a cvičenia nahrávali a poskytovali ich študentom. Viacero študentov oceňuje flexibilnejšiu a modernejšiu formu výučby počas online vzdelávania.

Čo sa týka preferencií klasickej formy skúšania v porovnaní so skúšaním počas dištančnej formy výučby, až polovica respondentov (50,1 %) sa vyjadrila, že zvládajú obe formy preverovania vedomostí rovnako a neuprednostňuje žiadnu z nich. Klasický spôsob skúšania počas prezenčnej formy výučby uprednostňuje iba 22,3 % respondentov, spôsob skúšania počas dištančnej formy výučby uprednostňuje 27,6 % respondentov. Prezenčnú formu skúšania preferujú najmä z toho dôvodu, že ju považujú za menej stresujúcu, pretože odpadajú problémy s internetovým pripojením, študenti majú viac času na vypracovanie skúšky, ak vyučujúci vidí, že potrebujú viac času, nie je problém čas navýšiť; študenti majú pocit, že sú objektívnejšie hodnotení. Výhodou prezenčného skúšania je aj možnosť, že študent si sám rozvrhne čas na jednotlivé zadania skúšky, venuje sa oblastiam a otázkam, ktoré vie hneď zodpovedať a následne rieši ďalšie otázky, v ktorých si nie je až tak istý. Študenti tiež oceňujú to, že pri

tejto forme skúšania skúšku úspešne absolvujú naozaj len tí, ktorí učivo ovládajú, keďže je menšie riziko podvádžania než pri dištančnej forme skúšania. Na druhej strane študenti, ktorí preferujú online spôsob preverovania vedomostí, majú pocit, že sa vedia doma viac sústrediť; online skúšanie je podľa nich menej stresujúce ako skúšanie v škole, pretože domáce prostredie prispieva k väčšej pohode. Ďalším dôvodom je úspora času z dôvodu, že nemusia na skúšku cestovať. Mnohí študenti vedia rýchlejšie písať na počítači a vedia tak rýchlejšie preniesť myšlienky „na papier“. Online spôsob skúšania považujú za moderný, výhodou je, že výsledky skúšky sú takmer okamžite k dispozícii. K pozitívam patrí aj šetrenie papiera.

Na základe analýzy a zhodnotenia výhod, nevýhod, pozitív, negatív oboch foriem realizácie výučby a skúšania sme v rámci príspevku vypracovali SWOT analýzu, v ktorej sme zhrnuli silné a slabé stránky, ako aj príležitosti a hrozby dištančnej formy výučby.

Z výsledkov dotazníkového prieskumu tiež vyplynulo, že takmer 2/3 respondentov z končiacich ročníkov (66,8 %) by uprednostnilo konanie štátnych skúšok a obhajob záverečných prác klasickou prezenčnou formou.

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

### Literatúra

- [1] Brezina, I. Jr. & Režná, B. (2020). Online learning evaluation in selected faculties of economics of Slovak universities during Covide-19. *Elektronnaja kazaň 2020: Informacijonnyje tehnologiji v sovremennom mire: sbornik iz 12. meždunarodnoj naučno-praktičeskoj konferenciji, 19–20. 11. 2020* – v tlači.
- [2] Opatrenie rektora č. 3 k súčasnej situácii. Dostupné na: <https://www.euba.sk/aktivita-a-media/aktuality/1890-aktualizovane-opatrenia-rektora-eu-v-bratislave-k-sucasnej-situacii>.
- [3] Opatrenie rektora č. 4. Dostupné na: <https://www.euba.sk/aktivita-a-media/aktuality/1891-aktualizovane-opatrenia-rektora-eu-v-bratislave-k-sucasnej-situacii-12-marec-2020>.
- [4] Opatrenie rektora č. 5. Dostupné na: <https://www.euba.sk/aktivita-a-media/aktuality/1897-aktualizovane-opatrenia-rektora-eu-v-bratislave-k-sucasnej-situacii-24-marec-2020>.
- [5] Vyhlásenie EUBA (2020). Vyhlásenie EU v Bratislave po zasadnutí krízového štábu k aktuálnej situácii. Dostupné na: <https://www.euba.sk/aktivita-a-media/aktuality/1887-vyhlasenie-eu-v-bratislave-po-zasadnuti-krizoveho-stabu-k-aktualnej-situacii>.
- [6] Wagner, J. & Křehnáčová, A. (2020). Lesson Learned from the Coerced Application of E-learning in the Management Accounting Course during COVID-19 Pandemic. *Účetnictví a auditing v procesu světové harmonizace: sborník z mezinárodní vědecké konference, Slapy, 8.-10. září 2020*, 182-186.
- [7] Dotazníkový prieskum.

## Vývoj zdrojov elektriny na Slovensku v rokoch 2006 – 2019

Ján Bolgáč<sup>1</sup>

### Abstrakt

Prvé prípady využitia elektrickej energie na území Slovenska sa objavili koncom devätnásteho storočia. Prvá elektrárňa na území Slovenska bola uvedená do prevádzky v roku 1884 v mlyne S. Ludwiga v Bratislave a v roku 1889 začala v Krompachoch pracovať prvá vodná elektrárňa s výkonom 22kW.

Premena energetického obsahu zdroja energie postupne až na elektrickú energiu sa deje podľa fyzikálnych zákonov s určitými energetickými stratami v technologických zariadeniach – elektrárnach. Z hľadiska elektroenergetiky majú najväčší význam stredné a veľké zdroje, ktoré predstavujú základnú štruktúru výkonových záloh v elektrizačnej sústave. Malé zdroje môžu poslúžiť pre elektrizačnú sústavu iba ako doplnkové zdroje, prípadne ako zdroje so špeciálnym určením (špičkové zdroje, záložné zdroje, autonómne zdroje a pod.).

Jednotlivé zdroje elektriny sa neustále vyvíjajú a neustále sa mení ich podiel na výrobe elektriny, ktorá sa ľahko môže premieňať na inú formu energie ako je teplota a svetlo. Ľahko sa prenáša, pretože môže prúdiť v kábloch. Elektrina poháňa veľa rozličných zariadení od kotlov po počítače a dodáva svetlo a teplo do mnohých domovov, úradov a tovární.

### Kľúčové slová

zdroj energie, elektrická energia, elektrina, obnoviteľné a neobnoviteľné zdroje energie, tepelné, vodné a jadrové elektrárne

### Abstract

The first cases of electricity use in Slovakia appeared at the end of the nineteenth century. The first power plant in Slovakia was put into operation in 1884 in the S. Ludwig mill in Bratislava, and in 1889 the first hydroelectric power plant with an output of 22 kW began operating in Krompachy.

The conversion of the energy content of the energy source gradually to electricity takes place according to the laws of physics with certain energy losses in technological equipment - power plants. From the point of view of electricity, the most important are medium and large sources, which represent the basic structure of power backups in the electricity system. Small sources can serve for the electricity system only as additional sources, or as sources with a special purpose (top sources, backup sources, autonomous sources, etc.).

Individual sources of electricity are constantly evolving and their share in the production of electricity is constantly changing, which can easily be converted into another form of energy such as temperature and light. It is easy to carry because it can flow in cables. Electricity drives many different devices from boilers to computers and supplies light and heat to many homes, offices and factories.

### Key words

source of energy, electric energy, electricity, renewable and non-renewable energy sources, thermal, hydro and nuclear power plants

---

<sup>1</sup> Ekonomická univerzita v Bratislave, Fakulta hospodárskej informatiky, Katedra štatistiky, Dolnozemska cesta 1, 852 35 Bratislava, jan.bolgac@euba.sk.

**JEL classification**

L11, L94, Q42

**1 Úvod**

**Elektrická energia** je schopnosť elektrického poľa konať elektrickú prácu. Čím väčšiu energiu má elektrické pole, tým viac elektrickej práce môže vykonať. Elektrickú energiu majú všetky telesá s elektrickým nábojom (elektricky nabité telesá). Najčastejšie sa elektrická energia udáva pre elektrické zdroje v podobe elektromotorického napätia. Elektrická energia je jeden z druhov energie a možno ju meniť na mechanickú energiu, tepelnú energiu (Joulovo teplo), svetelnú energiu, chemickú energiu, atď.

**Elektrina** je užitočná forma energie. Môže sa ľahko premieňať na inú formu energie ako je teplota a svetlo. Ľahko sa prenáša, pretože môže prúdiť v kábloch. Elektrina poháňa veľa rozličných zariadení od kotlov po počítače tým, že dodáva svetlo a teplo do mnohých domovov, úradov a tovární. Toto všetko zabezpečujú energetické zdroje.

Energetické zdroje poskytujú také formy energie, ktoré sú, alebo môžu byť využiteľné pre potreby ľudstva. Podľa miesta v procese premien pri využívaní jednotlivých foriem energie rozoznávame primárne (prvotné) a sekundárne (druhotné) energetické zdroje.

**Primárny zdroj energie** sa získava priamo v prírode a neprešiel žiadnym procesom výroby alebo transformácie. Jeho podstatou je predovšetkým:

- energia slnečného žiarenia,
- vodná energia,
- veterná energia,
- geotermálna energia,
- organické palivá (fosílna, drevo, biomasa),
- jadrové palivá (izotopy uránu a pod.),
- iné (tepelný gradient, kozmická energia, termojadrová syntéza ľahkých prvkov a pod.).

**Sekundárny zdroj energie** vzniká v postupnosti premien primárnych zdrojov energie. Napr. spálením uhlia v kotle vzniká z uhlia teplo, ktoré sa ako sekundárny zdroj ďalej využíva pre ohrev.

Podľa využitia v energetike sa môžu zdroje energie rozdeliť tiež na základné a doplnkové zdroje:

- **základný zdroj energie** je využívaný hlavne pre veľkú energetiku a používa fosílna palivá, jadrové palivo alebo vodu.
- **doplnkový zdroj energie** má lokálny význam. V našich podmienkach je to zdroj, ktorý využíva vodnú, veternú a geotermálnu energiu a odpadové produkty, ktoré sú nositeľom využiteľnej energie prostredníctvom spaľovania alebo inými procesmi.

Elektrická energia sa získava premenou (niekedy aj viacnásobnou) zo základných a doplnkových zdrojov energie.

*Obr.1: Príklad premeny energie*



Zdroj: vlastné spracovanie

Podľa možnosti obnoviteľnosti sa môžu zdroje energie rozdeliť na obnoviteľné a neobnoviteľné.

**Obnoviteľné zdroje energie** sú také, ktoré sa nezávisle od ich využívania neustále obnovujú a sú prakticky bez zmeny neustále k dispozícii. Obnoviteľné zdroje energie znamenajú podľa Smernice EK 2001/77 obnoviteľné nefosílné zdroje energie (veternú, solárnu, geotermálnu energiu, energiu vln a príboja, vodnú energiu, energiu z biomasy, zo skládkových plynov, z plynov z čistiarní odpadových vôd a z bioplynov).

Podľa zákona č. 309/2009 Z. z. o energetike sa obnoviteľným zdrojom energie rozumie zdroj, ktorého energetický potenciál sa trvalo obnovuje prírodnými procesmi alebo činnosťou ľudí a ide o tieto zdroje:

- vodná energia (polohová a kinetická energia vody),
- slnečná energia (fotosyntéza),
- veterná energia,
- geotermálna energia (teplo zemského vnútra),
- biomasa vrátane všetkých produktov jej spracovania,
- bioplyn, skládkový plyn, plyn z čističiek odpadových vôd,
- bio metán.

**Neobnoviteľné zdroje energie** sú zdroje energie, ktoré sú v čase a priestore z pohľadu dĺžky ľudského života a potrieb spoločnosti vyčerpatelné. Sú to zdroje, ktoré sa ich využívaním postupne nenávratne vyčerpávajú. Slovensko má relatívne malé zásoby hnedého energetického uhlia, prakticky všetky ostatné neobnoviteľné zdroje sa dovážajú. Medzi neobnoviteľné zdroje patria:

- chemická energia fosílnych palív (uhlie, ropa, plyn, rašelina),
- jadrová (atómová) energia štíepnych palív.

Z pohľadu ich pôvodu ich môžeme rozdeliť na:

- *primárne zdroje energie – prírodné*, ktoré sa z pohľadu ich chemického zloženia delia na dve skupiny:
  - *organické* – kaustobiolity (uhlie, ropa, plyn, rašelina, bituminózne (asfaltické) piesky a bridlice) a
  - *anorganické* – minerálne (uránová ruda),
- *sekundárne zdroje energie – umelé* sú napríklad produkty štíepnej reakcie v reaktoroch – urán ( $^{235}\text{U}$ ) alebo plutónium ( $^{239}\text{Pu}$ ) vzniknuté z uránu ( $^{238}\text{U}$ ). Plyny z technologických procesov (svietiplyn, generátorový plyn syngas, kychtový plyn) a iné.

Z pohľadu konvenčnosti ich využívania ich môžeme rozdeliť na:

- *konvenčné zdroje energie* predstavujú piliere svetovej energetiky z pohľadu výroby tepla, výroby elektrickej energie a zdroja energie pre dopravu. Konvenčné zdroje energie sú: uhlie, ropa, zemný plyn, urán,
- *nekonvenčné zdroje energie* predstavujú doplnkový spôsob výroby energie, či už v energetike z pohľadu výroby tepla, výroby elektrickej energie, alebo zdroja energie pre dopravu. Nekonvenčné zdroje majú obvykle iba lokálny charakter, preto ich využívanie je viazané na blízkosť zdroja. Nekonvenčné zdroje energie sú: bituminózne bridlice, bituminózne piesky, rašelina a hydráty zemného plynu.

Premena energetického obsahu zdroja energie postupne až na elektrickú energiu sa deje podľa fyzikálnych zákonov s určitými energetickými stratami v technologických zariadeniach – elektrárnach. Často sa pojem elektrina zamieňa (zrejme neoprávnene) s pojmom elektrická energia. Elektrina je širší pojem. To znamená, že správne by sa mali používať v elektroenergetike základné pojmy elektrická energia a elektrina takto:



- **elektrickú energiu** vyrába výrobca. Veľkosť, ako technickej veličiny, sa meria na odbernom mieste elektromerom v **kW·h** alebo **kvar·h**. Kvalita elektrickej energie sa posudzuje kvalitatívnymi parametrami (STN EN 50160 – napätie, frekvencia, harmonické zložky, nesymetria, a pod.),
- **elektrinu** kupuje odberateľ ako tovar v požadovanej kvalite a množstve.

Cieľom tohto článku je na základe údajov zo Štatistického úradu Slovenskej republiky (ŠÚ SR) za roky 2006 – 2019 poukázať na variabilitu a vývoj zdrojov elektriny na Slovensku. Analýza bude pozostávať z ohodnotenia jednotlivých zložiek zdrojov a následne budeme sledovať vývoj týchto zdrojov za sledované obdobie.

## 2 Metodické prostriedky používané pri analýzach variability a vývoja zdrojov elektriny

Pre štatistický súbor je veľmi často charakteristická značná menlivosť (variabilita) zistených hodnôt  $x_1, x_2, \dots, x_n$ . Skutočnosť, že poznáme priemer, modus a medián, prípadne aj iné kvantily, ešte neznamená, že sme dostatočne opísali štruktúru štatistického súboru. Hoci sa napríklad priemery viacerých súborov rovnajú, podrobnejšou analýzou môžeme zistiť, že súbory môžu mať dosť odlišnú štruktúru. Variabilita sa zisťuje z údajov, kde sa berú do úvahy iba niektoré hodnoty alebo všetky zistené hodnoty. K mieram variability, pri výpočte ktorých **využívame všetky hodnoty** znaku, patria priemerná absolútna odchýlka, rozptyl a smerodajná (štandardná) odchýlka.

**Priemerná absolútna odchýlka** ( $\bar{d}$ ) je aritmetickým priemerom absolútnych odchýlok hodnôt  $x_i$  od ich aritmetického priemeru. Informuje nás, o koľko sa v priemere zistené hodnoty v štatistickom súbore odlišujú od ich aritmetického priemeru

$$\bar{d} = \frac{1}{n} \sum |x_i - \bar{x}| * n_i \quad (1)$$

**Rozptyl** ( $s^2$ ) je aritmetický priemer štvorcov (druhých mocnín) odchýlok zistených hodnôt od ich aritmetického priemeru.

$$s^2 = \frac{1}{n} \sum (x_i - \bar{x})^2 * n_i \quad (2)$$

Rozptyl je vypočítaný v štvorcoch meracích jednotiek. Preto ho nemožno logicky interpretovať. A tak je vhodnejšie použiť takú mieru variability, ktorá bude vyjadrená v pôvodných meracích jednotkách. Takouto mierou je odmocnina z rozptylu, ktorú nazývame štandardná (alebo smerodajná) odchýlka.

**Štandardná odchýlka** ( $s$ ) je odmocninou z rozptylu. Ak teda potrebujeme zistiť jej hodnotu, musíme najskôr vypočítať rozptyl (podľa okolností jednoduchý alebo vážený). Jeho odmocnením dostaneme štandardnú odchýlku:

$$s = \sqrt{s^2} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum (x_i - \bar{x})^2 * n_i} \quad (3)$$

Hoci rozptyl ani štandardnú odchýlku nemožno jednoducho logicky interpretovať, je zrejmé, že čím väčšia je variabilita hodnôt analyzovanej premennej (hodnoty odchýlok), tým väčšia je hodnota rozptylu, resp. štandardnej odchýlky. Rozptyl aj štandardná odchýlka sú veľmi citlivé na extrémne hodnoty. Stačí, ak je v súbore čo len jediná extrémna hodnota – druhá mocnina jej

odchýlky od priemeru významne zvýši celkovú sumu štvorcov odchýlok a tým aj hodnotu oboch mier variability. Tieto miery nie sú vhodné na porovnanie menlivosti dvoch alebo viacerých súborov.

Možnosť porovnania variability vo viacerých súboroch nám umožňujú relatívne miery variability. Podstata ich konštrukcie spočíva v porovnaní príslušnej absolútnej miery s aritmetickým priemerom (prípadne inou strednou hodnotou). Najdôležitejšie relatívne miery variability sú variačný koeficient a pomerná priemerná odchýlka.

**Variačný koeficient** je pomer štandardnej odchýlky a aritmetického priemeru. Často sa vyjadruje v percentách, takže ho vypočítame pomocou vzorca:

$$V_k = \frac{s}{\bar{x}} \cdot 100 \quad (4)$$

Čím je väčšia hodnota variačného koeficienta, tým väčšie percento predstavuje štandardná odchýlka z priemeru, čo znamená, že skúmaný súbor je menej rovnorodý.

**Pomerná priemerná odchýlka** je podiel priemernej absolútnej odchýlky (1) a aritmetického priemeru. Vyjadrenú v percentách ju vypočítame pomocou vzťahu:

$$\bar{d}_p = \frac{\bar{d}}{\bar{x}} \cdot 100 \quad (5)$$

Vyššie hodnoty pomernej priemernej odchýlky svedčia o vyššom stupni nerovnorodosti analyzovaného štatistického súboru.

Vývoj predstavuje porovnanie dvoch hodnôt toho istého ukazovateľa v dvoch obdobiach. Čiže ide o porovnanie súčasného stavu (bežného obdobia) so stavom minulým (základné obdobie). Potom:

- ak sa za minulé obdobie zoberie hodnota ukazovateľa vo zvolenom východiskovom (väčšinou najstaršom) období, dostaneme bázické indexy

$$\text{index bázický} = \frac{\text{ukazovateľ}_{\text{bežné obdobie}}}{\text{ukazovateľ}_{\text{bázické obdobie}}} \quad (6)$$

- ak sa za minulé obdobie zoberú hodnoty ukazovateľa v bezprostredne predchádzajúcom období, dostaneme koeficienty rastu, čiže reťazové indexy

$$\text{index reťazový} = \frac{\text{ukazovateľ}_{\text{bežné obdobie}}}{\text{ukazovateľ}_{\text{bezprostredne predchádzajúce obdobie}}} \quad (7)$$

Indexy môžu mať hodnotu menšiu, rovnú alebo väčšiu ako 1. Ak nadobudne hodnotu:

- menšiu ako 1 ( $i < 1$ ) – dochádza k poklesu – zníženiu ukazovateľa,
- rovnú 1 ( $i = 1$ ) – ukazovateľ sa nezmení a
- väčšiu ako 1 ( $i > 1$ ) – dochádza k nárastu – zvýšeniu ukazovateľa.

Na základe radu reťazových indexov môžeme vypočítať aj priemerné hodnoty vývoja jednotlivých ukazovateľov. Na výpočet sa môžu použiť rôzne metódy, napr. geometrický priemer z jednotlivých ročných koeficientov rastu, alebo tiež ako  $(T - 1)$ -á odmocnina podielu poslednej a prvej hodnoty, kde  $T$  je počet sledovaných období.

Priemerné hodnoty vývoja vypočítame nasledovne:

$$\text{priemerný vývoj} = \sqrt[T-1]{i_{2/1} * i_{3/2} * \dots * i_{T/T-1}} \quad (8)$$

$$\text{priemerný vývoj} = \sqrt[T-1]{\frac{\text{ukazovateľ}_{\text{posledná hodnota}}}{\text{ukazovateľ}_{\text{prvá hodnota}}}} \quad (9)$$

Vývoj alebo priemerný vývoj vyjadrovaný pomocou indexov sa dá lepšie pochopiť, ak sa prenásobí číslom 100. Takto túto hodnotu dostaneme v percentách. Po odrátaní stovky od vývoja v percentách dostávame už prírastok (úbytok) v percentách daného ukazovateľa. Ak je hodnota záporná, ide o pokles o percentá, ak je hodnota kladná, ide o nárast o dané percentá. Priemerný prírastok/úbytok sa vypočíta nasledovne:

$$\text{priemerný prírastok} = \frac{\text{ukazovateľ}_{\text{bežné obdobie}} - \text{ukazovateľ}_{\text{bázické obdobie}}}{\text{počet sledovaných období} - 1} \quad (10)$$

### 3 Analýza zdrojov elektriny na Slovensku za roky 2006 – 2019

Ukazovateľ zdroje elektriny na Slovensku predstavuje súčet výroby elektriny (vyrábaných v tepelných, vodných a jadrových zariadeniach), dovozu elektriny (položka, ktorá zvyšuje zdroje elektriny) a vývozu elektriny (položka, ktorá znižuje zdroje elektriny). Z údajov databázy Datacube ŠÚ SR zostavíme najprv celkový prehľad o zdrojoch elektriny na Slovensku za roky 2006 až 2019.

Tab. 1: Zdroje elektriny v GWh na Slovensku v rokoch 2006 – 2019

Ukazovateľ	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Výroba elektriny	31 354	27 949	29 488	26 214	27 430	27 704	27 922	27 870	26 102	25 669	25 521	26 649	25 381	27 806
z toho zariadenia:														
» tepelné	8 782	8 026	8 392	7 370	7 226	8 186	8 038	7 026	5 985	6 263	6 021	6 080	5 971	7 097
» vodné	4 560	4 588	4 391	4 763	5 630	4 105	4 389	5 125	4 497	4 260	4 727	4 772	3 903	4 542
» jadrové	18 012	15 335	16 705	14 081	14 574	15 413	15 495	15 719	15 620	15 146	14 773	15 125	14 843	15 505
» iné	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	672	664	662
Dovoz	8 591	12 729	8 532	8 336	6 657	10 860	13 422	10 673	12 927	14 956	13 249	15 563	12 427	13 536
Vývoz	10 920	11 853	8 889	7 680	6 292	10 498	13 078	10 626	11 861	12 608	10 596	12 533	8 746	11 837
Zdroje spolu	29 025	28 825	29 131	26 870	27 795	28 066	28 266	27 917	27 168	28 017	28 174	29 679	29 062	29 505

Zdroj: ŠÚ SR a vlastné spracovanie

Najdôležitejšou zložkou zdrojov elektriny na Slovensku je jej samotná výroba. Na Slovensku sa elektrika vyrába v tepelných, vodných a jadrových zariadeniach. Od roku 2017 výroba elektriny zahŕňa aj výrobu z iných zdrojov (veterné, solárne a iné). Táto výroba však predstavuje ročne iba okolo 2,5 % z celkového množstva vyrobenej elektriny na Slovensku. Výroba elektriny okrem roku 2006 bola vždy nižšia ako celkové zdroje elektriny. Po roku 2007 sa začalo dovážať stále viac a viac elektriny, čo spôsobilo, že výroba v každom ďalšom roku bola nižšia ako v roku 2006. Iba v rokoch 2006 a 2008 bol dovoz elektriny menší ako jej vývoz.

Tab. 2: Vývoj zdrojov elektriny (v GWh) na Slovensku v rokoch 2006 – 2019  
pomocou bazických indexov

Ukazovateľ	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Výroba elektriny	1,0000	0,8914	0,9405	0,8361	0,8748	0,8836	0,8905	0,8889	0,8325	0,8187	0,8140	0,8499	0,8095	0,8868
z toho zariadenia:														
» tepelné	1,0000	0,9139	0,9556	0,8392	0,8228	0,9321	0,9153	0,8000	0,6815	0,7132	0,6856	0,6923	0,6799	0,8081
» vodné	1,0000	1,0061	0,9629	1,0445	1,2346	0,9002	0,9625	1,1239	0,9862	0,9342	1,0366	1,0465	0,8559	0,9961
» jadrové	1,0000	0,8514	0,9274	0,7818	0,8091	0,8557	0,8603	0,8727	0,8672	0,8409	0,8202	0,8397	0,8241	0,8608
» iné	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,9881	0,9851
Dovoz	1,0000	1,4817	0,9931	0,9703	0,7749	1,2641	1,5623	1,2423	1,5047	1,7409	1,5422	1,8115	1,4465	1,5756
Vývoz	1,0000	1,0854	0,8140	0,7033	0,5762	0,9614	1,1976	0,9731	1,0862	1,1546	0,9703	1,1477	0,8009	1,0840
Zdroje spolu	1,0000	0,9931	1,0037	0,9258	0,9576	0,9670	0,9739	0,9618	0,9360	0,9653	0,9707	1,0225	1,0013	1,0165

Zdroj: ŠÚ SR a vlastné spracovanie

Vývoj jednotlivých zdrojov elektriny na Slovensku za sledované obdobie má dve tendencie. Samotná výroba poklesla oproti prvému obdobiu. Najviac poklesla výroba elektriny v tepelných zariadeniach a potom aj v jadrových. Druhou tendenciou je nárast dovozu a vývozu elektriny, pričom je to markantné hlavne pri dovoze, ktorý sa zvýšil oproti prvému obdobiu o viac ako 50 %. Dokumentuje to aj Graf 1, kde čiara dovozu jasne prevyšuje všetky zložky zdrojov.

Celkové zdroje elektriny sa medziročne skoro nevyvíjali, to znamená, že priemerný ročný prírastok za 14 rokov bol iba 0,13 %-ný za každý rok, čo v absolútnom vyjadrení predstavuje iba 36,92 GWh ročne. Možno je zapríčinené tým, že elektrina sa ťažko skladuje a malo by jej byť toľko, koľko sa spotrebuje na Slovensku. Bližšie si to objasníme pomocou výpočtov priemerných hodnôt vývoja.

$$\text{priemerný vývoj zdrojov} = \sqrt[14-1]{\frac{29\,505}{29\,025}} = \sqrt[13]{1,0165375} = \mathbf{1,0013}$$

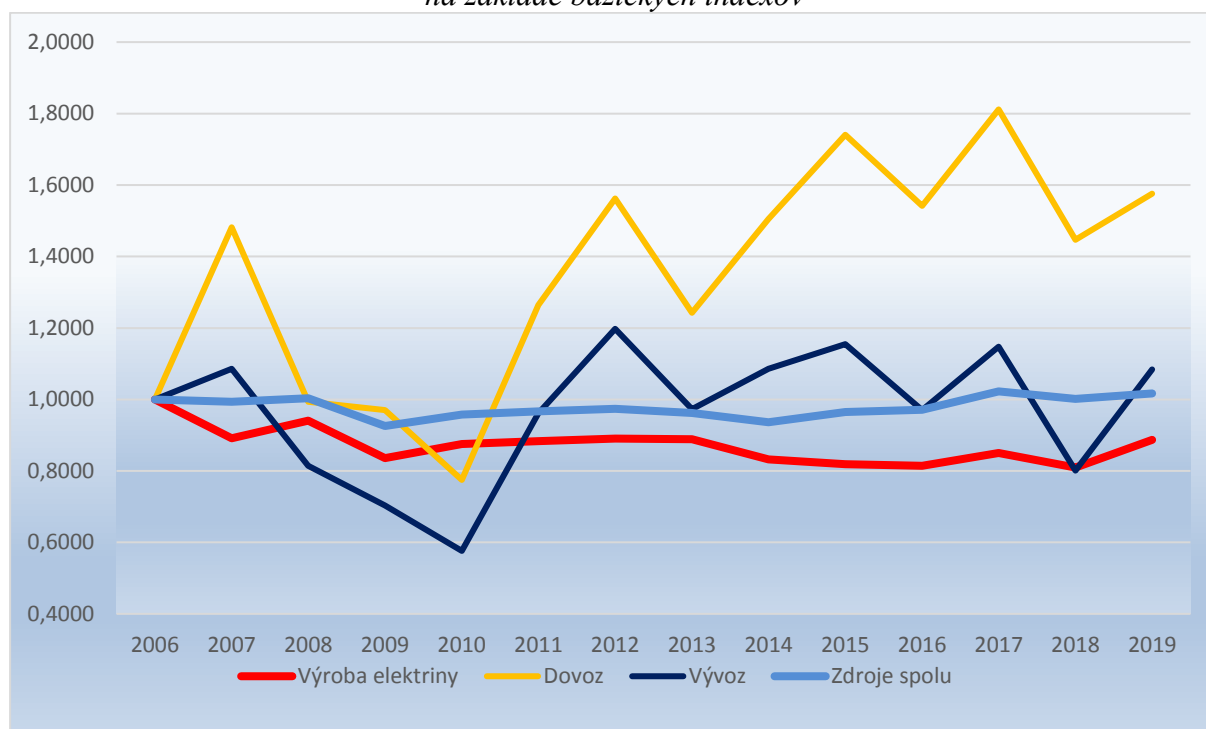
$$\text{priemerný prírastok zdrojov} = \frac{29\,505 - 29\,025}{14 - 1} = \frac{480}{13} = \mathbf{36,92\ GWh}$$

Pomocou takto vypočítaných priemerných veličín sme zostavili tabuľku, v ktorej môžeme vidieť, ako sa priemerne vyvíjali jednotlivé zložky zdrojov elektriny aj samotné zdroje.

Z tabuľky vidíme, že pri samotnej výrobe elektriny, ale aj pri jednotlivých zariadeniach, ktoré túto elektrinu vyrábajú, sú hodnoty priemerného vývoja menšie ako 1. Toto znamená, že priemerne ročne nenarástli, ale poklesli. Hoci pokles nie je veľký (od 0,03 % pri vodných elektrárňach do 1,63 % pri tepelných elektrárňach), celkove sa za všetky druhy zariadení znižovala výroba elektriny ročne o 272,92 GWh, ktoré sme museli potom dovážať.

A práve dovoz a vývoz elektriny sú zložky, ktoré majú priemerné ukazovatele väčšie ako hodnota 1. Takže rástli, vývoz síce menej (o 0,62 %, t. j. o 70,54 GWh ročne) a dovoz dokonca o 3,56 %, čo je o 380,38 GWh ročne.

Graf 1: Vývoj zdrojov elektriny (v GWh) na Slovensku v rokoch 2006 – 2019  
na základe základných indexov



Zdroj: vlastné spracovanie

Tab. 3: Priemerný vývoj a priemerný prírastok zdrojov elektriny (v GWh)  
na Slovensku v rokoch 2006 – 2019

Ukazovateľ	Priemerný vývoj	Priemerný prírastok	
		relatívny	absolútny
<b>Výroba elektriny</b>	0,9908	-0,92%	-272,92
<b>z toho zariadenia:</b>			
» tepelné	0,9837	-1,63%	-129,62
» vodné	0,9997	-0,03%	-1,38
» jadrové	0,9885	-1,15%	-192,85
» iné <sup>1)</sup>	0,9925	-0,75%	-0,77
<b>Dovoz</b>	1,0356	3,56%	380,38
<b>Vývoz</b>	1,0062	0,62%	70,54
<b>Zdroje spolu</b>	1,0013	0,13%	36,92

<sup>1)</sup> údaje sú počítané iba za roky 2017 – 2019

Zdroj: vlastné spracovanie

Z pohľadu zariadení, ktoré vyrábajú elektrinu, sa jej najviac vyrába v jadrových zariadeniach, viac ako 50 %, potom v tepelných a vodných zariadeniach. Dokumentuje to aj Tab. 4, v ktorej sú podiely jednotlivých zariadení na celkovej výrobe. Najväčšie podiely dosiahli jadrové zariadenia v rokoch 2014 a 2015, a to viac ako 59 % z celkovej výroby elektriny. Bolo to v čase, kedy podiel tepelných zariadení poklesol na jednu z najnižších hodnôt. Podiel tepelných zariadení sa sledované obdobie pohyboval v hraniciach od 22,82 % (2017) do hodnoty 29,55 % (2011). Podiel výroby elektriny z vodných zariadení sa pohyboval v rozmedzí od 14,54 % (2006) do 18,52 % (2016). Iba v jednom roku (2010) dosiahol podiel výroby elektriny z vodných zariadení podiel väčší ako 20 %. Bolo to 20,52 % a bolo to v roku, kedy jadrové zariadenia mali najnižší podiel, iba 53,13 %. Vyzerá to tak, akoby vodné

zariadenia v tom roku kompenzovali výpadok jadrových zariadení na podiele výroby elektriny.

*Tab. 4: Vývoj výroby elektriny (v GWh) na Slovensku v rokoch 2006 – 2019  
v jednotlivých zariadeniach*

Ukazovateľ	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
<b>Zariadenia:</b>														
» tepelné	8 782	8 026	8 392	7 370	7 226	8 186	8 038	7 026	5 985	6 263	6 021	6 080	5 971	7 097
» » podiel v %	28,01%	28,72%	28,46%	28,11%	26,34%	29,55%	28,79%	25,21%	22,93%	24,40%	23,59%	22,82%	23,53%	25,52%
» vodné	4 560	4 588	4 391	4 763	5 630	4 105	4 389	5 125	4 497	4 260	4 727	4 772	3 903	4 542
» » podiel v %	14,54%	16,42%	14,89%	18,17%	20,52%	14,82%	15,72%	18,39%	17,23%	16,60%	18,52%	17,91%	15,38%	16,33%
» jadrové	18 012	15 335	16 705	14 081	14 574	15 413	15 495	15 719	15 620	15 146	14 773	15 125	14 843	15 505
» » podiel v %	57,45%	54,87%	56,65%	53,72%	53,13%	55,63%	55,49%	56,40%	59,84%	59,01%	57,89%	56,76%	58,48%	55,76%
» ostatné	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	672	664	662
» » podiel v %	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2,52%	2,62%	2,38%
<b>Výroba spolu</b>	<b>31 354</b>	<b>27 949</b>	<b>29 488</b>	<b>26 214</b>	<b>27 430</b>	<b>27 704</b>	<b>27 922</b>	<b>27 870</b>	<b>26 102</b>	<b>25 669</b>	<b>25 521</b>	<b>26 649</b>	<b>25 381</b>	<b>27 806</b>
» » v %	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%

Zdroj: vlastné spracovanie

Vývoj výroby všetkých druhov zdrojov elektriny na Slovensku v roku 2019 medziročne vzrástol, iba z iných zdrojov (veterné, solárne a iné) došlo k poklesu ale iba o 0,30 %.

*Tab. 5: Vývoj zdrojov elektriny (v GWh) na Slovensku v rokoch 2006 – 2019  
pomocou reťazových indexov*

Ukazovateľ	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
<b>Výroba elektriny</b>	-	0,8914	1,0551	0,8890	1,0464	1,0100	1,0079	0,9981	0,9366	0,9834	0,9942	1,0442	0,9524	1,0955
<b>z toho zariadenia:</b>														
» tepelné	-	0,9139	1,0456	0,8782	0,9805	1,1329	0,9819	0,8741	0,8518	1,0464	0,9614	1,0098	0,9821	1,1886
» vodné	-	1,0061	0,9571	1,0847	1,1820	0,7291	1,0692	1,1677	0,8775	0,9473	1,1096	1,0095	0,8179	1,1637
» jadrové	-	0,8514	1,0893	0,8429	1,0350	1,0576	1,0053	1,0145	0,9937	0,9697	0,9754	1,0238	0,9814	1,0446
» iné	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	-	0,9881	0,9970
<b>Dovoz</b>	-	1,4817	0,6703	0,9770	0,7986	1,6314	1,2359	0,7952	1,2112	1,1570	0,8859	1,1747	0,7985	1,0892
<b>Vývoz</b>	-	1,0854	0,7499	0,8640	0,8193	1,6685	1,2458	0,8125	1,1162	1,0630	0,8404	1,1828	0,6978	1,3534
<b>Zdroje spolu</b>	-	0,9931	1,0106	0,9224	1,0344	1,0097	1,0071	0,9877	0,9732	1,0313	1,0056	1,0534	0,9792	1,0152

Zdroj: vlastné spracovanie



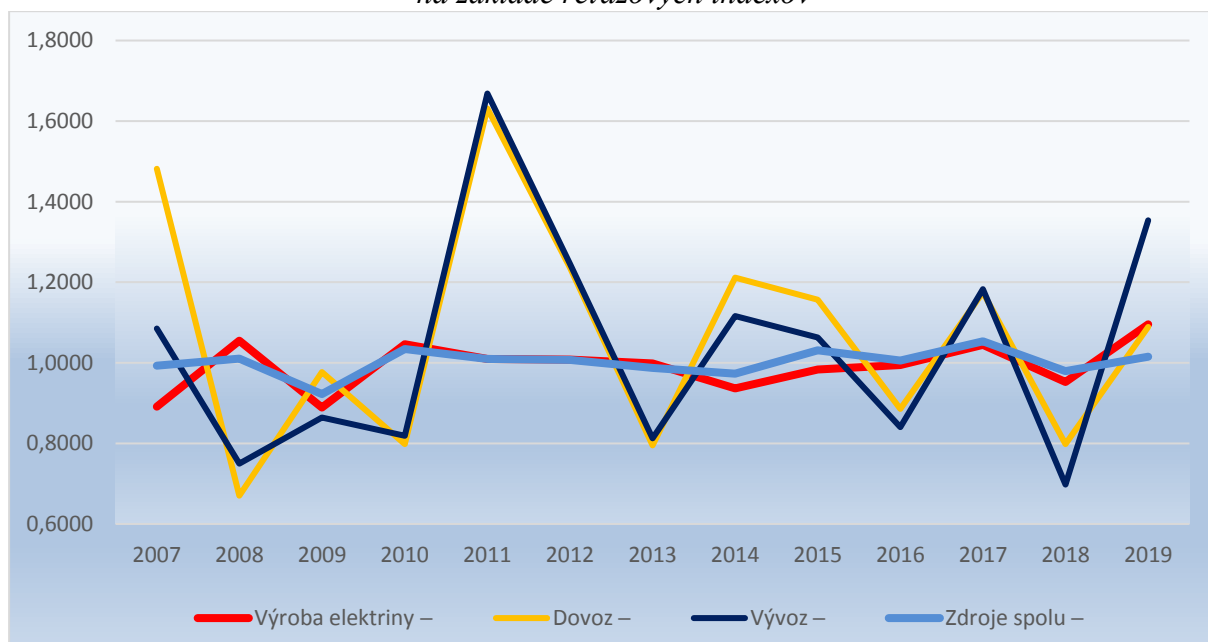
Tab. 6: Variabilita pri zdrojoch elektriny na Slovensku v rokoch 2006 – 2019

Zdroje elektriny	Ukazovateľ	Roky 2006 – 2019
Výroba elektriny	Priemer	27 356,14
	Rozptyl	2 541 338,27
	Štandardná odchýlka	1 594,16
	Priemerná absolútna odchýlka	1 239,12
	Variačný koeficient	5,83%
	Pomerná priemerná absolútna odchýlka	4,53%
z toho zariadenia: tepelné	Priemer	7 170,71
	Rozptyl	920 899,78
	Štandardná odchýlka	964,83
	Priemerná absolútna odchýlka	832,14
	Variačný koeficient	13,46%
	Pomerná priemerná absolútna odchýlka	11,60%
vodné	Priemer	4 589,43
	Rozptyl	168 399,67
	Štandardná odchýlka	410,37
	Priemerná absolútna odchýlka	285,69
	Variačný koeficient	8,94%
	Pomerná priemerná absolútna odchýlka	6,22%
jadrové	Priemer	15 453,29
	Rozptyl	851 855,63
	Štandardná odchýlka	922,96
	Priemerná absolútna odchýlka	519,47
	Variačný koeficient	5,97%
	Pomerná priemerná absolútna odchýlka	3,36%
Dovoz	Priemer	11 604,14
	Rozptyl	6 816 780,27
	Štandardná odchýlka	2 610,90
	Priemerná absolútna odchýlka	2 282,27
	Variačný koeficient	22,50%
	Pomerná priemerná absolútna odchýlka	19,67%
Vývoz	Priemer	10 572,64
	Rozptyl	3 725 175,37
	Štandardná odchýlka	1 930,07
	Priemerná absolútna odchýlka	1 536,89
	Variačný koeficient	18,26%
	Pomerná priemerná absolútna odchýlka	14,54%
Zdroje spolu	Priemer	28 387,64
	Rozptyl	649 469,66
	Štandardná odchýlka	805,90
	Priemerná absolútna odchýlka	689,73
	Variačný koeficient	2,84%
	Pomerná priemerná absolútna odchýlka	2,43%

O tom, či sú v časových radoch veľké výkyvy, alebo je daný časový rad stabilný, hovoria aj základné miery variability daného súboru. Najrovnomernejšie sú rozmiestnené hodnoty zdrojov spolu. Táto položka vykazuje najmenšie hodnoty variačného koeficienta (2,84 %) a aj pomernej priemernej absolútnej odchýlky (2,43%). Dokumentujú to aj reťazové indexy, ktoré oscilujú okolo hodnoty 1 (Graf 2). Čiara zdrojov spolu sa prekrýva s čiarou výroby elektriny, variačný koeficient (5,83 %) ani pomerná priemerná absolútna odchýlka (4,53 %) sú o niečo vyššie ako ukazovatele pre zdroje spolu. Zapríčinili to hlavne začiatok a koniec časového radu, kedy hodnoty variability boli väčšie ako pri zdrojoch spolu.

Pritom dovoz a vývoz elektriny sú veličiny, kde variabilita je mnohonásobne vyššia. Tie dva druhy zdrojov jednoznačne hovoria o veľkej variabilite v medziročných prírastkoch a úbytkoch hodnôt. Pri dovoze sme zistili najvyšší prírastok až o 63,14 % (4 203 GWh) v roku 2011. V tomto roku došlo aj k najväčšiemu medziročnému prírastku pri vývoze elektriny o 66,85 % (4 206 GWh). Čiara dovozu prekrýva v značnej miere čiaru vývozu. Akurát do roku 2010 sa trochu odlišujú. Variabilita dovozu vykazuje najvyššie hodnoty variačného koeficienta (22,50 %) aj pomernej priemernej absolútnej odchýlky (19,67 %), vývoz zase o niečo menej variačný koeficient (18,26 %) a pomerná priemerná absolútna odchýlka (14,54 %). Túto zvýšenú variabilitu (odchýlky) možno postrehnúť aj na Grafe 2 ako čiary, ktoré sa odlišujú od pomyselnej priamky.

Graf 2: Vývoj zdrojov elektriny (v GWh) na Slovensku v rokoch 2006 – 2019 na základe reťazových indexov



Zdroj: vlastné spracovanie

#### 4 Záver

Zdrojmi elektrickej energie obvykle nazývame také zariadenia alebo technologické celky, ktoré sú schopné poskytnúť na svojom výstupe spoľahlivo presne definovanú kvalitu elektrickej energie. Zdroje elektrickej energie sú určené na napájanie elektrizačných sústav, prenosových vedení, elektrických sietí a elektrických spotrebičov.

Z hľadiska elektro energetiky majú najväčší význam stredné a veľké zdroje, ktoré predstavujú základnú štruktúru výkonových záloh v elektrizačnej sústave. Malé zdroje môžu poslúžiť pre elektrizačnú sústavu iba ako doplnkové zdroje, prípadne ako zdroje so špeciálnym určením (špičkové zdroje, záložné zdroje, autonómne zdroje a pod.).

Základnú štruktúru v elektrizačnej sústave Slovenska tvoria predovšetkým jadrové zariadenia, ktoré už v súčasnej dobe produkujú skoro 60 % elektriny. Druhú položku v spomínanej štruktúre stále držia tepelné zariadenia, ktoré však v dôsledku toho, že Slovensko má relatívne malé zásoby hnedého energetického uhlia a postupne sa utlmuje jeho ťažba, podiel tejto skupiny zariadení na výrobe elektriny bude do budúcnosti určite klesať.

Nekonvenčné zdroje energie predstavujú doplnkový spôsob výroby energie, či už v energetike z pohľadu výroby tepla, výroby elektrickej energie, alebo zdroja energie pre dopravu. Nekonvenčné zdroje majú obvykle iba lokálny charakter, preto ich využívanie je viazané na blízkosť zdroja.

Primárnymi zdrojmi energie nazývame suroviny, ktoré sa môžu použiť v prírodnej forme. Je to napríklad uhlie, ropa, zemný plyn, jadrová energia alebo obnoviteľné zdroje energie. Keďže fosílné primárne zdroje energie sú obmedzené a silne zaťažujú životné prostredie, mnoho štátov čoraz viac využíva obnoviteľné zdroje energie. Tie sa považujú za nevyčerpatelne a mimoriadne čisté.

Obnoviteľné zdroje energie znamenajú podľa Smernice EK 2001/77 obnoviteľné nefosílné zdroje energie (veternú, solárnu, geotermálnu energiu, energiu vln a príboja, vodnú energiu, energiu z biomasy, zo skládkových plynov, z plynov z čistiarní odpadových vôd a z bioplynov).

Podľa zákona č. 309/2009 Z. z. o energetike sa obnoviteľným zdrojom energie rozumie zdroj, ktorého energetický potenciál sa trvalo obnovuje prírodnými procesmi alebo činnosťou ľudí. Ide o nasledujúce zdroje: vodná energia, slnečná energia, veterná energia, geotermálna energia, biomasa vrátane všetkých produktov jej spracovania, bioplyn, skládkový plyn, plyn z čističiek odpadových vôd, bio metán.

Na tieto zdroje by sa malo Slovensko predovšetkým sústreďovať do budúcnosti.

## Literatúra

- [1] Chajdiak, J. a kol. (1989). *Ekonomická štatistika Príklady*. Bratislava: Alfa, 1989. ISBN 80-05-00113-4.
- [2] Kotlebová, E. a kol. (2017). *Štatistika pre bakalárov v praxi*. Bratislava: Vydavateľstvo Ekonóm. ISBN 978-80-225-4366-8.
- [3] Sodomová, E. a kol. (2019). *Hospodárska štatistika II*. Bratislava: Vydavateľstvo Ekonóm. ISBN 978-80-225-4607-2.
- [4] Sodomová, E. a kol. (2013). *Štatistika pre bakalárov*. Bratislava: Vydavateľstvo Ekonóm. ISBN 978-80-225-3614-1.
- [5] Zákon č. 309/2009 Z. z. – zákon o podpore obnoviteľných zdrojov energie a vysoko účinnej kombinovanej výroby a o zmene a doplnení niektorých zákonov.
- [6] Smernica Európskeho parlamentu a Rady č. 2001/77/ES z 27. januára 2001 o podpore elektrickej energie vyrábanej z obnoviteľných zdrojov energie na vnútornom trhu s elektrickou energiou.
- [7] [www.statistics.sk](http://www.statistics.sk).

## Ekonomický kapitál a agregácia životných rizík využitím Claytonovej kopule

Ivana Faybíková<sup>1</sup>

### Abstrakt

Príspevok sa venuje životným rizikám – životnému poistnému riziku, teda úmrtnosti, chorobnosti a dlhovekosti a životnému biznis riziku, ktoré bližšie súvisí s upisovacou činnosťou v rámci životného poistenia a existenciou životných poistných zmlúv. Okrem definovania rizík a ich rizikových faktorov sa v príspevku venujeme aj termínom z oblasti manažmentu a modelovania rizík a veľmi modernému nástroju pre odhad ekonomického kapitálu komerčnej poisťovne – kopuliam. V príspevku popisujeme tiež funkciu straty životných rizík. V závere príspevku sa venujeme jednoduchej agregácii a odhadu ekonomického kapitálu životného poistného a životného biznis rizika za pomoci Claytonovej kopuly.

### Kľúčové slová

životné poistné riziko, životné biznis riziko, kopula, ekonomický kapitál

### Abstract

The article deals with life risks – life insurance risk, composed of mortality, morbidity and longevity risks and life business risk, which is more closely related to underwriting activities within life insurance business and the existence of life insurance contracts. In addition to defining risks and their risk factors, the article also deals with terms from the field of risk management and risk modeling and a very modern tool for estimating the economic capital of a commercial insurance company – copulas. In the article we also describe the function of loss of life risks. At the end of the article we deal with a simple aggregation and estimation of the economic capital of life insurance and life business policy with the help of Clayton's dome.

### Key words

Life Liability Risk, Life Business Risk, Copula, Economic Capital

### JEL classification

G22, C15

## 1 Úvod

Životné riziká nepatria v životnej poisťovni k tým najvýznamnejším z pohľadu držby kapitálu, nakoľko tvoria dokopy zvyčajne len do 20 % z celkového požadovaného kapitálu poisťovne, no ich modelovanie je veľmi špecifické a väčšinou založené na stresových scenároch. Mnohé poisťovne medzi životné riziká zahŕňajú poistné riziká, pandemické riziká a životné biznis riziko súvisiace so zmenami v poisťovacom biznise, no každá poisťovňa má jedinečný pohľad na samotné modelovanie rizík. Modelovanie úzko súvisí s metodológiou, ktorú poisťovňa využíva. Medzi najvyužívanejšie metodológie odhadu kapitálu patrí direktíva Solventnosť II či Swiss Solvency Test, pričom poisťovne môžu využiť v rámci spomínaných metodológií rôzne prístupy. Pri Solventnosti II je to spôsob odhadu kapitálu (SCR – *Solvency Capital Requirement*) pomocou štandardného vzorca (*Standard Formula*), parciálneho

<sup>1</sup> Ekonomická univerzita v Bratislave, Fakulta hospodárskej informatiky, Katedra matematiky a aktuárstva, Dolnozemska cesta 1/b, 825 35 Bratislava, ivana.faybikova@euba.sk

interného modelu či úplného interného modelu. Na Slovensku, nakoľko podliehame podmienkam Európskej únie, komerčné poisťovne najčastejšie kvantifikujú hodnotu kapitálu podľa štandardného vzorca definovaného v direktíve Solventnosť II, no postupne môžeme vidieť trend prechodu na parciálny interný model. Hlavným dôvodom je nadhodnotenie kapitálu, ku ktorému dochádza práve pri prístupe štandardného vzorca a teda jeho nadmerná držba v rámci poisťovne. Vo všeobecnosti môžeme povedať, že nadhodnotenie kapitálu v poisťovni môže mať výrazný negatívny dopad na biznis poisťovne a práve preto sa aplikuje parciálny interný model najčastejšie na najvýznamnejšie riziko, ktorému životná poisťovňa podlieha – trhové riziko.

V príspevku sa budeme venovať teoretickému vymedzeniu životných rizík a ich súčastí podľa interného modelu medzinárodnej komerčnej poisťovne a tiež metodológii tvorby funkcie straty pre životné poistné riziko a životné biznis riziko. Modelovanie funkcie straty je kľúčom k odhadu hodnoty rizika, pretože vďaka nej vieme vygenerovať rozdelenie strát a ziskov, ktoré je následne vstupom do procesu agregácie rizík. V závere príspevku predstavíme zjednodušený model využitia Claytonovej kopule na agregáciu životných rizík s určením konečnej hodnoty rizík s mierou odhadu Expected Shortfall 99 % na 20 000 simuláciách. Budeme pracovať s jednou reportovacou jednotkou  $X$ , pričom zanedbáme prepojenie na iné reportovacie a účtovné jednotky. Veľmi dôležité je tiež poznamenať, že odhadovaný kapitál je stanovený pre 1-ročný horizont a slúži na zabezpečenie solventnosti poisťovne pri danej miere spoľahlivosti.

## 2 Životné riziká komerčnej poisťovne

Odhad hodnoty požadovaného kapitálu je v komerčnej poisťovni realizovateľný vďaka vzájomnej kooperácii viacerých oddelení, najmä aktuárskych oddelení a oddelení manažmentu rizík. V prípade životného poistenia aktuári pripravujú projekcie budúcich cash flow pre portfólio zmlúv poisťovne pre rôzne stresové scenáre, ktoré definuje daná metodológia výpočtu kapitálu, alebo oddelenie manažmentu rizík a ktoré následne postupujú oddeleniu rizík, ktoré ich spracujú do finálnej hodnoty. Pre úplné pochopenie problematiky definujeme niekoľko pojmov, s ktorými sa budeme v jednotlivých častiach príspevku stretávať:

**Riziko** môžeme zadefinovať ako premennú, ktorá môže spôsobiť odchýlku od očakávaného výsledku – stratu, nebezpečie či nepriaznivé následky v dôsledku vzniku škodovej udalosti. V poisťovníctve najčastejšie definujeme riziko ako nastanie novej udalosti, ktorá nepriaznivo ovplyvňuje chod poisťovne, vrátane nenaplnenia jej stratégií.

**Najlepší odhad** (*best estimate*) je odhad nejakého predpokladu (napr. miery úmrtnosti) alebo záväzku (napr. cash-flow založený na bezrizikových výnosových krivkách), ktorý nie je ani príliš optimistický, ani príliš prudérny. Teda pri použití najlepších odhadov pri projekcii cash flow existuje 50% šanca, že skutočné cash flow budú nižšie alebo vyššie ako sme očakávali v danej projekcii.

**Expected Shortfall (ES)** je miera rizika využívaná pri odhade požadovaného kapitálu, ktorá je senzitívna na tvar chvosta rozdelenia, nakoľko je počítaná ako priemer  $n$  najhorších/najlepších scenárov v závislosti od požadovanej pravdepodobnosti. Na porovnanie, veľmi často využívaná miera *Value-at-Risk* zanedbáva tvar chvosta rozdelenia, pretože jej hodnotou je konkrétny kvantil (najčastejšie 99, 5 %). Použitie miery ES pri výpočte kapitálu nájdeme v metodológii *Swiss Solvency Test* (SST), ktorá je povinnou pre všetky Švajčiarske poisťovne, pričom jednotlivé prístupy využívané poisťovňami, rovnako ako výsledky poisťovní, sú kontrolované Švajčiarskym regulátorom pre finančné trhy – FINMA (*Eidgenössische Finanzmarktaufsicht*). Expected Shortfall môžeme v literatúre nájsť aj pod názvami *Conditional Value-at-Risk* (CvaR) alebo *Tail Value-at-Risk* (TvaR).

**Ekonomický kapitál** predstavuje množstvo kapitálu, ktorým poisťovňa potrebuje disponovať, aby zostala solventná v priebehu jedného roka aj v prípade, ak by nastali

neočakávané straty spôsobené udalosťami (rizikami), ktoré sa vyskytujú raz za 100, 200 rokov a ktoré môžu mať zničujúci dopad na poisťovňu. Špecifickým typom ekonomického kapitálu je regulatórny kapitál, ktorý podlieha metodológiám a prístupom určených regulátormi (poznáme *Required Capital* (IAIS)/ *Target Capital* (SST)/ *Solvency Capital Requirement* (SII)).

**Exposure** môžeme veľmi jednoducho zdefinovať ako maximálnu výšku škody, ktorá vznikne, ak dôjde ku škodovej udalosti. Zvyčajne je hodnota exposure odhadovaná reportovacími jednotkami pre jednotlivé riziká a rizikové faktory. Exposure je jedným z hlavných vstupov potrebných pre odhad ekonomického kapitálu.

**Reportovacia jednotka** – pod týmto pojmom je dôležité predstaviť si účtovnú jednotku, ktorá tvorí biznis pod svojim menom a štatútom. Následne takéto reportovacie jednotky vieme agregovať v rámci krajiny pôsobenia, oblasti zamerania, regiónu či príslušnosti k nadradeným jednotkám.

**Strata a zisk** (*loss/gain*) a ich modelovanie sú kľúčovými procesmi pri odhade požadovaného kapitálu poisťovne. Na to, aby mala poisťovňa kvalitné simulácie strát (najčastejšie sa simuluje na 200 000 simuláciách) ako podklad pre odhad kapitálu, musí si zvoliť vhodné parametre, pričom môže využívať historické dáta, kopuly, dostupné dáta od dátových spoločností ako Bloomberg, expertný odhad a iné. V životnom poistení pri určovaní kapitálu je využívaný špecifický prístup založený na stresových scenároch, ktoré sú aplikované navýšením najlepších odhadov predpokladov. Ako príklad uvedieme mieru úmrtnosti, ktorú odhadujeme pre daný rok a pre danú reportovaciu jednotku na úrovni 35 %. Aby sme zabránili situácii, kedy miera úmrtnosti výrazne narastie a s ňou aj poistné plnenia, na ktoré poisťovňa nie je kapitálovo pripravená, aplikuje sa stresový scenár alebo “stres“, ktorý navýši mieru úmrtnosti o 60 %. Takýto stres sa aplikuje na projekciu cash-flow zo zmlúv v portfóliu. Takéto projekcie sa zvyčajne modelujú v špecializovaných aktuárskych softvéroch ako je napríklad Prophet a ich výstupom býva aj exposure.

## 2.1 Životné poistné riziko

Vo všeobecnosti môžeme životné poistné riziko (*LIL – Life Liability Risk*) definovať ako riziko strát v dôsledku neočakávaného a-alebo nepriaznivého vývoja v oblasti úmrtnosti, zdravotného postihnutia a chorobnosti. K životnému poistnému riziku je tiež pridávaná zložka pandemického rizika, no zvyčajne nie je priamo modelovaná spolu s ostatnými zložkami životného poistného rizika.

Obr. 1: Životné poistné riziko a prislúchajúce rizikové faktory



Zdroj: Swiss Solvency Test metodológia, vlastné spracovanie

Samotné životné poistné riziko je zložené z rizikových faktorov (*risk drivers*), ktorými sú:

- riziko úmrtnosti (*mortality risk*) – popisuje potenciálne zmeny v miere úmrtnosti, pričom zvýšená miera úmrtnosti znižuje dostupný kapitál poisťovne v prípade poisťných zmlúv na úmrtie.
- riziko chorobnosti (*morbidity risk*) – popisuje potenciálne nepriaznivé zmeny v miere incidencie, t.j. chorobnosti, invalidity a zotavení. V modeli sú samostatne kalibrované stresy na riziká incidencie a zotavenia, aj keď sú neskôr spoločne modelované v jednom faktore rizika morbidity.
- riziko dlhovekosti (*longevity risk*) – popisuje potenciálne zmeny v dĺžke života poistených osôb, pričom znížená úmrtnosť znižuje disponibilný kapitál poisťovne v prípade poisťných zmlúv, ktoré vyplácajú dôchodky.

Životné poistné riziko je obsiahnuté v biometrických predpokladoch použitých pri určovaní dostupného kapitálu. Tieto predpoklady odrážajú aktuárske najlepšie odhady budúcich udalostí, ktoré pravdepodobne vyplynú z upísaného biznisu (upísané poistné kontrakty). Tieto predpoklady sa používajú pri projekciách pravdepodobnostných tokov záväzkov a ziskov, ktoré sú dôležité pre výkonný manažment, akcionárov či investorov. Akékoľvek odchýlky alebo zmeny týchto predpokladov môžu ovplyvniť načasovanie a/alebo veľkosť zisku v porovnaní s očakávaniami.

## 2.2 Životné biznis riziko

Životné biznis riziko je riziko strát v dôsledku neočakávaného a/alebo nepriaznivého vývoja v oblasti nákladov a perzistencie zmluv. K životnému biznis riziku môžeme pripojiť aj riziko z neočakávaného poklesu nových kontraktov v nasledujúcom roku, pričom takýto pokles môže spôsobiť problém s krytím očakávaných nákladov na budúci biznis.

Obr. 2: Životné biznis riziko a prislúchajúce rizikové faktory



Zdroj: Swiss Solvency Test metodológia, vlastné spracovanie

## 2.3 Odhad ekonomického kapitálu pre životné riziká

Poisťovne najčastejšie využívajú lineárnu formu funkcie straty pre každú reportovaciu jednotku a pre každý rizikový faktor, aby čo najpresnejšie odhadli materialitu úrovne stresu vyplývajúcej z distribúcie rizikového faktora a príslušný dopad na celkový dostupný kapitál. Funkciu straty pre reportovaciu jednotku  $X$  a rizikový faktor  $j$  je môžeme zdefinovať ako:

$$l_{x,j} = e_{x,j} \cdot x \text{ pre všetky } x, \text{ kde}$$

$x$  je argumentom funkcie, pričom zodpovedá akejkoľvek nožnej úrovni stresu  $X_{X,j}(\alpha)$  z náhodnej premennej  $X_{X,j}$ , ktorá popisuje rozdelenie rizikových faktorov  $j$ ,

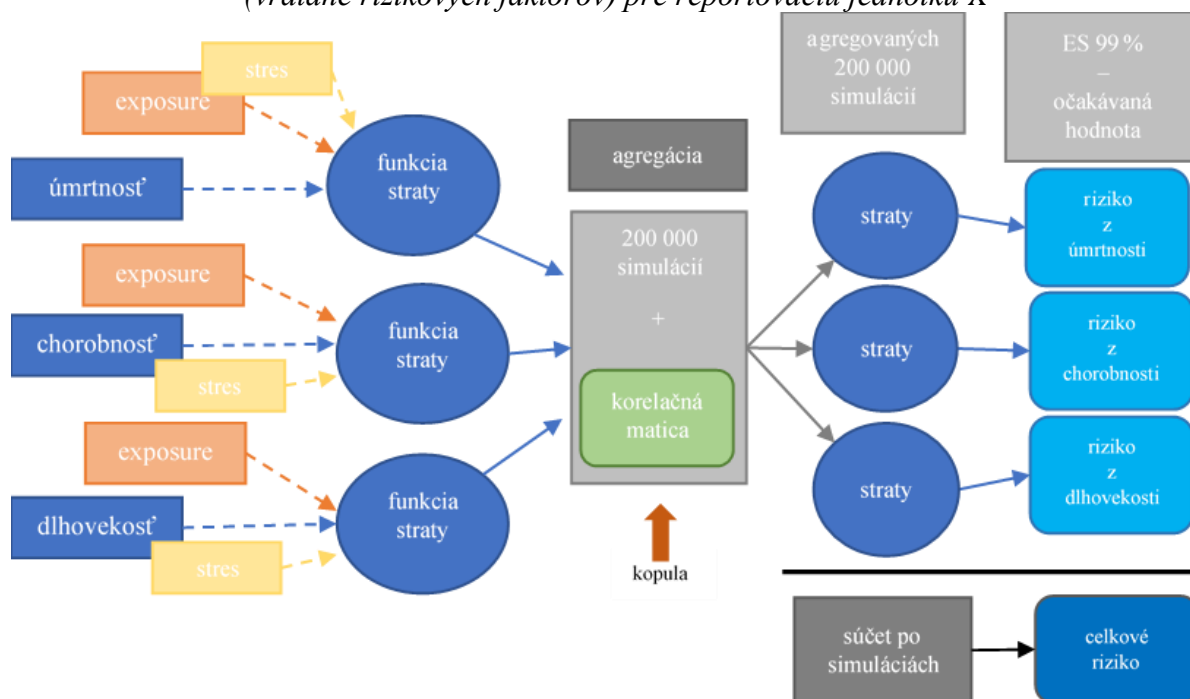
$e_{X,j}$  je parameter funkcie straty popisujúci jej sklon. Tento parameter je vypočítaný prostredníctvom vzorca:

$$e_{X,j} = \frac{\text{exposure}(99,95\%)}{X_{X,j}(99,95\%)},$$

kde  $\text{exposure}(99,95\%)$  je maximálna výška škody pri pravdepodobnosti 99,95 % kvantifikovaná reportovacou jednotkou za pomoci cash-flowu (najčastejšie je využívaný softvér *Prophet*) a  $X_{X,j}(99,95\%)$  je stres pri pravdepodobnosti 99,95 % z náhodnej premennej  $X_{X,j}$  popisujúcej rozdelenie rizikového faktora. Náhodná premenná  $X_{X,j}$  má normálne rozdelenie so strednou hodnotou 0 a štandardnou odchýlkou  $\delta_X$ .

Po odhade rozdelenia straty pre každú reportovaciu jednotku a pre každý rizikový faktor nasleduje agregácia marginálnych strát na určenie rozdelenia straty celkového rizika. Pri agregácii sa využívajú kopule – Studentova t kopula, Gaussova kopula prípadne Claytonova kopula. Poist'ovne veľmi často využívajú Gaussovú kopulu kvôli jej jednoduchosti, no z pohľadu niektorých analytikov je nebezpečná a nevhodná pre niektoré typy rizík, pretože podhodnocuje vysoké straty.

Obr. 3: Schéma popisujúca odhad ekonomického kapitálu pre životné poisťné riziko (vrátane rizikových faktorov) pre reportovaciu jednotku X



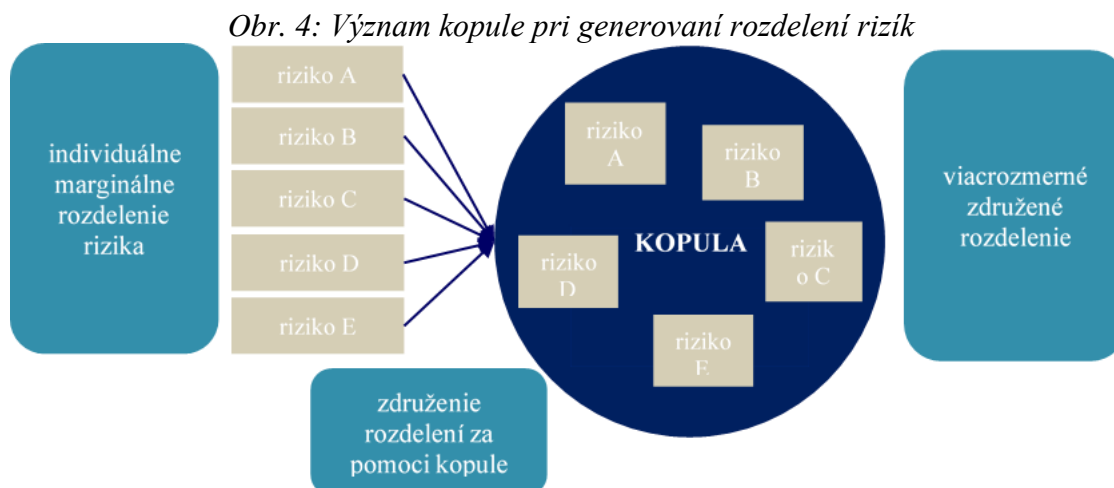
Zdroj: vlastné spracovanie

Obdobne odhad požadovaného kapitálu funguje pre životné biznis riziko.



### 3 Odhad hodnoty ekonomického kapitálu pomocou kopúl

Kopule sú moderným nástrojom v súčasnosti využívaným pri modelovaní závislostí faktorov popisujúcich riziko. Kopula je mnohorozmerné rozdelenie, ktorého marginálne rozdelenie je uniformované, pričom musia byť splnené všetky matematické vlastnosti viacnásobného rozdelenia.



Zdroj: vlastné spracovanie (Shaw, R., & Spivak, G., 2009)

Ako každý nástroj pri modelovaní hodnoty rizika, tak aj kopule majú svoje pozitíva a negatíva. Medzi pozitíva zaradujeme najmä ich flexibilitu v možnosti kombinovania rôzneho počtu marginálnych rozdelení škôd s rôznym počtom rozdelení kopúl, pričom je možné zvoliť rôzne typy kopúl od požadovanej charakteristiky a štruktúry (špicatosť, šikmosť či závislosť chvostov). Kopule dokážu presnejšie odrážať štruktúru závislosti medzi rizikami v porovnaní s korelačnými koeficientami a vyhýbajú sa nedostatkom korelácií. Najmä použitie vhodnej kopule umožňuje modelovanie nenulovej závislosti na chvoste. Kopule nám umožňujú vyjadriť závislosti z hľadiska množstva rozdelenia strát a teda nám umožňujú odhad strát na akejkoľvek požadovanej úrovni percentilu. Veľkou výhodou kopúl je tiež pomerne ľahká simulácia pomocou metódy Monte Carlo. Kopuly si čoraz viac získavajú uznanie rôznych medzinárodných poisťno-matematických a dozorných organizácií, ktoré by mali pomôcť pri schvaľovanom procese interného modelu.

Medzi nevýhody kopúl zaradujeme častý nedostatok údajov na vykonanie dôveryhodnej kalibrácie kopule a to najmä na chvoste. Proces modelovania ekonomického kapitálu je veľmi náročný a pri využití kopúl sa stráca transparentnosť, pričom výsledky sa stávajú ťažšie overiteľnými (podobné ako pri machine learningu). Poslednú nevýhodu vidíme v statickej podstate modelu, pričom realistickejší spôsob modelovania v závislosti od času by bol pomocou stochastického procesu alebo modelov časových radov.

Dôležitým teoretickým východiskom pri teórii kopúl je Skalárova veta, kedy funkcia  $F(x_1, x_2, \dots, x_d)$  definovaná vzťahom (Cipra, 2015):

$$F(x_1, x_2, \dots, x_d) = C(F_1(x_1), \dots, F_d(x_d))$$

je združená distribučná funkcia s marginálnymi distribučnými funkciami  $F_1, F_2, \dots, F_d$ , pričom  $C(u_1, \dots, u_d)$  je  $d$  - rozmerná kopula a  $F_1(x_1), \dots, F_d(x_d)$  sú jednorozmerné marginálne distribučné funkcie. V praxi sa kopule najčastejšie rozdeľujú na elementárne, implicitné a archimedovské kopule. Elementárne kopule predstavujú zvláštny druh závislostí náhodných premenných. Implicitné kopuly sú pomerne často využívané aj v poisťovníctve, pretože nie sú

limitované malým počtom parametrov, čo je pre množstvo modelovaných rizík potrebné. Medzi elementárne kopuly zaraďujeme Gaussovú a Studentovu t-kopulu. Archimedovské kopuly sú využívané veľmi často, vďaka ich jednoduchému tvaru, no sú nepoužiteľné pre väčšie počty premenných. Medzi archimedovské kopuly zaraďujeme Gumbelovu kopulu a Claytonovu kopulu.

Najčastejšie využívanými kopulami v poisťovacích spoločnostiach sú MLS, Gaussova kopula, Claytonova kopula a t-kopula. Špeciálne Gaussova kopula je často považovaná za pomerne nebezpečnú kvôli podhodnocovaniu závislostí na chvoste rozdelenia, no nakoľko je proces modelovania kopúl pri agregácii veľmi náročný, časovo aj softvérový, poisťovne využívajú tento druh kopule kvôli ich jednoduchosti aj s rizikom nie úplne kvalitného výsledku.

### 3.1 Gaussova kopula

Gaussova kopula je kopula  $d$  dimenzionálneho normálneho rozdelenia s lineárnou korelačnou maticou  $R$ . Gaussova kopula má tvar (Cipra, 2015):

$$C_{Gaussova}(u_1, \dots, u_d) = \Phi_R^d(\Phi^{-1}(u_1), \dots, \Phi^{-1}(u_d))$$

kde  $\Phi_R^d$  popisuje  $d$  dimenzionálne štandardné normálne rozdelenie  $N_d(0, \rho)$  s lineárnou korelačnou maticou  $R$  a  $\Phi^{-1}$  popisuje inverznú hodnotu funkcie štandardného normálneho rozdelenia. Závislosť chvostov pri Gaussovej kopule je rovná nule a teda použitie tejto kopule nie je vhodné pre rozdelenia rizík s ťažšími chvostami. Korelačná matica  $R$  ako jediný vstup pre kopulu by mala byť symetrická s 1-tkovou diagonálou, všetky párové hodnoty musia byť v rozmedzí od  $-1$  po  $1$  a tiež musí byť pozitívne semidefinitná.

### 3.2 t-copula

Studentova kopula alebo tiež t-kopula je skonštruovaná z viacrozmerného t rozdelenia rovnakým spôsobom, ako je Gaussovská kopula odvodená z viacrozmerného normálneho rozdelenia. Podobne ako Gaussová kopula, má zvonovitý tvar a dá sa ľahko rozšíriť na viacrozmerný prípad, na rozdiel od niektorých iných kopúl, ktoré sú obmedzené iba na dve riziká. T-kopula je podobne ako Gaussova kopula ľahko simulovateľná. Pre všeobecnú dimenziu  $d$  má t-kopula tvar (Cipra, 2015):

$$C_{Studentova}(u_1, \dots, u_d) = t_{\gamma, \rho}(t_{\gamma}^{-1}(u_1), \dots, t_{\gamma}^{-1}(u_d))$$

kde  $t_{\gamma, \rho}$  je distribučná funkcia  $d$  rozmerného štandardného  $t$  rozdelenia s rozptylovou maticou  $\rho$ . Na rozdiel od Gaussovej kopule nepotrebuje pre vstup iba korelačnú maticu  $R$ , no tiež parameter stupňov veľkosti, ktorý určuje silu závislosti chvosta. Všeobecne platí, že čím nižšie stupne voľnosti sú, tým je závislosť chvosta silnejšia. T-kopula je symetrická a jej závislosť medzi ľavým a pravým chvostom je rovnaká. Toto nie je dokonalé riešenie, pretože model ekonomického kapitálu sa zaoberá prevažne iba jednou stranou distribúcie. Obmedzením t-kopuly pri modelovaní viac ako dvoch rizík je, že okrem samotného párového korelačného koeficientu existuje iba jedna premenná, ktorá riadi štruktúru závislosti na chvoste. To znamená, že všetky páry rizík majú rovnakú závislosť od chvosta, čo nie je reálne. Toto obmedzenie je možné prekonať zovšeobecnením t-kopule, ktorá je všeobecne známa ako IT kopula. Dvojrozmerná t-kopula s  $n$  stupňami voľnosti a koreláciou  $\rho$  má nasledovné koeficienty chvostovej závislosti:

$$\lambda_L(X, Y) = \lambda_U(X, Y) = S_{n+1}(\sqrt{(n+1)(1-\rho)/(1+\rho)})$$

kde  $S_{n+1}$  je funkcia prežitia t-rozdelenia s  $n + 1$  stupňami voľnosti. V poisťovníctve je najvhodnejšie využitie Studentovej t-kopule pre trhové riziká.

### 3.3 Claytonova kopula

Claytonova kopula patrí medzi Archimedovské kopule, ktoré sú vhodné pre modelovanie dvojrozmerných rozdelení. Claytonovu kopulu môžeme zapísať ako (Cipra, 2015):

$$C_{clayton}(u_1, u_2) = (u_1^{-\theta} + u_2^{-\theta} - 1)^{-1/\theta}$$

pričom ak kopula prechádza pre  $\theta \rightarrow 0$  na nezávislú kopulu a pre  $\theta \rightarrow \infty$  na komonotónnu kopulu. Claytonova kopula má generátor v tvare (Cipra, 2015):

$$\varphi(u) = \frac{1}{\theta}(u^{-\theta} - 1) \text{ pre parameter } \theta > 0.$$

Claytonova kopula vykazuje najsilnejšiu závislosť v dolných záporných chvostoch a v poisťovníctve je táto kopula použiteľná po úprave najmä pre poisťné riziká.

### 3.4 Survival kopula

Nakoľko sa nachádzame v oblasti poisťovníctva, to, čo nás reálne zaujíma pre kvalitný odhad veľkosti rizika a ekonomického kapitálu sú práve veľké, aj keď menej pravdepodobné škody. Podľa Franka Cuypers (2020) „to, že na vás na ulici pri prechádzke spadne tehla je síce nešťastné, no poisťovňa sa pre to nezrúti“, a to dokonca ani v prípade, keď podobných nehôd bude veľmi veľa. Čo poisťovne ale potrebujú poznať, sú najväčšie možné škody, na ktoré musia byť adekvátne kapitálovo pripravené. Takúto úpravu už existujúcich kopúl spomenutých v predchádzajúcich podkapitolách nazývame *survival kopula* alebo tiež *kopula prežitia*. Takáto kopula nám dáva združenú pravdepodobnosť, kedy dve premenné  $X$  a  $Y$  budú väčšie než pevné hodnoty  $x$  a  $y$ . Pravdepodobnosť, kedy premenná  $X$  je väčšia než  $x$  označujeme  $\bar{F}(x) = 1 - F(x)$ , obdobne to platí pre premennú  $\bar{F}(y)$ . Dvojrozmerná survival kopula  $\bar{C}(\bar{F}(x)\bar{F}(y))$  je potom zadaná nasledovne (Sweeting P., 2011):

$$\bar{F}(x, y) = \bar{C}(\bar{F}(x)\bar{F}(y)) = \bar{C}(1 - F(x), 1 - F(y)) = 1 - F(x) - F(y) + C(F(x), F(y))$$

V nasledujúcej kapitole predstavíme jednoduchú agregáciu životných rizík pomocou Claytonovej kopule, ktorá je upravená cez survival kopulu.

## 4 Jednoduchá agregácia rizík pomocou Claytonovej kopuly

Agregácia rizík je pri určovaní požadovaného kapitálu veľmi dôležitým krokom. Nakoľko majú riziká medzi sebou korelácie, za pomoci kopúl dokážeme vytvoriť viacrozmerné rozdelenia. Vo výsledku to vidíme ako pokles v kapitáli oproti jednoduchému súčtu napriek rizikami. Tento jav označujeme ako diverzifikácia rizík. V tejto kapitole ukážeme jednoduchú agregáciu dvoch rizík – životného poisťného rizika (LIL – *Life Liability Risk*) a životného biznis rizika (BUS – *Life Business Risk*) pre reportovacu jednotku  $X$ , pričom využijeme Claytonovu kopulu s parametrom  $k = 3$ . Na generovanie náhodných premenných sme využili nasledovný postup (Cuypers, 2020):

1. Generovanie prvej náhodnej premennej  $\tilde{X}$  s distribúciou  $F_x$  (pre životné poisťné riziko):

$$P[\bar{X} \leq X] = F_X(X) = x \quad x \sim U(0,1) \rightarrow X = \tilde{F}_x(x)$$

2. Generovanie druhej náhodnej premennej  $\bar{Y}$  s distribúciou  $F_y$  (pre životné biznis riziko):

$$P[\bar{Y} \leq Y] = F_Y(Y) = y \quad q \sim U(0,1) \rightarrow Y = \tilde{F}_Y(y)$$

3. Agregácia náhodných premenných pomocou kopule

$$P[\bar{X} \leq X, \bar{Y} \leq Y] = C(x, y) \rightarrow \text{Claytonova kopula}$$

$$P[\bar{Y} \leq Y | \bar{X} \leq X, ] = \frac{\partial}{\partial x} C(x, y) = q \Rightarrow y = y(x, q)$$

$$C(x, y) = (x^{-k} + y^{-k} - 1)^{-\frac{1}{k}} \quad (1)$$

$$\frac{\partial}{\partial x} C(x, y) = (x^{-k} + y^{-k} - 1)^{-\frac{k+1}{k}} x^{-(k+1)} = q \Rightarrow y = \left[ 1 + \left( q^{-\frac{k}{k+1}} - 1 \right) x^{-k} \right]^{-\frac{1}{k}}$$

kde  $k$  vyjadruje parameter Claytonovej kopule kappa a premenné  $x$  a  $q$  sú navzájom nezávislé. Pre kopulu sme si zvolili parameter kappa s hodnotou 3, ktorý odzrkadľuje primeranú silu kopule na odhadované riziká. V poistnej praxi sa hodnoty parametrov určujú na základe expertného odhadu skúsených aktuárov.

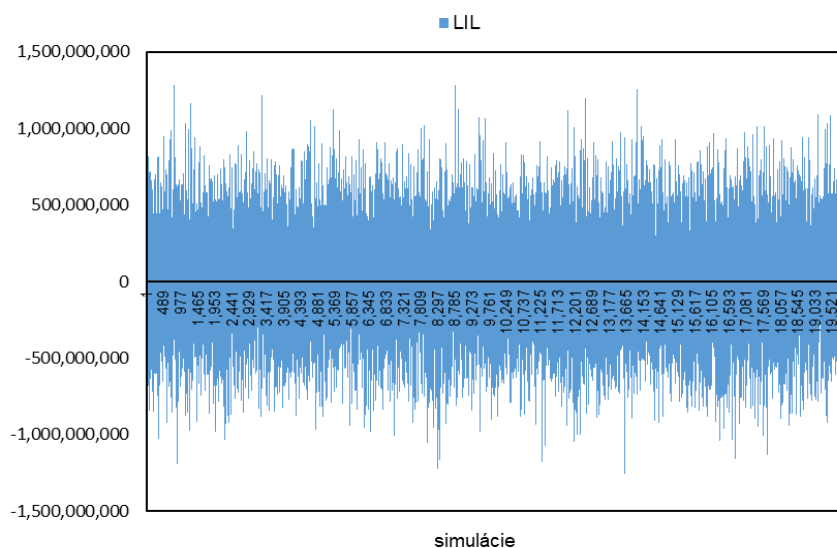
Majme ilustratívne 20 000 simulácií strát a ziskov s náhodnými premennými  $x$ ,  $y$  a normálnymi rozdeleniami:

- životné poistné riziko (LIL) s rozdelením  $N \sim (593\ 114; 321\ 285\ 215^2)$
- životné biznis riziko (BUS) s rozdelením  $N \sim (-631\ 426; 206\ 679\ 348^2)$ ,

pričom stredná hodnota a smerodajná odchýlka predstavujú reálne hodnoty rozdelenia ziskov a strát pre danú reportovacu jednotku a riziko na 200 000 simuláciách.

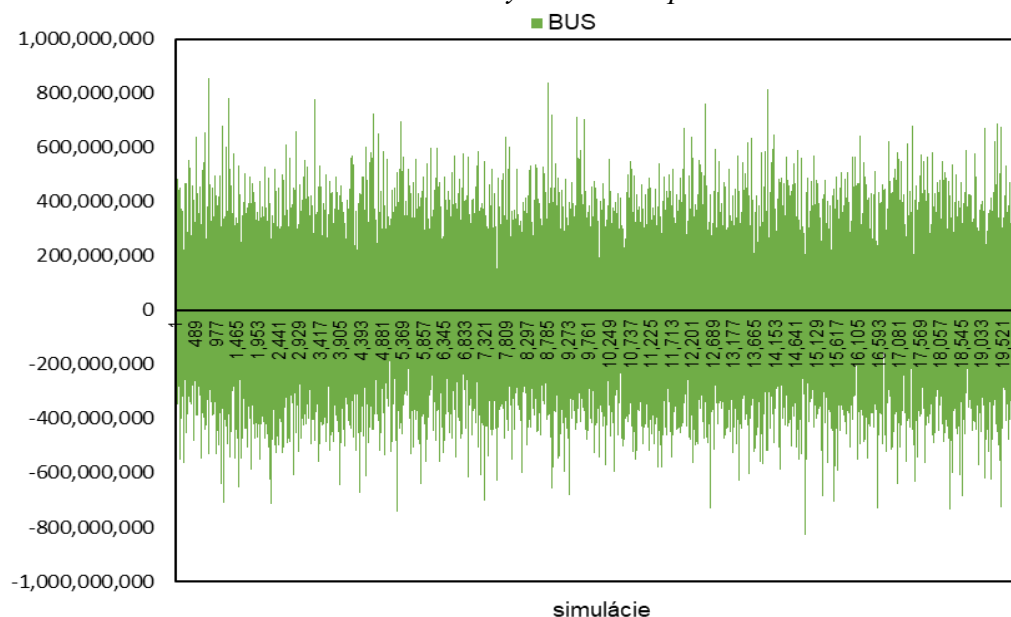
Na ilustratívne modelovanie sme využívali MS Excel a funkciu NORMINV(.) a parametre zadefinované vyššie. Vygenerovaných 20 000 simulácií pre obe riziká môžeme vidieť na obrázkoch *Obr. 5* a *Obr. 6*.

*Obr. 5: Simulované hodnoty strát/zisku pre životné riziko LIL*



Zdroj: vlastné spracovanie

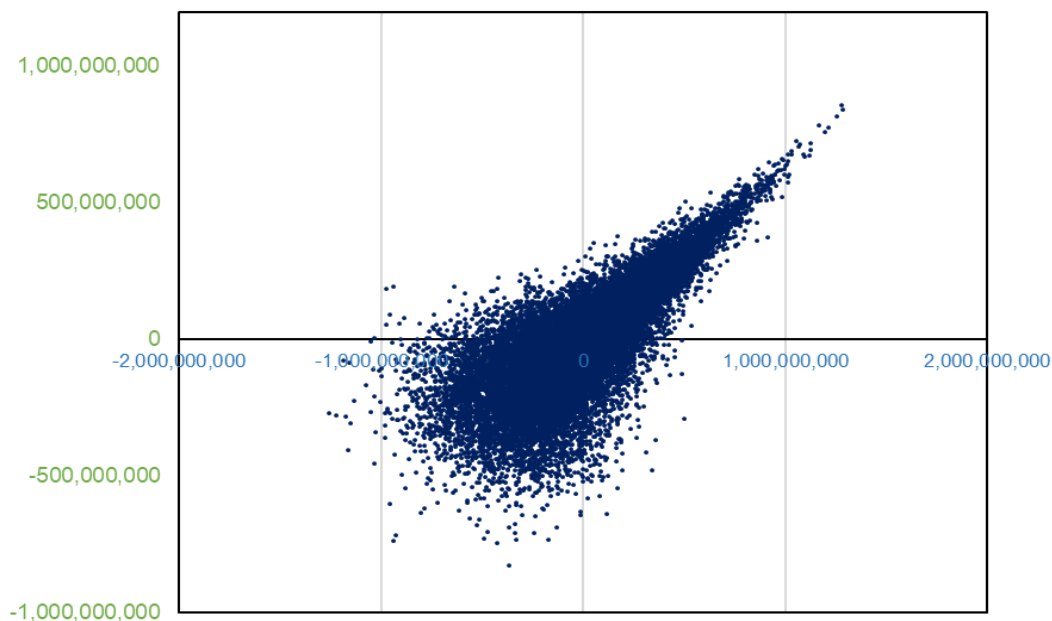
Obr. 6: Simulované hodnoty strát/zisku pre životné riziko BUS



Zdroj: vlastné spracovanie

Základný tvar Claytonovej kopule nám prezentuje závislosť medzi škodami síce s vysokou frekvenciou, no nízkou hodnotou škôd. Nakoľko sa nachádzame v poisťovníckej sfére, škody, ktoré nás zaujímajú sú práve škody s vysokou škodovosťou a nižšou frekvenciou. Aby sme videli závislosť veľkých škôd, ktoré nás primárne zaujímajú, upravili sme si výpočet premenných cez survival kopulu (viď. 3.4 Survival kopula).

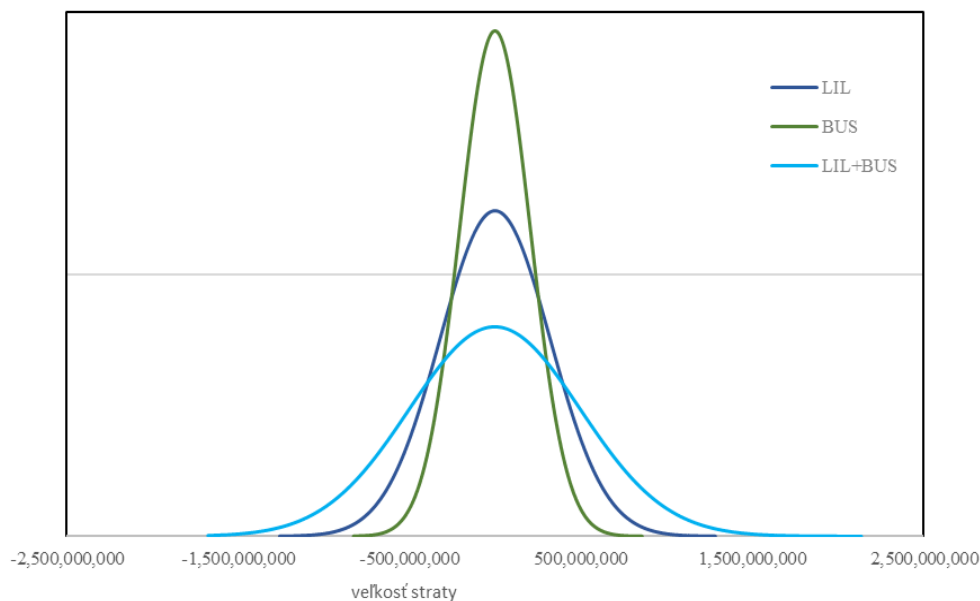
Obr. 7: Vzájomná závislosť životného poisťového rizika a životného biznis rizika



Zdroj: vlastné spracovanie

Medzi najvhodnejšie zobrazenie výšky strát a ziskov patrí distribučná funkcia alebo tzv. *bell curve*, ktorá dokonale znázorňuje rozdelenie výšky strát a ziskov pre jednotlivé riziká.

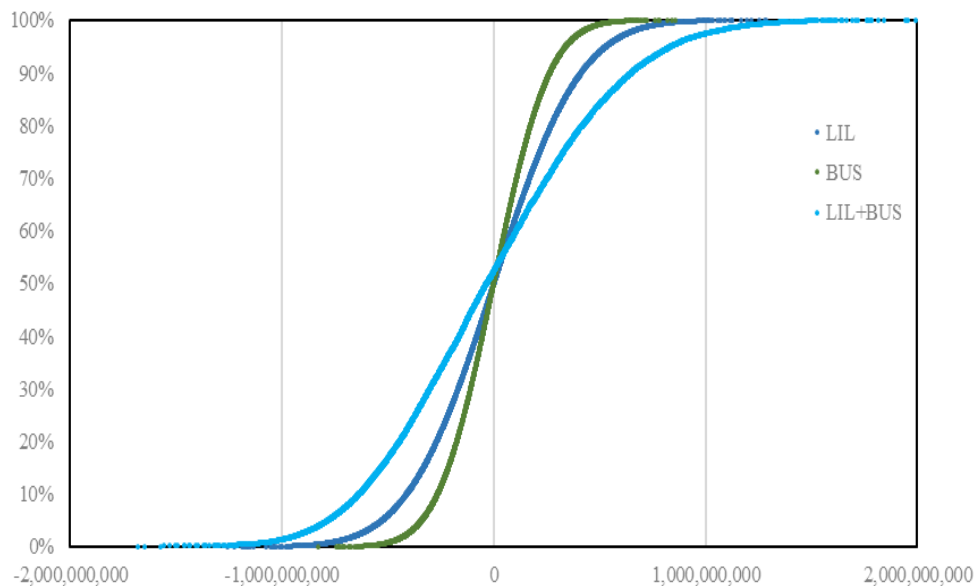
Obr. 8: Graf hustoty pravdepodobnosti rizík LIL, BUS a ich súčtu po aplikovaní kopule



Zdroj: vlastné spracovanie

Z grafu Obr. 8 vidíme, že riziká majú rôzne trendy. Zatiaľ čo životné poisťné riziko (LIL) má ťažšie chvosty s vyššími stratami (napravo) a tiež ziskami (naľavo), životné biznis riziko (BUS) má vyššiu početnosť ziskov a strát v rozmedzí ( $-500 \text{ mil}$  ;  $500 \text{ mil}$ ).

Obr. 9: Distribučné funkcie rizík LIL, BUS a ich súčtu po aplikovaní kopule



Zdroj: vlastné spracovanie

Akonáhle máme namodelované simulácie pre obe riziká reportovacej jednotky  $X$ , vieme veľmi jednoducho vypočítať hodnotu ekonomického kapitálu. V našom prípade, nakoľko pracujeme s mierou odhadu *Expected Shortfall* 99 % (ES 99 %) a máme 20 000 simulácií, potrebujeme vypočítať priemer 200 najhorších simulácií (takzvané *worst cases*), ktoré predstavujú najvyššiu stratu a následne odpočítať očakávanú hodnotu (*mean*) zisku/straty. Všeobecný vzorec môžeme veľmi jednoducho zapísať nasledovne:

$$riziko_i = priemer_{najhoršie\ sim} - priemer_{všetky\ sim}$$

kde  $i$  predstavuje typ rizika (prípadne súčet hodnôt rizík), pre ktoré sa určuje jeho hodnota. Pre naše simulácie vyšli hodnoty nasledovne:

Tab. 1: Ekonomický kapitál v p.j. pre životné poistné riziko, životné biznis riziko a ich súčet po aplikovaní Claytonovej kopule pri 20 000 simuláciách

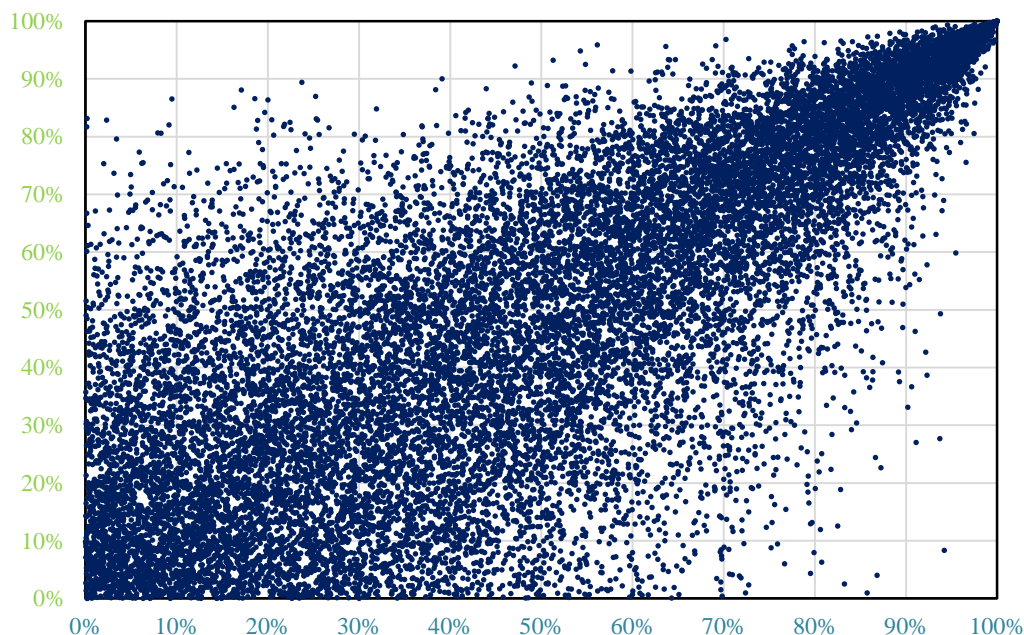
Riziko	ES 99 %	Očakávaná hodnota	Ekonomický kapitál
Životné poistné riziko	867 526 310	-1 518 412	<b>869 044 722</b>
Životné biznis riziko*	557 057 440	-1 989 748	559 047 188
Životné biznis riziko	554 622 526	-1 936 667	<b>556 559 193</b>
Spolu riziká*	1 424 583 750	-3 508 160	1 428 091 910
<b>Spolu riziká</b>	<b>1 414 445 984</b>	<b>-3 455 080</b>	<b>1 417 901 063</b>

\*hodnota bez použitia Claytonovej kopule

Zdroj: vlastné spracovanie

Pri súčte rizík ich sčítavame po simuláciách a následne vypočítame hodnotu rizika. Môžeme si z výpočtov v tabuľke Tab. 1 všimnúť, že riziká pri použití kopule sú nižšie, než riziko, keď sme kopulu nepoužili. Pri súčte rizík je tento pokles na úrovni 10 miliónov p.j. (- 0,71 %). Kopula nám teda zohľadnila vzájomnú diverzifikáciu životných a biznis rizík. Napr. keď sa nám manifestuje riziko perzistencie, čiže nám začnú viac stornovať zmluvy ako sme očakávali, tak nám na druhej strane dochádza k poklesu nákladov, ktoré poisťovňa vynakladá na správu poistných zmlúv, a teda k poklesu biznis rizika.

Obr. 10: Výsledná kopula životného poistného rizika a životného biznis rizika



Zdroj: vlastné spracovanie

Ako už bolo spomenuté vyššie, jednotlivé riziká majú medzi sebou prepojenie. Súčasná pandemická situácia nám potvrdila silu prepojenie medzi katastrofickým – pandemickým

rizikom, ktoré poisťovne kvantifikujú buď pod životným poistným alebo katastrofickým rizikom, trhovým rizikom (výrazné prepady na finančných trhoch najmä v období marca 2020), kreditným rizikom či rizikom plynúceho z neživotného poistenia (zvyšovanie rezerv, nižšie prijaté poistné). V poistnej praxi takéto prepojenia môže definovať korelačná matica, ktorá je zostavená na základe skúseností expertných analytikov a aktuárov, alebo vhodne zvolená kopula.

## 5 Záver

V príspevku sme čitateľovi priblížili základné pojmy z oblasti životného poistenia, modelovania a manažmentu rizík. Riziká, ktorými sme sa v práci zaoberali sú životné poistné riziko a životné biznis riziko vrátane prislúchajúcich rizikových faktorov, medzi ktoré zaradujeme mortalitu, morbiditu, dlhovekosť, perzistenciu či riziko súvisiace so správou poistenia. Predstavili sme nástroj kopule, Skalárovu vetu a základné kopule využívané v poisťovniach pri agregácii rôznych typov rizík. V závere článku sme vygenerovali 20 000 simulácií pre životné poistné riziko a životné biznis riziko, ktoré sa riadia normálnym rozdelením. Použitím Claytonovej kopule, ktorá je vhodná práve pre poistné riziká, sme vypočítali hodnotu agregovaných životných rizík a ekonomického kapitálu, pričom sme ukázali, že využitie kopule môže ušetriť kapitál spoločnosti aj na úrovni jednej reportovacej jednotky  $X$  vo výške 10 miliónov peňažných jednotiek.

**Príspevok bol spracovaný v rámci riešenia grantovej úlohy VEGA 1/0647/19 *Moderné nástroje na riadenie a modelovanie rizík v neživotnom poistení.***

## Literatúra

- [1] Billeter, S., & Salgeti-Drioli, F. (2016). *Liability Risk Drivers: Bringing a forward-looking perspective into liability modelling*. Retrieved March 14, 2021, from [https://www.swissre.com/dam/jcr:6524ff3e-c35d-4f65-a99c-aa11604990b2/SwissRe\\_ForwardLookingModeling.pdf](https://www.swissre.com/dam/jcr:6524ff3e-c35d-4f65-a99c-aa11604990b2/SwissRe_ForwardLookingModeling.pdf).
- [2] Cipra, T. (2015). *Riziko ve financích a pojišťovnictví: Basel III a Solvency II* (2nd ed.). Ekopress.
- [3] Cuypers, F. (2020) *Risk Dependencies*. [presentation]. PrimeRe Solutions.
- [4] Lam, J. (2014). *Enterprise Risk Management: From Incentives to Controls* (2nd ed., Vol. 496). Wiley & Sons.
- [5] Ly, S. & Pho, K.-H. & Ly, S. & Wong, W.-K. (2019). *Determining Distribution for the Product of Random Variables by Using Copulas*. Retrieved March 14, 2021, from [https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract\\_id=3430862](https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3430862).
- [6] Shaw, R., & Spivak, G. (2009) Correlations and Dependencies in Economic Capital Models. In: *Institute and Faculty of Actuaries: Modelling Correlations and Dependencies in Economic Capital Models*.
- [7] Sweeting, P. (2011). *Financial Enterprise Risk Management*. Cambridge University Press.



---

---

## Smart Cities: Informační podpora nástrojů Business Intelligence v procesu strategického plánování územních jednotek

Pavel Jančálek<sup>1</sup>

### Abstrakt

Strategické plánování je dnes běžnou činností územních jednotek různých úrovní. Výstupem strategického plánování je dokument Strategický plán a k němu navázaný Akční plán, který zpravidla obsahuje konkrétní projekty, tedy tzv. projektový inkubátor. Tato práce popisuje možné propojení neboli také konfrontaci plánu vzešlého ze strategie se skutečně realizovanými výdaji, popř. dotačními příjmy zaznamenanými v ekonomickém informačním systému. Propojení je graficky zobrazeno na základě multidimenzionálního modelování a dále je popsána možná online vizualizace dat. Projektový inkubátor je seznamem projektů s nezbytnými dalšími atributy identifikující projekt, jakými jsou např. umístění projektu ve struktuře strategie, předpokládaná výše investice, začátek a konec realizace apod. Online veřejně přístupné informace o implementaci strategického plánu mohou zvýšit užitek z dokumentu a v souladu s konceptem Smart Cities zlepšit informovanost koncových uživatelů.

### Klíčové slova

Strategické plánování, Projektový inkubátor, Business Intelligence, Dimenzionální modelování, Vizualizace dat

### Abstract

Today, strategic planning is a common activity of territorial units of various levels. The output of strategic planning is the document Strategic Plan and the Action Plan linked to it, which usually contains specific projects, that is the so-called project incubator. This work describes a possible connection or confrontation of the plan arising from the strategy with the actually realized expenditures, or subsidy revenues recorded in the economic information system. The connection is graphically displayed on the basis of multidimensional modeling and a possible online data visualization is described. A project incubator is a list of projects with the necessary additional attributes identifying the project, such as project location in the strategy structure, estimated amount of investment, start and end of implementation, etc. Online publicly available information on strategic plan implementation can increase document benefits and in line with the concept Smart Cities improve end-user awareness.

### Keywords

Strategic planning, Project incubator, Business Intelligence, Dimensional modeling, Data visualization

### JEL classification

R58, R59

---

<sup>1</sup> VŠB – Technická univerzita v Ostravě, Ekonomická fakulta, Katedra aplikované informatiky, Sokolská třída 33, 702 00 Ostrava 1, [pavel.jancalek@vsb.cz](mailto:pavel.jancalek@vsb.cz).

## 1 Úvod

Koncept Smart Cities využívá informační a komunikační technologie pro zvýšení kvality života v územních jednotkách na úrovni měst a obcí anebo Smart Region na úrovni krajů a mikroregionů. Filozofií konceptu je sdílení dat pro veřejné účely k zvýšení informovanosti pro samostatné rozhodování obyvatel, které povede k efektivnímu využívání zdrojů a optimalizaci procesů ve veřejném prostoru. Každá územní jednotka využívá ke svému rozvoji proces strategického plánování.

Cílem strategického plánování územních jednotek je nalezení směru rozvíjení a cest nebo činností, které je k tomuto třeba vykonat. Strategický plán je možno chápat jako kompromis či dohodu o dalším využití potenciálu zdrojů územní jednotky<sup>2</sup>. Na tuto strategii navazují konkrétní projekty, které s ní budou v souladu a zároveň jsou v souladu s územním plánem a rozpočtovým výhledem územní jednotky.

Projekty, které vzejdou z procesu strategického plánování mohou být evidovány v tzv. projektovém inkubátoru obsahující nezbytné atributy pro jejich identifikaci jako je např. název projektu, stručný popis projektu, předpokládaná výše investice, plánovaný počátek a konec realizace atd. Každý s těchto projektů je přiřazen ke strategické oblasti a prioritní ose. Jedná se tedy o databázi projektů, které budou dle plánu realizované a skutečné čerpání realizovaných nákladů bude v čase zaznamenáváno do ekonomických informačních systémů. Proto, aby projektový inkubátor jakožto databáze plánovaných projektů nebyl jen jakousi offline excelovskou tabulkou, pomohou nástroje business intelligence v systémově řešené konfrontaci plánu se skutečnou realizací a toto porovnání dat pak vhodně vizuálně sdílet pro veřejné účely.

## 2 Proces strategického plánování a tvorby tzv. projektového inkubátoru

Strategické postupy řízení vznikaly zejména po 2. světové válce, nejprve v armádě a vojenském průmyslu a později v 70. letech pronikaly do podnikatelského sektoru. Ve veřejném sektoru se začaly prvky procesu strategického plánování prvně objevovat v 90. letech. Přinesly nový úhel pohledu při tvorbě a naplňování strategického řízení, tj. spolu s ekonomickým a kvalitativním hlediskem i sociální hledisko. Mezi první města v ČR, která přijala principy strategického řízení, patřily např. Vsetín, Hradec Králové nebo Litoměřice. V roce 2014 uplatňovalo v ČR strategický přístup 425 obcí s počtem obyvatel nad 1 000<sup>3</sup>. Strategické plánování je i ukotveno v legislativních předpisech, např. zákon č. 128/2000 Sb., o obcích, ve znění pozdějších předpisů a zákona č. 248/2000 Sb., o podpoře regionálního rozvoje, ve znění pozdějších předpisů.

<sup>2</sup> Strategický plán je také nutnou podmínkou pro zpracovávání žádostí na čerpání dotací v rámci jednotlivých regionů soudržnosti NUTS II nebo NUTS I a NUTS III.

<sup>3</sup> <https://www.acsa.cz/verejnasprava/uzitecne/strategicke-planovani/>

Obr. 1: Základní kroky procesu strategického řízení



Zdroj: Akademické centrum studentských aktivit. Strategické plánování [1].

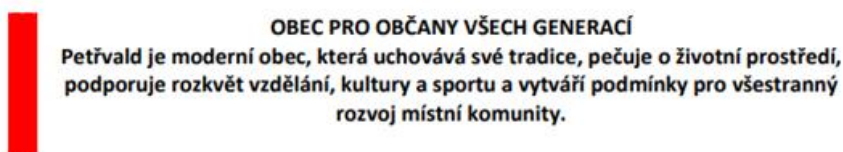
Strategické plánování je soubor dílčích metod a technik a dnes je běžnou součástí v oblasti regionálního rozvoje. Systematicky dochází k organizaci žádoucích změn ve společnosti a vzniká tak široký konsenzus pro společnou vizi k lepší socioekonomické budoucnosti. Jde tedy o proces promyšleného, do budoucnosti hledícího a dlouhodobého směřování ve všech strategických oblastech.

Výstupem strategického plánování je dokument tzv. strategický plán s určeným časovým výhledem do budoucnosti. Nejprve je formou situační analýzy popsán současný stav územní jednotky, jejichž součástí mohou být i sociální průzkumy. Následně je provedena SWOT analýza sloužící jako syntéza neboli přemostění mezi situační analýzou současného stavu a možnostmi strategického rozvoje územní jednotky. V další fázi je definována vize, strategické oblasti, prioritní osy a cíle<sup>4</sup>. V dokumentu je poté navržena implementace, respektive jakým způsobem dokument vchází do praxe prostřednictvím akčního plánu a zpracování tzv. projektového inkubátoru. Vedle tohoto je navržena také forma a načasování aktualizace jednotlivých částí dokumentu.

<sup>4</sup> Tvůrci strategických plánů mohou používat ještě jiné pojmosloví jako např. mise, opatření, osa aj.

Obr. 2: Ukázka ze strategického plánu obce Petřvald

## 4. Vize obce Petřvald



## 5. Strategické oblasti a priority pro období 2017– 2021

Struktura strategických oblastí a prioritních os obce Petřvald



Zdroj: Obec Petřvald. Strategický plán rozvoje Obce Petřvald pro období 2017-2021 [6].

Implementací neboli promítnutím strategie do praxe je zpracovaný a tzv. „projektový inkubátor“, který obsahuje konkrétní projektové záměry dle strategických oblastí, prioritních cílů, předpokládané časové realizace, výše investice, financování a fáze rozpracovanosti. Tento projektový inkubátor je tzv. „živý dokument“ a měl by být nedílnou součástí strategického plánu rozvoje územní jednotky.

Strategický plán jakožto textový dokument a projektový inkubátor jakožto tabulkový dokument (někdy akční plán s širším popisným rozpětím) jsou obvykle po zpracování a schválení orgány územní jednotky umístěny v pdf. formátu na web.

Obr. 3: Ukázka vstupní tabulky projektového inkubátoru obce Petřvald

Strategická oblast	Prioritní osa	Typ opatření	Pracovní název projektu (úkol)	Stručný popis projektu	Fáze projektu (úkol)	Předpokládané náklady v Kč s DPH	Začátek realizace	Konec realizace
Infrastruktura a životní prostředí	Technická infrastruktura	projekt	Odkanalizování obce	Vybudování splaškové kanalizace a ČOV v části Petřvald	v přípravě	125 000 000	září 16	prosinec 25
Správa obce	Finance, investice a majetek	projekt	Rekonstrukce smuteční obřadní síně	Úprava vzhledu objektu a celková rekonstrukce interiéru vč. technologie	v přípravě	3 000 000	březen 17	říjen 17
Ekonomický rozvoj a kvalita života	Školství, sport a kultura	projekt	ZŠ - atrium	Úprava zpevněných ploch	v přípravě	800 000	květen 17	září 17
Ekonomický rozvoj a kvalita života	Školství, sport a kultura	projekt	ZŠ - školní hřiště	Rekonstrukce školního sportovního hřiště	v přípravě	9 000 000	květen 17	září 17

Zdroj: Obec Petřvald. Strategický plán rozvoje Obce Petřvald pro období 2017-2021 [6].

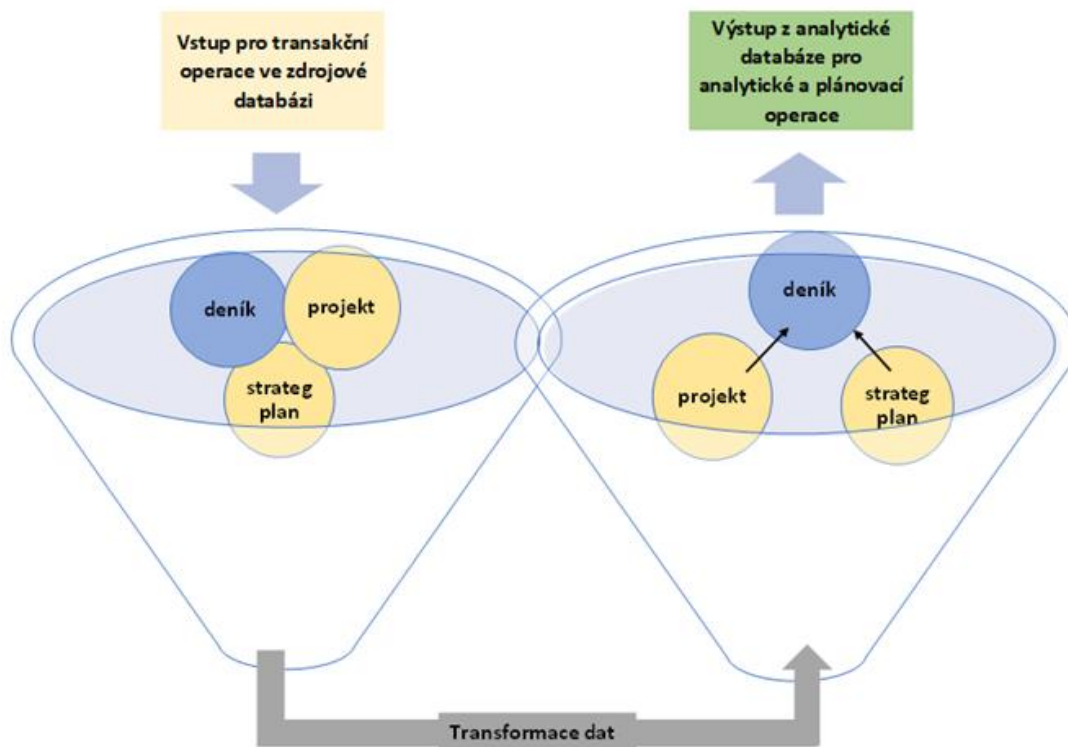
Projektový inkubátor pak může být v čase aktualizován a rozdělen na dokončené a plánované projekty, ale na dalším systémovém propojení projektového inkubátoru s informačními systémy územní jednotky se už v současné praxi dále nepracuje. Proto je to často jen tzv. off-line excel.

### 3 Dimenzionální modelování v implementaci strategického plánu

#### 3.1 Multidimenzionální uložení a zpracování dat tzv. projektového inkubátoru integrovaného s informačními systémy municipality

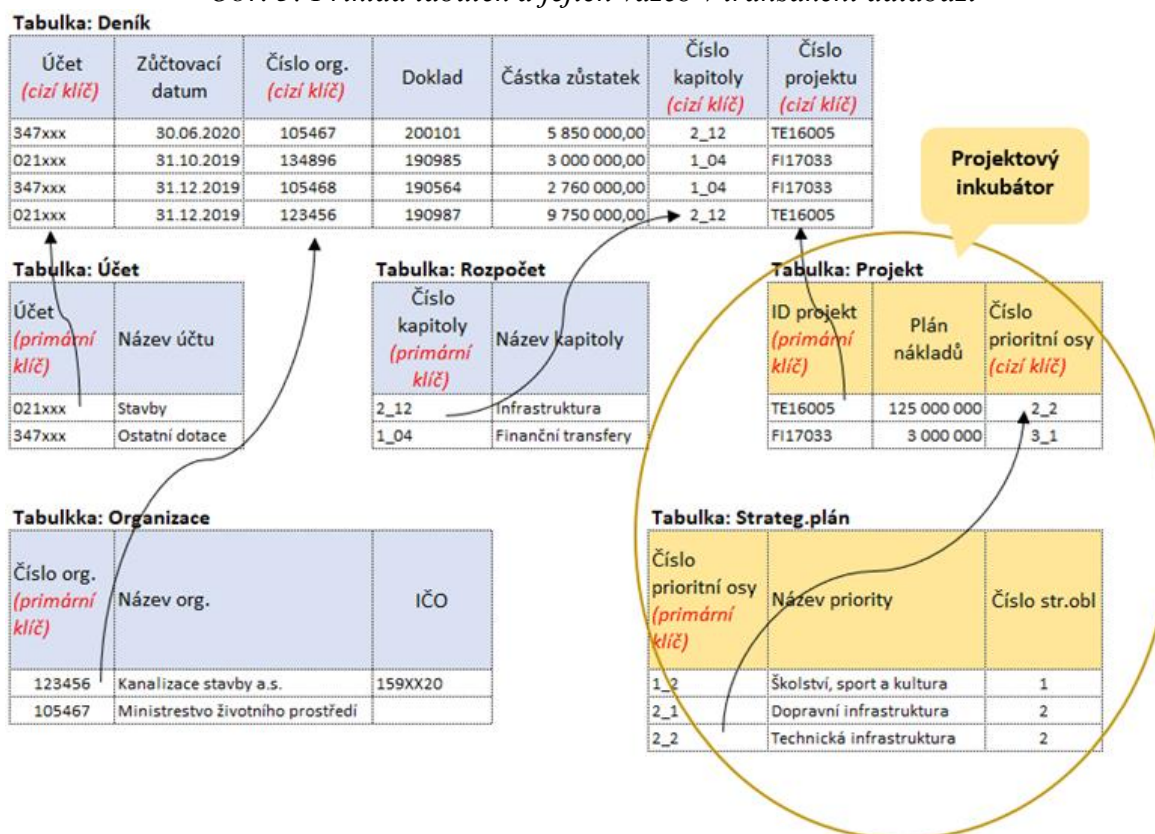
Z projektového inkubátoru vytvoříme databázovou tabulku integrovanou s ekonomickým informačním systémem nebo přímo v něm vytvořenou tabulku v rámci samostatného modulu Smart City. Transformací dat tak docílíme, že transakční operace ve zdrojové databázi posuneme na úroveň analytických a plánovacích operací v analytické databázi.

Obr. 4: Nástin transformace dat



Zdroj: Vlastní zpracování

Obr. 5: Příklad tabulek a jejich vazeb v transakční databázi



Zdroj: Vlastní zpracování

Obrázek č. 5 zobrazuje pro lepší představu vazby mezi tabulkami v transakční databázi ekonomického informačního systému. Následně obrázek č. 6 zobrazuje multidimenzionální model uložení dat s tabulkou faktů a několika dimenzemi pro zpracování analytických a plánovacích operací.

Základem pro tabulku faktů je účetní deník někdy také nazývaný věcné položky. Sleduje hodnoty ekonomických ukazatelů z účetnictví územní jednotky. Granularita tabulky faktů je na úrovni dokladu, resp. jeden řádek je doklad, tj. faktura, interní doklad apod. dle deníku účetních dokladů daného informačního systému.

Dimenzemi pro model jsou účty v účetní osnově, organizace pro identifikaci dodavatele, rozpočet a podkapitola pro identifikaci názvu rozpočtované položky a typu výdaje a příjmu. Dimenze Organizace obsahuje v účetnictví i identifikaci odběratelů. Organizace může být odběratel i dodavatel zároveň. Některé ekonomické informační systémy mají toto odděleny na dodavatel a odběratele se samostatnými číselníky<sup>5</sup>.

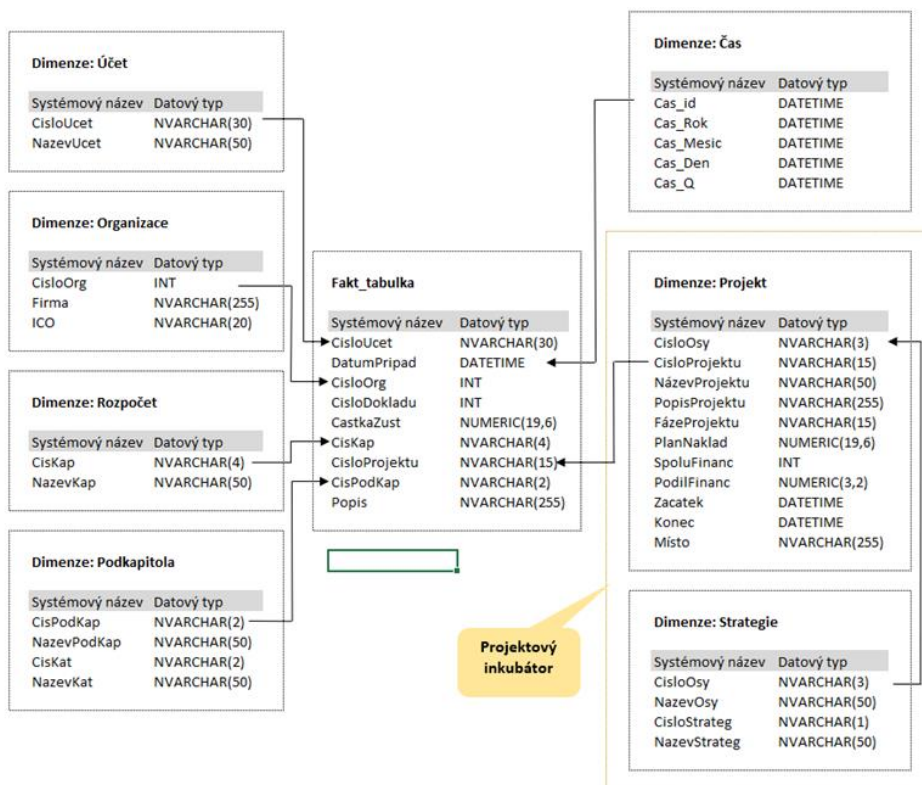
Jako nové dimenze jsou přiřazeny informace z tzv. projektového inkubátoru propojené s ekonomickým informačním systémem prostřednictvím čísla projektu. Identifikovat projekt v inkubátoru samostatným jednotným číslem shodným s číslováním v informačním systému je tedy stěžejní pro vytvoření modelu. Dimenze Strategie je propojena s projekty a obsahuje informace o struktuře strategických oblastí a prioritních osách. Dimenze Strategie dělá z modelu schéma SNOWFLAKE<sup>6</sup>.

<sup>5</sup> Tabulky dimenzí jsou de facto podnikové číselníky [7].

<sup>6</sup> SNOWFLAKE je vyjádření pro schéma založeném na řetězci provázaných tabulek pro více souvisejících úrovní v hierarchii dimenzí [7].

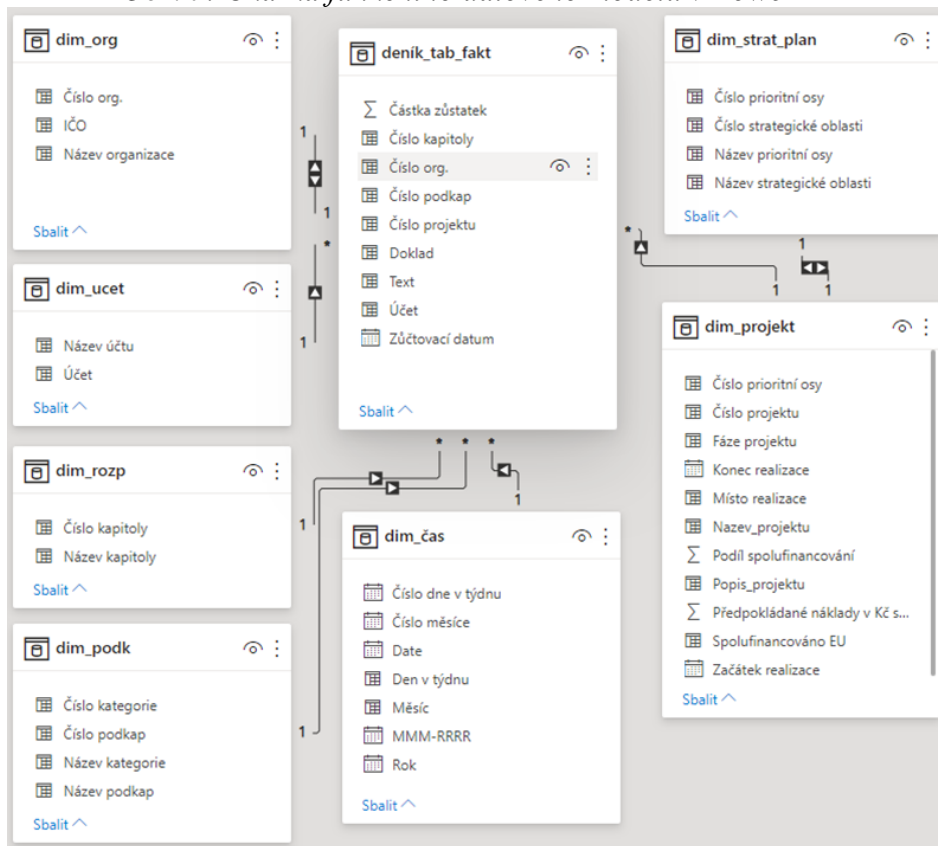


Obr. 6: Multidimenzionální uložení dat



Zdroj: Vlastní zpracování

Obr. 7: Ukázka funkčního datového modelu v Power BI



Zdroj: Vlastní zpracování v Power BI

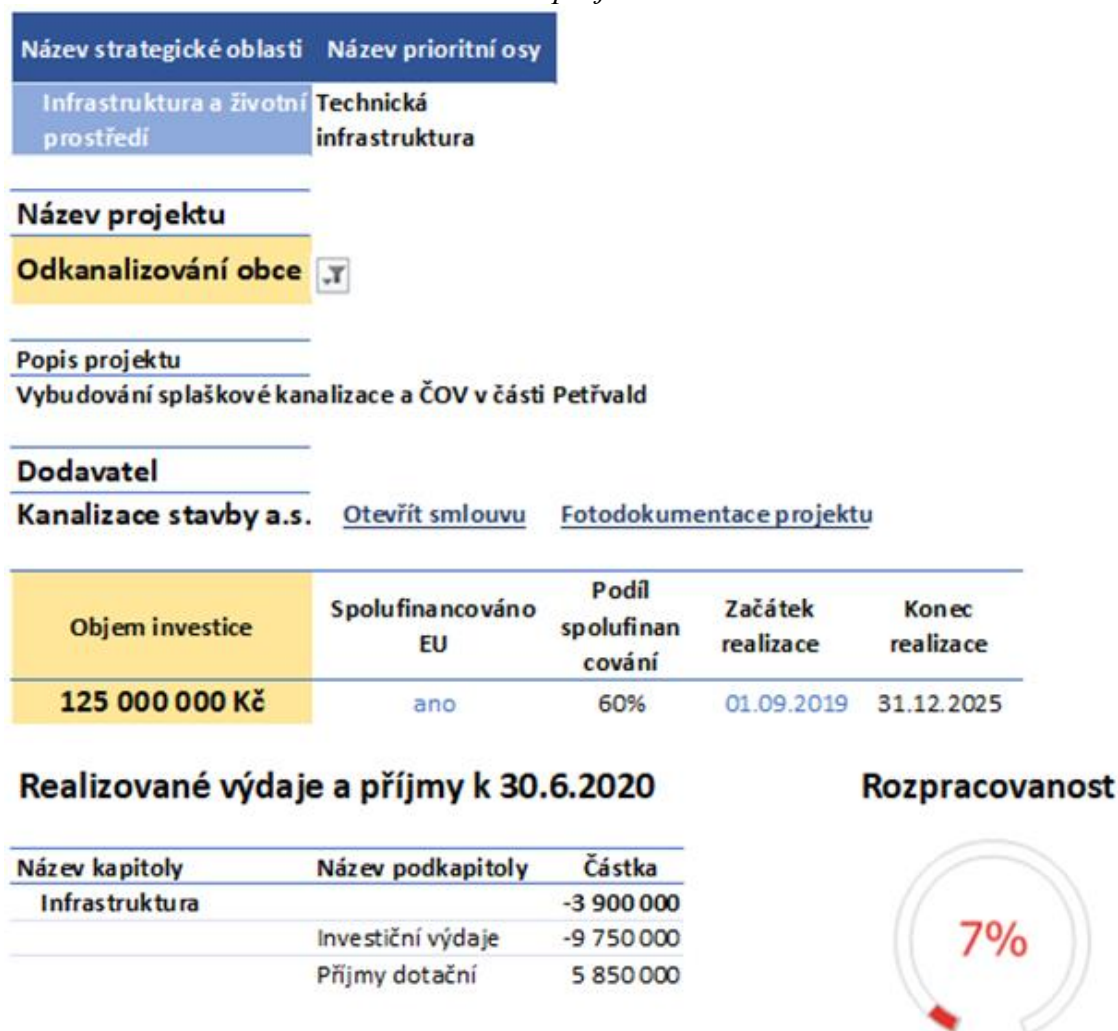
Systémové propojení projektového inkubátoru s informačními systémy územní jednotky a zároveň online sdílení pro veřejné účely, dá obyvatelům se zájmem o veřejné dění k dispozici nástroj pro strukturovaný, souvislý a logicky propojený přehled o čerpání plánovaných výdajů a příjmů a popisu stavu realizace projektu.

### 3.2 Vizuální zpracování implementace strategického plánu a prezentace aktuálního stavu

Vizualizace dat interpretuje požadované informace a může být provedena v různé podobě dle požadavků příjemce informace. Dashboard aplikace uspořádají a prezentují klíčové indikátory v přehledné a intuitivní podobě.

Vytvoření online projektového listu je jedna z možností vizualizace dat. S datovým modelem je možné zpracovat několik variací přehledů, jeden z nich může být např. agregované naplňování plánu dle strategických oblastí a prioritních os,

Obr. 8: Příklad projektového listu



Zdroj: Vlastní zpracování

Vizualizaci dat jako je například projektový list je možné vytvořit v Power BI Desktop a report sdílet prostřednictvím služby Power BI Service. Přínosným nástrojem pro vizualizaci dat je také



např. Tableau, který k tvorbě reportů a dashboardů z různých datových zdrojů nabízí desktopového klienta. Prostřednictvím on-premise Tableau Server, pak lze tyto reporty sdílet a publikovat ve webovém prohlížeči. Pro vytvoření žádoucí vizualizace dat se také nabízí využití profesionálních služeb pro vytváření on-line webových aplikací na míru dle zadání a technických požadavků na správu a funkčnost systému.

Výstupem je tedy využití datového modelu a vytvoření přehledných, on-line (s měsíční aktualizací) ideálně webových aplikací, které budou obsahovat všechny důležité informace o realizovaných projektech a dojde tak ke spojení údajů ze strategického plánu a reálně uskutečněných výdajích a příjmech v rámci jednotlivých projektů.

### 3.3 Formulace doporučení k další využitelnosti výzkumu

Už na počátku strategického plánování by si měla územní jednotka ujasnit nejen k čemu strategický plán slouží, ale také jak jej bude prezentovat a jakým způsobem bude veřejně sdílet data o jeho realizaci.

Autor této práce je dodavatelem strategických plánů pro obce a zpracovatelem jejich projektových inkubátorů. Celým obsahem projektového inkubátoru je úvodní seznam projektů a následují projektové karty s podrobnějšími informacemi o lokaci projektu včetně přiblížení na mapě, doprovázené fotodokumentací. Následně v průběhu času je projektový inkubátor aktualizován a rozdělen na plánované a realizované projekty. Je to snaha o veřejné sdílení informací o rozvoji obce.

Vzhledem k rozvoji informačních technologií je žádoucí toto posunout dále. Přesunout tyto informace na web obce, kde budou online k dispozici. Ekonomické údaje doplnit i věcnými informacemi jako je např. zobrazení smlouvy s dodavatelem, proklik na fotodokumentaci, lokaci projektu apod.

Vše ovšem záleží na ochotě obce, resp. jakékoli územní jednotky investovat do těchto technologií a poskytnout tak obyvatelům aktuální informace. Zároveň také ochotě tyto informace průběžně aktualizovat a spravovat, jako např. aktualizace údajů v projektovém inkubátoru, fotodokumentace aj. Dnes už několik zejména měst má tzv. rozklikávací rozpočet na svém webu. Zároveň už na úrovni vyšších územních jednotek vznikají strategické plány rozvoje Smart Cities s obsáhlým popisem všech relevantních oblastí. Toto dává naději, že se technologie v oblasti Smart Cities stále rozvíjejí a rozvíjet budou.

## 4 Závěr

Tato práce je pokusem o nastínění technického řešení založeném na datovém modelu, který propojuje informace ze strategického plánu, resp. projektového inkubátoru s ekonomickým informačním systémem územní jednotky. Zároveň nastiňuje možnosti jak tyto získané informace o konfrontaci plánu a reality veřejně sdílet a poskytnou tak obyvatelům jakožto koncovým uživatelům pravidelně aktualizované informace přenesené pomocí vizualizačních metod do přehledné podoby.

**Příspěvek byl zpracovaný v rámci řešení grantového projektu SGS č. SP2020/125 Modelování sémantické neurčitosti ve Smart Cities, financovaném Ministerstvem školství, mládeže a tělovýchovy ČR.**

**Literatura**

- [1] Akademické centrum studentských aktivit, (2020). *Strategické plánování*. [online]. Dostupné na: <https://www.acsa.cz/verejnasprava/uzitecne/strategicke-planovani/> [cit. 2020-11-17].
- [2] Laurenčík, M. (2018). *SQL Podrobný průvodce uživatele*. Praha: Grada. ISBN 978-80-271-0774-2.
- [3] Máče, M. (2019). *Finanční účetnictví veřejného sektoru*. Praha: Grada. ISBN 978-80-271-2002-4.
- [4] Ministerstvo pro místní rozvoj ČR (2020). *Databáze strategií*. [online]. Dostupné na: <https://www.databaze-strategie.cz/> [cit. 2020-11-17].
- [5] Obec Mořkov, (2020). *Strategický plán obce Mořkov pro období 2015 – 2020*. [online]. Dostupné na: <https://www.obec-morkov.cz/strategicky-plan-obce-pro-obdobi-2015-2020> [cit. 2020-11-17].
- [6] Obec Petřvald, (2020). *Strategický plán rozvoje Obce Petřvald pro období 2017-2021*. [online]. Dostupné na: <https://www.petrvaldobec.cz/urad-2/strategicky-plan-rozvoje-obce-petrvald-pro-obdobi-2017-2021/> [cit. 2020-11-17].
- [7] Pour, J., Maryška, M., Stanovská, I. a Šedivá, Z. (2018). *Self Service Business Intelligence. Jak si vytvořit vlastní analytické, plánovací a reportingové aplikace*. Praha: Grada. ISBN 978-80-271-0616-5.

## Tradičná výučba versus diaľková on-line výučba pri štúdiu informatiky na vysokej škole

Pavol Jurík<sup>1</sup>

### Abstrakt

Pandémia ochorenia COVID-19 spôsobovaného vírusom SARS-CoV-2, ktorá zachvátila svet v roku 2020, závažným spôsobom zasiahla do mnohých oblastí spoločenského života. Výrazne sa pohoršilo mnohým odvetviam podnikateľského sektora, v dôsledku čoho množstvo ľudí prišlo o prácu a ich rodiny sa dostali do nepriaznivej finančnej situácie. Zmenil sa tiež typický spôsob života. Opakované odstávky ekonomiky (tzv. „lockdowny“) a zákazy vychádzania z obydli spôsobili, že ľudia začali oveľa viac času tráviť doma. Viac času stráveného spolu niektorým rodinám prospieva, iným menej – v závislosti od kvality medziľudských vzťahov v tej-ktorej rodine. Zásadným zmenám sa nevyhla ani oblasť školstva. Nútený prechod na diaľkovú výučbu prostredníctvom rozličných on-line systémov na podporu vzdelávania podrobil skúške nielen študentov, ale aj samotných učiteľov. Jedni aj druhí si museli zvyknúť na novú formu výučby, ktorá so sebou prináša určité benefity, no zároveň má aj množstvo úskalí. V tomto článku by sme radi prezentovali výsledky prieskumu realizovaného so študentmi odborov zameraných na oblasť IT na Ekonomickej univerzite v Bratislave. V prieskume sme zisťovali, ako hodnotia vzdelávanie na diaľku prostredníctvom nástroja MS Teams v porovnaní s tradičnou výučbou v triedach, ktorú zažili predtým.

### Kľúčové slová

E-learning, prezenčná výučba, diaľková výučba, COVID-19, pandémia, MS Teams

### Abstract

The pandemic of the COVID-19 disease caused by the SARS-COV2 virus, which overpowered the world in 2020, has severely affected many areas of social life. The situation has deteriorated significantly in many sectors of the business sector, as a result of which many people have lost their jobs and their families have found themselves in an unfavorable financial situation. The typical way of life has also changed. Repeated lockdowns of the economy and bans on leaving housing have caused people to start spending much more time at home. While more time spent together can be beneficial for some families, for other families it's less beneficial – depending on the quality of interpersonal relationships in that family. The area of education did not escape fundamental changes either. The forced transition to distance learning through various online education support systems has put not only students but also teachers themselves to a test of their capabilities. Both students and teachers had to get used to a new form of teaching with its benefits and pitfalls. In this article, we would like to present the results of a survey conducted with students at the University of Economics in Bratislava whose field of study is focused on IT. In the survey, we found out how they evaluate distance learning through the MS Teams learning support tool in comparison with the traditional classroom teaching they experienced before.

### Key words

E-learning, classroom learning, distance learning, COVID-19, pandemic, MS Teams

### JEL classification

I20, I21

---

<sup>1</sup> Ekonomická univerzita v Bratislave, Fakulta hospodárskej informatiky, Katedra aplikovanej informatiky, Dolnozemska cesta 1, 852 35 Bratislava, pavol.jurik.euba@gmail.com.

## 1 Úvod

Pandémia ochorenia COVID-19 spôsobovaného vírusom SARS-CoV-2, ktorá sa objavila po prvýkrát v čínskom meste Wu-chan v decembri 2019 a svet zachvátila v roku 2020, závažným spôsobom zasiahla do mnohých oblastí spoločenského života. Zasiahlo to ekonomiku, školstvo, spôsob trávenia voľného času, medziľudské vzťahy, ako aj psychiku ľudí a ich nazeranie na svet. Spoločnosť Finstat, s. r. o. vypracovala zaujímavé štatistiky o európskych obchodných spoločnostiach, ktoré sú najviac v negatívnom slova zmysle zasiahnuté obmedzeniami prijatými na odvrátenie alebo spomalenie šírenia vírusu SARS-CoV-2. Výsledky tejto štúdie prezentuje server Podnikajte.sk, podľa ktorého môžeme medzi 12 najpoškodenějších odvetví ekonomiky z európskeho hľadiska zaradiť tieto (Podnikajte.sk, 2020):

1. podniky podávajúce jedlá,
2. zábava a rekreácia,
3. podniky podávajúce nápoje,
4. školské a vzdelávacie služby,
5. taxislužby,
6. hotely a motely,
7. divadelná produkcia a súvisiace služby,
8. členské športové a rekreačné kluby,
9. športové kluby, manažéri a promotéri,
10. cestovné agentúry,
11. ubytovne a penzióny,
12. opatrovateľská starostlivosť.

Jednotlivé odvetvia sú v tomto zozname uvedené zostupne podľa počtu obchodných spoločností, ktoré v nich pôsobia. Školské a vzdelávacie služby sa umiestnili na štvrtom mieste, pričom ide o súkromné spoločnosti zabezpečujúce doučovanie či vzdelávanie za účelom poskytovania rozličných certifikátov a pod (napr. jazykové kurzy, certifikáty počítačovej gramotnosti, rekvalifikačné kurzy na lepšie uplatnenie sa absolventov na trhu práce a iné). V tomto článku nás však zaujíma klasické školstvo. Pandémia ochorenia COVID-19 vážnym spôsobom zasiahla do vzdelávania na všetkých troch stupňoch škôl (t. j. základné, stredné aj vysoké školstvo) vrátane predškolskej výchovy. Vzdelávanie sa zo školských lavíc presunulo do obývačiek a detských izieb a priamy medziľudský kontakt medzi žiakom a učiteľom ako aj medzi žiakmi navzájom sa nahradil kontaktom sprostredkovaným cez webkamery, mikrofóny a prezentácie.

V tomto článku nechceme polemizovať nad oprávnenosťou zatvorenia škôl ako preventívneho opatrenia proti šíreniu vírusu. Mnohé vedecké štúdie komunikované verejnosti Igorom Bukovským v rámci jeho kanála na sociálnej sieti YouTube poukazujú na to, že zatvorené školy majú iba minimálny vplyv na redukciiu šírenia vírusu a prínos tohto opatrenia je preto otáznym (Bukovský, 2020). Táto téma však patrí do kompetencie a odborného posúdenia špecialistom z oblasti epidemiológie a virológie, a preto nám neprináleží, aby sme sa k nej v tomto článku vyjadrovali.

Naším cieľom je uskutočniť prieskum postojov a názorov študentov vo vzťahu k prechodu na diaľkovú on-line výučbu oproti tradičnej výučbe v triedach vo vysokoškolskom prostredí so zameraním na výučbu informatiky. Postoj študentov k diaľkovej on-line výučbe môže byť do veľkej miery ovplyvnený tým, o aký študijný odbor ide a taktiež špecifikami konkrétneho predmetu. Je možné, že napr. študenti medicíny vnímajú túto problematiku inak ako študenti informačných technológií alebo študenti sociálnych vied. Pre získanie komplexných výsledkov by bolo potrebné zrealizovať prieskum naprieč rôznymi odbormi. Okrem zamerania štúdia môžu byť výsledky takéhoto prieskumu ovplyvnené aj ďalšími aspektmi. Logicky sa dá predpokladať, že učivo, ktoré si vyžaduje praktickú zručnosť sa ťažšie osvojuje na diaľku než učivo, ktoré je

založené len na pochopení teoretických súvislostí. Dôležité je tiež nadobúdanie komplexných vedomostí vo vzájomných súvislostiach – t. j. študenti by si mali uvedomovať ako spolu jednotlivé predmety a učivá súvisia. Tým sa vytvoria asociácie medzi jednotlivými pojmi a faktmi, vďaka čomu si ich študenti môžu ľahšie zapamätať. Ako príklad môžeme uviesť článok *Use of Interactive Applications in Education of the Issues of Efficient Use of Energy in Building*, ktorý opisuje skúsenosti s vyučovaním možných spôsobov riešenia kombinovaných problémov (informatika, ekonomika a energetika) pri optimalizácii využívania energie (Adamuščin, Glatz, Kultán & Mišota, 2019). Ďalej sa dá predpokladať, že pri komunikácii v skupinkách sa dosahuje vyššia efektívnosť pri priamom medziľudskom kontakte („face-to-face“), ako pri kontakte sprostredkovanom cez informačné a komunikačné technológie (IKT), pri ktorom sa stráca určitá časť neverbálnej zložky komunikácie (rozličné gestá, výrazy tváre, tón hlasu a podobne – v závislosti od toho, aké konkrétne prostriedky sa na sprostredkovanie komunikácie použijú). Bolo by zaujímavé tiež skúmať vplyv medziľudských vzťahov v rodine na efektívnosť diaľkovej výučby v domácom prostredí. Dá sa totiž predpokladať, že rodiny, v ktorých vládne väčšia harmónia a vzájomná súdržnosť, vytvárajú lepšie podmienky a prostredie pre žiakov alebo študentov na ich samoštúdium, resp. na ich účasť na on-line vzdelávaní riadenom vyučujúcim na diaľku. Úlohou školstva je pripraviť mladých ľudí na život, odovzdať im množstvo vedomostí, rozvinúť ich intelekt a vyjadrovacie schopnosti a popri tom ich viesť k tomu, aby z nich boli spoľahliví, zodpovední a uvedomelí ľudia. Nepochybne ide o veľmi komplexnú a závažnú tému, ktorá si vyžaduje náležitú pozornosť a nie je v možnostiach tohto článku ju analyzovať v jej plnej šírke a hĺbke.

Primárnym cieľom tohto článku bolo uskutočniť prieskum sumarizujúci názory a postoje študentov odborov zameraných na informačné technológie vyučovaných na Fakulte hospodárskej informatiky Ekonomickej univerzity v Bratislave z hľadiska toho, ako vnímajú diaľkovú on-line výučbu v porovnaní s tradičnou výučbou v triedach, ktorú absolvovali predtým a na ktorú boli zvyknutí. Prieskumu sa zúčastnili študenti tretieho ročníka bakalárskeho štúdia (študijný odbor hospodárska informatika) a študenti prvého ročníka inžinierskeho štúdia (študijný odbor informačný manažment). Výučba na Ekonomickej univerzite v Bratislave prebiehala od začiatku akademického roka 2020/2021 prostredníctvom nástroja na elektronickú podporu vzdelávania MS Teams. Prieskum sme uskutočnili v decembri 2020, teda v čase, kedy sa končil zimný semester a študenti už mali dostatočné skúsenosti s novým spôsobom výučby na to, aby boli schopní sa k nemu adekvátne vyjadriť. Radi by sme zdôraznili, že zámerom tohto článku nie je kritizovať MS Teams a ani diaľkovú výučbu ako takú. Naším zámerom bolo zozbierať údaje priamo od študentov a zistiť, či viac preferujú tradičnú výučbu v triedach alebo diaľkovú výučbu s pomocou nástroja, akým je MS Teams. Výsledky pritom môžu poslúžiť ako podklad pri rozhodovaní sa o tom, akú formu výučby zvoliť v budúcnosti v podobných situáciách, resp. ako nastaviť podmienky tak, aby boli študenti spokojní a aby im štúdium prinášalo to, čo od neho očakávajú.

## 2 Základné charakteristiky MS Teams

MS Teams je systém na podporu diaľkového on-line vzdelávania vytvorený firmou Microsoft. Vzdelávacie inštitúcie majú možnosť zabezpečiť si k nemu bezplatný prístup prostredníctvom ponuky on-line balíka kancelárskych aplikácií Microsoft 365 (pred aprílom 2020 označovaného Office 365), a to bezplatne. Pre jeho nasadenie na školský server a tiež pre jeho administráciu zo strany správcu školského servera existujú presné metodiky a návody, ktoré sú zverejnené na serveri Ucimenadialku.sk (Ucimenadialku.sk, 2020). Tento server tiež poskytuje videonávody pre študentov aj učiteľov, ktoré objasňujú základné princípy používania MS Teams z pohľadu tej-ktorej skupiny používateľov. Ide teda o dobre zdokumentovaný a ľahko dostupný softvér. Problematikou využívania balíčka Office 365 vo vzdelávaní sa zaoberá článok *Ispolzovanije Office 365 dlja realizacii vebinarov* (Schmidt, Kultán & Rachimdzhanova, 2017).

MS Teams umožňuje učiteľom zatriediť žiakov alebo študentov do skupín, časovo rozvrhnúť výučbu pre jednotlivé skupiny a vyučovať prostredníctvom živého prenosu obrazu aj zvuku v reálnom čase. Učiteľ má možnosť zdieľať so svojimi študentmi prezentácie alebo iné dokumenty (napr. súbory vo formáte .docx, .pdf, .xls), prípadne s nimi zdieľať celú svoju pracovnú plochu na počítači a jej aktuálny obsah. Možnosť zdieľať svoju pracovnú plochu a rozličné dokumenty majú aj sami študenti. V tom prípade ich plochu alebo dokument vidí nielen vyučujúci, ale aj ostatní študenti zaradení do tej istej skupiny. Všetci zúčastnení majú tiež možnosť komunikovať spolu prostredníctvom četu. MS Teams podporuje aj bezplatný telefonický hovor medzi účastníkmi (vhodný pre individuálne konzultácie) a dá sa prepojiť s tradičnými LMS (Learning Management System) aplikáciami, akými sú napr. Canvas, Schoology, Blackboard, DL2-Brightspace alebo Moodle (Microsoft.com, 2020). Dá sa tiež prepojiť s Akademickým informačným systémom (AIS), často používaným na univerzitách, pričom presný postup ako to urobiť uvádza Anna Strešňáková vo svojom článku *Kooperácia aplikácií Teams a AIS v on-line výučbe* (Strešňáková, 2020). Toto prepojenie je výhodné najmä za účelom zjednodušenia zaraďovania študentov do jednotlivých tímov.

### 3 Charakteristika prieskumu a jeho výsledky

Ako sme už uviedli, zrealizovali sme prieskum, v ktorom sme zisťovali názory a postoje študentov informatiky na Ekonomickej univerzite v Bratislave týkajúce sa toho, ako hodnotia diaľkovú on-line výučbu prostredníctvom nástroja MS Teams oproti tradičnej výučbe v triedach, s ktorou mali skúsenosť v minulosti. Prieskum sa konal na konci zimného semestra akademického roka 2020/2021 od 8. decembra 2020 do 22. decembra 2020 a zúčastnili sa ho študenti tretieho ročníka bakalárskeho štúdia (študijný odbor hospodárska informatika) a študenti prvého ročníka inžinierskeho štúdia (študijný odbor informačný manažment). Výučba na Ekonomickej univerzite v Bratislave v zimnom semestri akademického roka 2020/2021 sa započala 28. septembra 2020 a od začiatku prebiehala prostredníctvom nástroja MS Teams, charakterizovaného v kapitole 2. Celkový počet tretiakov študujúcich na bakalárskom študijnom odbore hospodárska informatika v predmetnom semestri bol 89, zatiaľ čo celkový počet prvákov na inžinierskom odbore informačný manažment bol 95. Prieskumu sa teda malo možnosť zúčastniť 184 študentov, spomedzi ktorých túto možnosť využilo 103. Návratnosť prieskumu teda bola 55,98%. Spomedzi 103 zúčastnených bolo 71 tretiakov a 32 štvrtákov.

Prieskum sme zrealizovali pomocou on-line nástroja Google Formuláre, v ktorom sme vytvorili dotazník. Ten celkovo zahŕňal týchto 6 otázok:

1. Ste študentom:
  - a. 3. ročníka.
  - b. 4. ročníka.
2. Má podľa Vás vzdelávanie na diaľku cez MS Teams nejaké výhody oproti tradičnému vzdelávaniu v triedach? Ak áno, aké? (vlastná textová odpoveď)
3. Aké sú podľa Vás nedostatky vzdelávania na diaľku cez MS Teams oproti tradičnému vzdelávaniu v triedach? (vlastná textová odpoveď)
4. Uprednostnili by ste v budúcnosti vzdelávanie tradičnou formou v triedach alebo diaľkovou formou cez MS Teams? (vlastná textová odpoveď)
  - a. Uprednostňujem vzdelávanie v triedach.
  - b. Uprednostňujem diaľkové vzdelávanie pomocou MS Teams.
  - c. Iné (vlastná textová odpoveď).
5. Čo Vám na diaľkovom vzdelávaní pomocou MS Teams vadí najviac? (vlastná textová odpoveď)

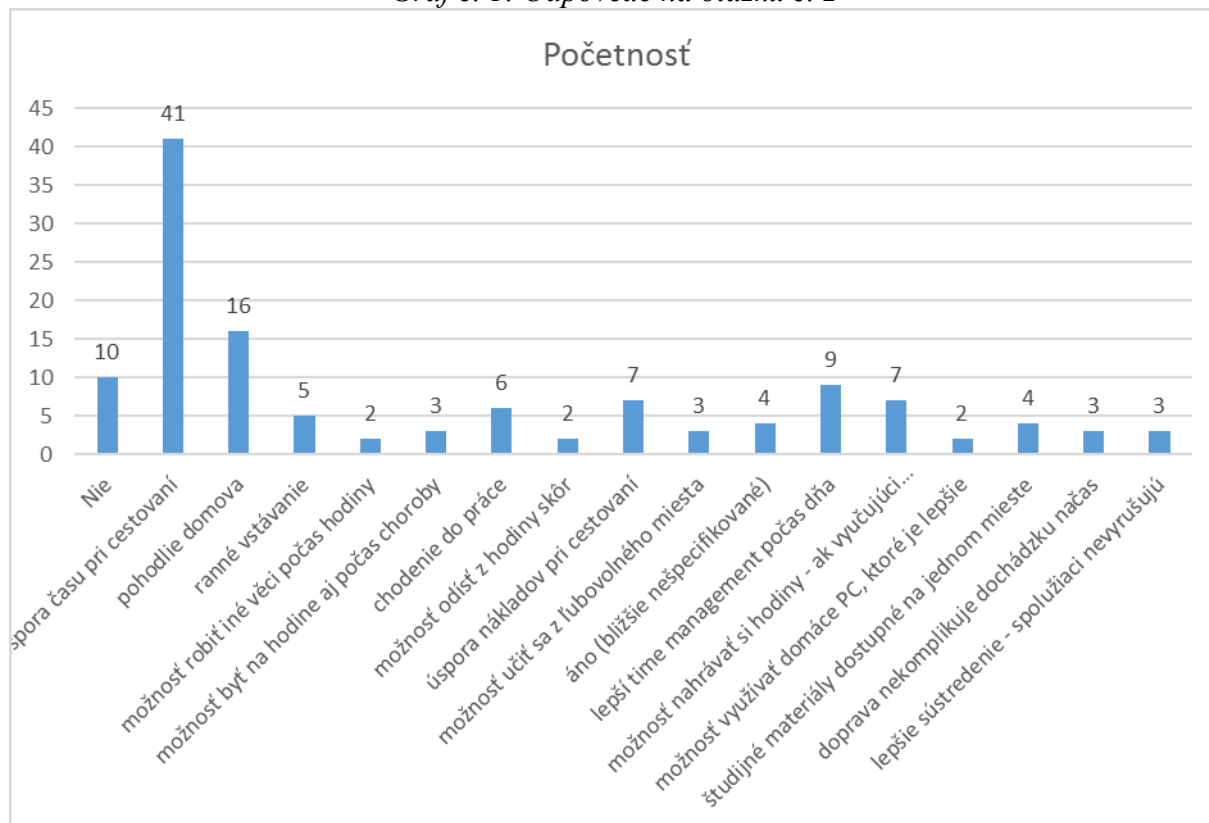
6. Myslíte si, že sa dokážete naučiť viac pri diaľkovom vzdelávaní pomocou MS Teams alebo pri tradičnom vzdelávaní v triedach?
- Viac sa naučím pri diaľkovom vzdelávaní cez MS Teams.
  - Viac sa naučím pri tradičnom vzdelávaní v triedach.
  - Je to jedno – nezáleží na tom.

V prvej otázke sme sa pýtali, či ide o študenta, resp. študentku 3. alebo 4. ročníka. Túto otázku sme kládli preto, aby bolo možné vzájomne porovnať odpovede tretiakov a štvrtákov. Povolený rozsah tohto článku však neumožňuje takéto porovnanie vykonať, a preto sme vykonali iba celkovú analýzu – t. j. za tretí a štvrtý ročník dohromady.

V druhej otázke sme zisťovali, či má podľa študentov vzdelávanie na diaľku cez MS Teams nejaké výhody oproti tradičnému vzdelávaniu v triedach a ak áno aké. Získali sme množstvo rozličných odpovedí, pričom každý študent mal možnosť uviesť ľubovoľný počet výhod. Najčastejšie uvádzanou výhodou diaľkového vzdelávania bola „úspora času pri cestovaní“. Túto výhodu uviedlo 41 respondentov, t. j. 39,81% z celkového počtu 103 študentov, ktorí vyplnili dotazník. Na druhom mieste sa umiestnilo „štúdium z pohodlia domova“. Takúto odpoveď vyjadrilo 16 respondentov, t. j. 15,53% z celkového počtu. Treťou najpočetnejšou odpoveďou bola odpoveď „nie“ (t. j. vzdelávanie na diaľku cez MS Teams nemá oproti tradičnému vzdelávaniu v triedach žiadne výhody), ktorú vyjadrilo 10 respondentov, t. j. 9,71% z celkového počtu. 9 respondentov sa vyjadrilo, že ako výhodu diaľkového vzdelávania vníma „lepší time management počas dňa“ – vedia si teda lepšie zorganizovať svoj čas, keďže nemusia „strácať čas“ cestovaním. 7 respondentov vníma ako výhodu tiež „úsporu nákladov pri cestovaní“. Všimnime si, že úspora času a jeho lepšie využitie je pre študentov dôležitejšie než cestovné náklady. Rovnaký počet respondentov ako výhodu tiež vidí „možnosť spätne si pozrieť záznam z vyučovacej hodiny – ak to ten-ktorý vyučujúci podporuje“. 6 študentov sa vyjadrilo, že vďaka diaľkovej výučbe majú vytvorené lepšie podmienky na to, aby mohli popri škole pracovať. 5 študentov ako výhodu uviedlo „neskoršie ranné vstávanie“. V tejto súvislosti zacytujeme jednu z odpovedí: „Výhoda pre mňa je, že nemusím skoro vstávať a môžem sa zobudiť 15 minút pred začiatkom hodiny“. Štyria respondenti uviedli iba stručnú odpoveď „áno“, t. j. „diaľková výučba cez MS Teams má oproti tradičnej výučbe určité výhody“, no tieto výhody bližšie nešpecifikovali. Rovnaký počet respondentov vidí výhodu v tom, že „všetky študijné materiály sú dostupné na jednom mieste – ak ich vyučujúci nahráva do Teams.

Nasledujúce štyri odpovede mali rovnakú početnosť – objavili sa trikrát – a to: „možnosť byť na vyučovacej hodine aj počas choroby“, „možnosť učiť sa z ľubovoľného miesta“, „doprava/cestovanie nekomplikuje včasnú dochádzku na vyučovanie“ a „lepšie sústredenie – spolužiaci nevyrušujú“. Dvakrát boli uvedené nasledovné odpovede: „možnosť robiť iné veci počas hodiny“, „možnosť odísť z hodiny skôr“ a „možnosť využívať pri práci domáce PC, ktoré je lepšie/rýchlejšie ako PC v škole“. Získali sme tiež odpovede, spomedzi ktorých sa každá objavila iba raz. Medzi tieto odpovede patria: „možnosť ľahšieho podvádzania na skúške (poznámky na druhom monitore, kamarát radí cez Skype,...)“, „učiteľ prichádza vďaka on-line výučbe na hodinu načas“, „možnosť písať si so spolužiakmi počas hodiny“, „možnosť oddychovať počas hodiny“ a „menej stresu z vyučovania“. Všetky odpovede, ktoré sa objavili viac ako jedenkrát, a ich početnosti sú zobrazené v grafe č. 1.

Graf č. 1: Odpovede na otázku č. 2

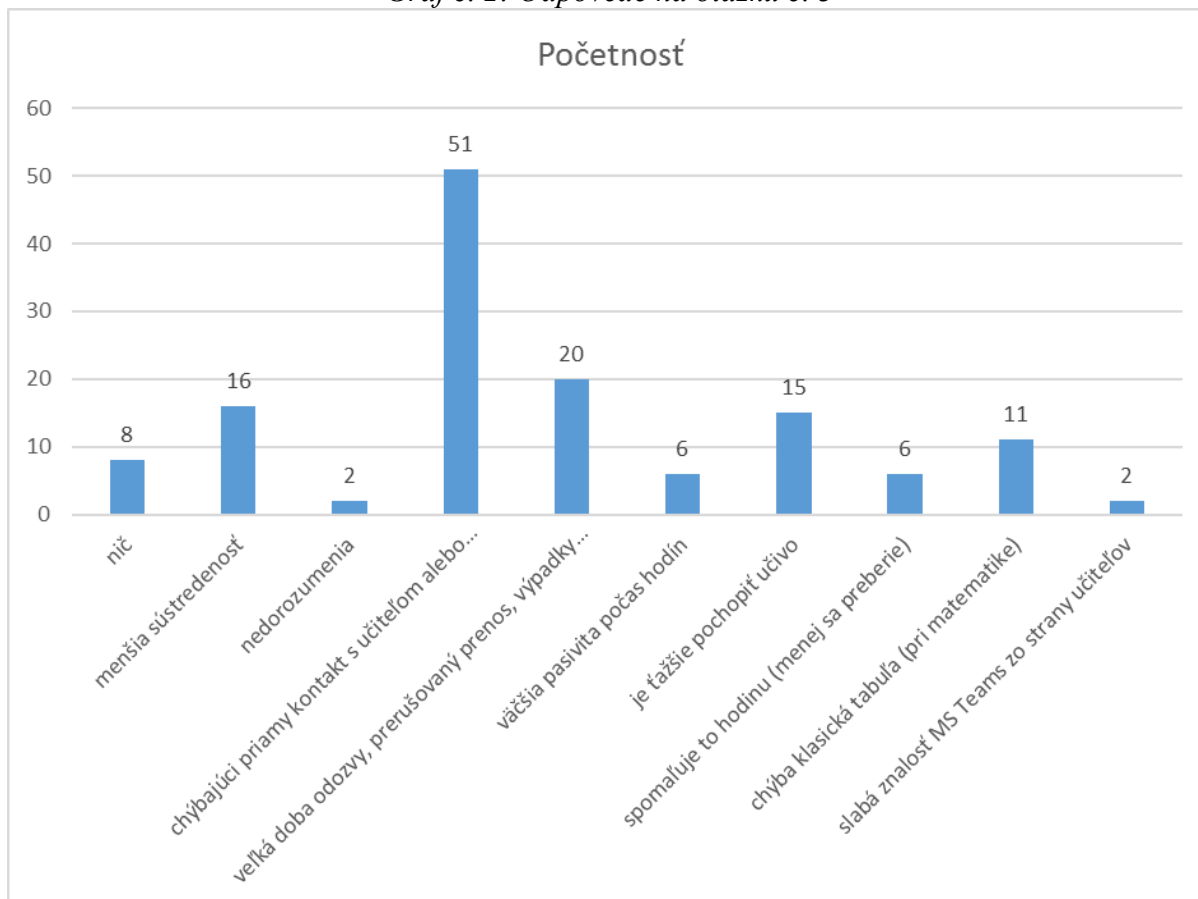


Zdroj: autor

V otázke č. 3 sme sa pýtali, čo študenti vnímajú ako nedostatky diaľkového vzdelávania s pomocou MS Teams oproti tradičnému vzdelávaniu v triedach. Až 51 študentov (t. j. 49,51%) sa vyjadrilo, že ako problém vnímajú „chýbajúci priamy kontakt so spolužiakmi alebo vyučujúcim“. Na druhom mieste v rebríčku nedostatkov sa umiestnili „technické problémy“ súvisiace s veľkou dobou odozvy systému MS Teams (napr. pri prepínaní snímok prezentácie a celkovom „načítaní“ systému), s výpadkami internetu, s poruchami mikrofónu, webkamery a pod. Technické problémy ako nedostatok sa objavili v 20-tich odpovediach, ktoré predstavujú 19,42% získaných odpovedí. Na treťom mieste rebríčku nevýhod sa objavila „menšia sústredenosť študentov pri diaľkovom on-line vzdelávaní“. Uviedlo to 16 študentov, t. j. 15,53% z celkového počtu 103 respondentov. Až 15 študentov sa vyjadrilo, že pri diaľkovej on-line výučbe je pre nich ťažšie pochopiť učivo. 11 študentov ako problém vníma aj „absenciu klasickej školskej tabule“, ktorá im chýba najmä pri matematicky orientovaných predmetoch. V tejto spojitosti zacytujeme jednu z odpovedí: „Matematicko zamerané predmety typu operačný výskum/vybrané kapitoly z matematiky sa ťažšie a pomalšie učia takto na diaľku, preda len na tabuli sa píše rýchlejšie a stihne sa toho viac prejsť...“. 8 študentov ako odpoveď uviedlo „nič“, čo značí, že podľa nich diaľkové vzdelávanie pomocou MS Teams nemá oproti tradičnému vzdelávaniu v triedach žiadne nedostatky. 6 študentov ako problém vníma to, že sú počas vyučovania na diaľku pasívnejší a rovnaký počet študentov si myslí, že diaľková výučba spomaľuje hodinu a preberie sa tak menej učiva ako pri tradičnom vyučovaní. Dvaja respondenti uviedli, že pri diaľkovej výučbe dochádza k nedorozumeniam, ku ktorým by pri komunikácii tvárou v tvár nedošlo a rovnaký počet respondentov vidí problém tiež v slabých znalostiach práce s MS Teams zo strany vyučujúcich. Jeden respondent ako problém uviedol „chýbajúcu emóciu z prednášania“. Všetky odpovede, ktoré sa objavili viac ako jedenkrát, sú uvedené v grafe č. 2.



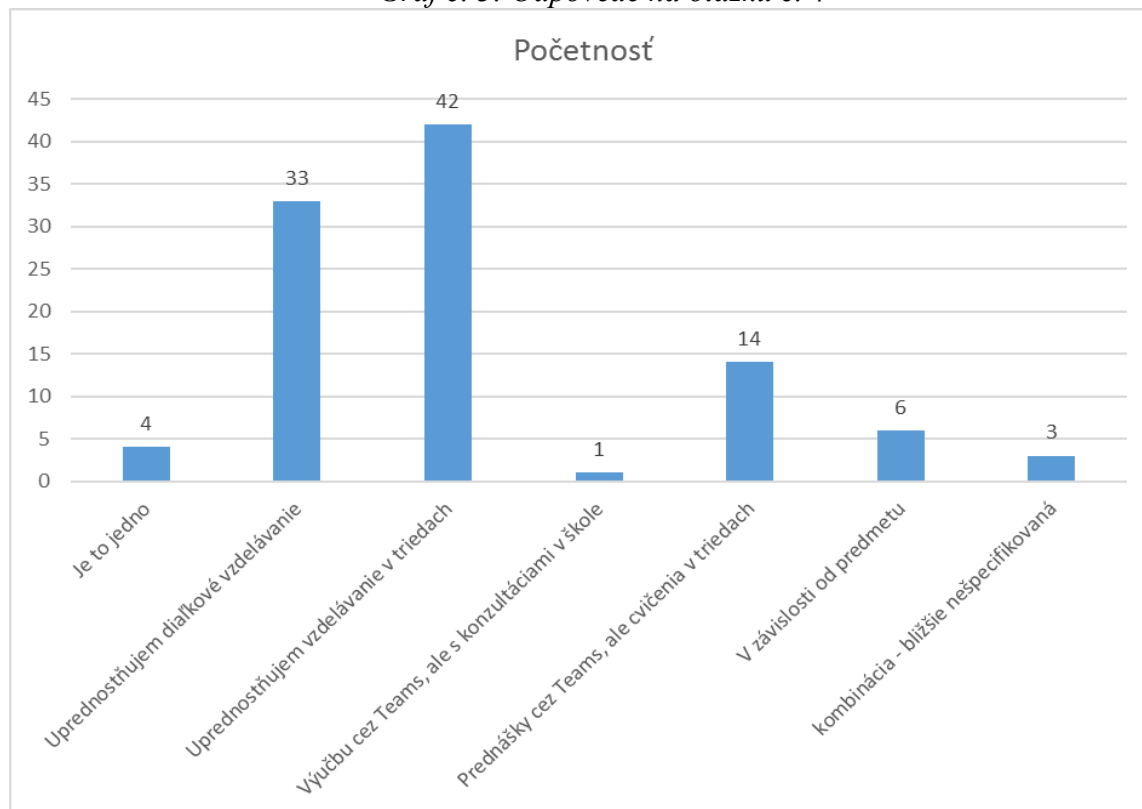
Graf č. 2: Odpovede na otázku č. 3



Zdroj: autor

V otázke č. 4 sme sa pýtali, či by študenti na základe svojich doterajších skúseností s oboma formami výučby v budúcnosti uprednostnili diaľkové vzdelávanie prostredníctvom MS Teams alebo tradičné vzdelávanie v triedach. Študenti mali možnosť buď zakliknúť odpoveď „Uprednostňujem vzdelávanie v triedach“ alebo odpoveď „Uprednostňujem diaľkové vzdelávanie pomocou MS Teams“ alebo odpoveď „Iné“, pri ktorej mal každý študent možnosť naformulovať svoju vlastnú textovú odpoveď. Najväčšiu početnosť mala odpoveď „Uprednostňujem vzdelávanie v triedach“, ktorú zvolilo 42 študentov, čo predstavuje 40,78% respondentov. Na druhom mieste z hľadiska početnosti sa umiestnila odpoveď „Uprednostňujem diaľkové vzdelávanie pomocou MS Teams“, ktorú zakliklo 33 študentov, teda 32,04% z celkového počtu. Zvyšných 28 študentov zvolilo možnosť „Iné“. V rámci týchto odpovedí sa najčastejšie objavoval názor, podľa ktorého by bolo ideálne „vyučovať prednášky on-line cez MS Teams a cvičenia realizovať klasickou prezenčnou formou v triedach“. Tento názor vyjadrilo 14 študentov. 6 študentov sa vyjadrilo, že forma výučby (t. j. jej realizácia na diaľku cez MS Teams alebo tradične v triedach) by mala závisieť od konkrétneho predmetu. Inými slovami, pri niektorých predmetoch je vraj lepšie zvoliť tradičnú výučbu, zatiaľ čo pri iných stačí aj diaľková výučba. Štyrom študentom je to podľa ich slov jedno, či sa učí jedným spôsobom alebo tým druhým a traja sa vyjadrili, že uprednostňujú kombináciu oboch prístupov, ktorú však bližšie nešpecifikovali. Všetky odpovede sme zaznamenali do grafu č. 3.

Graf č. 3: Odpovede na otázku č. 4



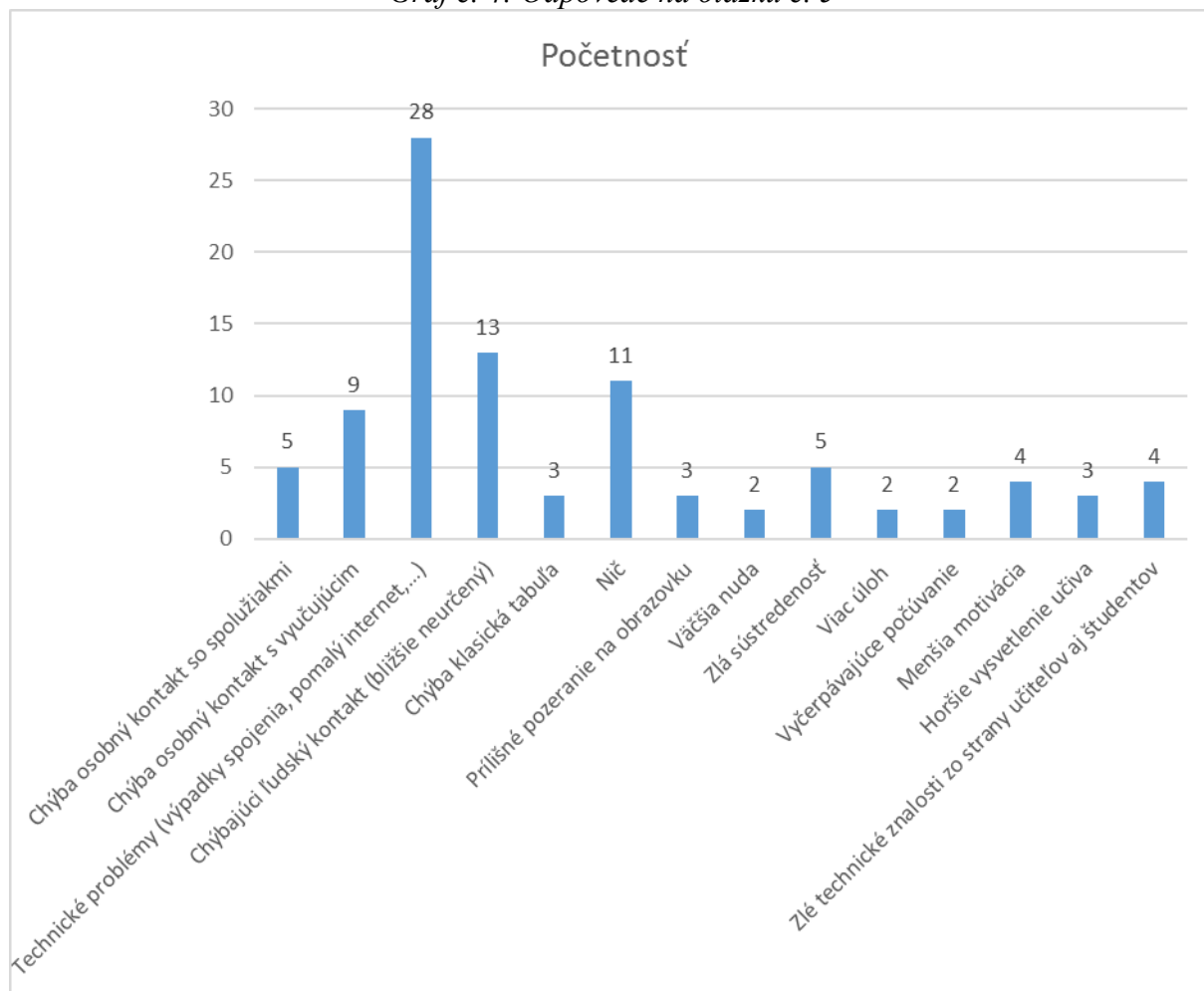
Zdroj: autor

Piatou otázkou sme chceli zistiť, čo študentom na diaľkovom vzdelávaní pomocou MS Teams prekáža najviac. Na nedostatky takéhoto spôsobu vzdelávania sme sa už pýtali pri otázke č. 2. Tam však mal každý študent možnosť uviesť ľubovoľný počet nedostatkov. Pri otázke č. 5 sme sa chceli dozvedieť, čo ten-ktorý študent vníma ako najzásadnejší problém. Výsledky, ktoré sme vďaka tomu získali, sa mierne odlišujú od výsledkov vyhodnotenia otázky č. 2, i keď dva zásadné problémy, ktorými sú absencia priameho sociálneho kontaktu tvárou v tvár a častý výskyt technických problémov, zostávajú v popredí. Najčastejšie sa objavovali odpovede, ktoré sa dajú zhrnúť do kategórie „technické problémy“ (napr. výpadky internetového pripojenia, pomalé načítavanie MS Teams a jeho funkcionalít, prerušovaný prenos obrazu a zvuku, výpadky mikrofónu, webkamery a pod.). Takúto odpoveď zvolilo 28 respondentov, čiže 27,18% z nich. Takmer rovnaký počet respondentov (27, čo predstavuje 26,21%) ako najväčší problém pri diaľkovom vzdelávaní vníma „absenciu priameho medziľudského kontaktu“. Toto číslo sme získali ako súčet troch čiastkových číselných údajov: 5 študentov sa vyjadrilo, že ako najväčší problém vnímajú „absenciu priameho kontaktu s ostatnými spolužiakmi“, 9 študentov uviedlo „absenciu priameho kontaktu s vyučujúcim“ a ďalších 13 študentov „chýbajúci medziľudský kontakt ako taký“. 11 študentov (t. j. 10,68%) uviedlo odpoveď „nič“, ktorá značí, že na diaľkovej výučbe pomocou Teams im nevádi nič a sú s ňou spokojní. 5 respondentov uviedlo ako najväčší problém „zlú sústredenosť“, t. j. pri štúdiu na diaľku sa nedokážu tak sústrediť ako pri štúdiu priamo v škole. Štyria študenti uviedli „menšiu motiváciu sa učiť“ a iní štyria „zlé technické znalosti pri používaní MS Teams zo strany študentov aj učiteľov“.

Trojica študentov ako najväčší problém diaľkového vzdelávania uviedla „chýbajúcu klasickú tabuľu“. Tá je podľa nich potrebná najmä pri matematicky orientovaných predmetoch, na ktorých sa počítajú rozličné príklady. Traja iní študenti zasa uviedli, že im najviac prekáža „prílišné pozeranie na obrazovku“ a podľa ďalšej trojice „je učivo pri učení na diaľku pomocou Teams horšie vysvetlené, než by bolo pri klasickom vyučovaní v triede“. „Väčšia nuda“, „Viac

úloh“ a „Vyčerpávajúce počúvanie“ sú problémy, z ktorých každý bol uvedený dvakrát. Získali sme tiež niekoľko odpovedí, ktoré sa neopakovali a teda bola každá z nich uvedená len raz. Týmito odpoveďami sú: „skákanie do reči“ (kvôli absencii vizuálneho kontaktu komunikujúcich strán), „učenie sa z domu“ (v závislosti od podmienok a atmosféry v tej-ktorej rodine toto nemusí každému vyhovovať) a „väčší stres“ (môže byť spôsobený technickými problémami, ale respondent to takto nešpecifikoval), „v domácnosti sa nachádza iba jediný počítač, ktorý zdieľajú všetci členovia rodiny“, „pri vzdelávaní na diaľku sa nadobudne málo praktických skúseností“, „spam emailov“ (respondent mal pravdepodobne na mysli množstvo pozvánok na jednotlivé udalosti naplánované v Teams, ktoré prichádzajú do mailovej schránky), „ťažšia koordinácia pri skupinových projektoch“, „väčšia pasivita“ a na záver si uvedieme jednu kurióznou odpoveď, ktorá sa taktiež objavila len raz: „Vadí mi, ak učiteľ ochká, cmúľa a vydáva podobné zvuky. Ja chápem, že si to nie stále uvedomuje, avšak je to také, že „ach, dnes zasa musím prednášať a nechce sa mi“ a podobne“. Všetky odpovede, ktoré sa vyskytli viac ako raz sme zaznamenali do grafu č. 4.

Graf č. 4: Odpovede na otázku č. 5

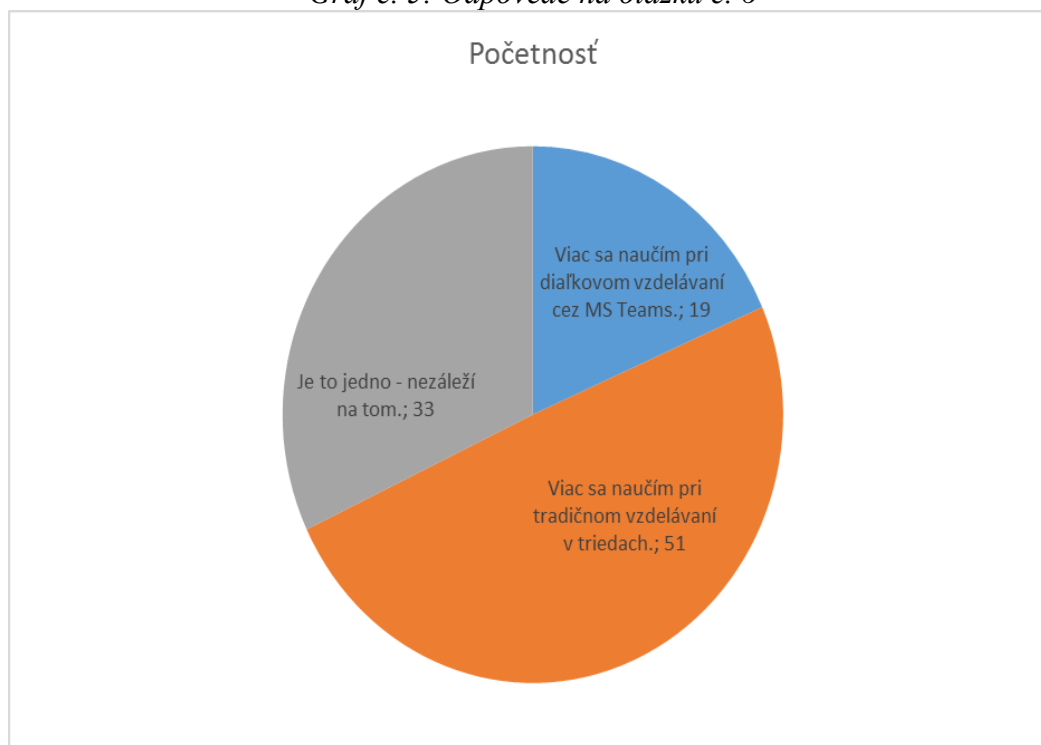


Zdroj: autor

V poslednej otázke sme zisťovali, či majú študenti pocit, že sa naučia viac pri tradičnom vzdelávaní v triedach alebo pri diaľkovom vzdelávaní cez MS Teams, resp. či je to podľa nich jedno (nezáleží na tom). Až 51 študentov sa pritom vyjadrilo, že podľa ich názoru sa viac naučia pri tradičnom vzdelávaní v triedach. Toto číslo predstavuje 49,5%, čiže približne polovicu z celkového počtu študentov, ktorí sa prieskumu zúčastnili. 19 študentov sa vyjadrilo, že podľa

nich sa viac naučia cez MS Teams, čo predstavuje 18,45% respondentov. Možnosť „je to jedno – nezáleží na tom“ zakliklo 33 respondentov, čiže 32,04% z ich celkového počtu. Výsledky odpovedí na túto otázku sme zaznamenali do grafu č. 5.

Graf č. 5: Odpovede na otázku č. 6



Zdroj: autor

#### 4 Záver

Na základe vyhodnotenia zozbieraných údajov môžeme prehlásiť, že oslovení študenti študijných odborov zameraných na informatiku na Ekonomickej univerzite v Bratislave preferujú skôr tradičnú formu výučby v triedach než diaľkovú on-line výučbu prostredníctvom MS Teams, hoci sa nájdu aj takí, ktorým vyhovuje aj ten druhý spôsob. Preferencia jedného či druhého spôsobu je iste daná individuálnymi povahovými a osobnostnými charakteristikami každého jedinca ako aj špecifickými podmienkami a okolnosťami jeho života. Štúdium na diaľku si iste vyžaduje väčšiu mieru samoštúdia než tradičná forma výučby. V škole sa spolužiaci môžu navzájom poradiť, učivo si vysvetliť a tak ho ľahšie pochopiť. Absencia priameho fyzického kontaktu so spolužiakmi a vyučujúcim je tým, čo študentom pri diaľkovom štúdiu chýba najviac a prekážajú im tiež rozličné technické problémy, ku ktorým často dochádza a ktoré znižujú kvalitu štúdia a jeho plynulosť. Naopak, na diaľkovej forme štúdia najviac vyzdvihujú úsporu času pri cestovaní a lepší manažment času počas dňa – zostáva im viac času na rodinu, prácu popri štúdiu či voľnočasové aktivity. Obe tieto formy výučby majú nepochybne svoje kladné aj záporné stránky. Naším cieľom bolo zistiť, ktoré názory prevažujú. Prvoradým zmyslom školy je uspokojovať potreby jej „klientov“ – t. j. študentov túžiacich po vzdelaní, a tým prispievať k formovaniu uvedomelejšej a lepšej spoločnosti. Čím spokojnejší budú študenti s priebehom štúdia, tým viac sa im bude chcieť študovať a tým viac sa bude aj školám dariť naplňať ich poslanie.

**Príspevok vznikol v rámci riešenia grantovej úlohy KEGA 019EU-4/2020 Podpora dištančného vzdelávania prostredníctvom virtuálnej katedry.**

**Literatúra**

- [1] Adamuščin, A., Glatz, M., Kultán, J., & Mišota, B. (2019). Use of Interactive Applications in Education of the Issues of Efficient Use of Energy in Building. *International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2019*, 19, 393-399.
- [2] Bukovský, I. (2020, November). Neexistujú pádne dôvody pre zatvorené školy. Vláda poškodila budúcnosť státisícov detí a študentov. Retrieved December 27, 2020, from <https://www.youtube.com/watch?v=6ughbW04ueo>.
- [3] Microsoft.com. (2020, December). Your LMS and Teams: better together for distance learning. Retrieved December 27, 2020, from <https://support.microsoft.com/en-us/office/your-lms-and-teams-better-together-for-distance-learning-35e3c70f-11b7-447d-a4d4-3964b27911ae>.
- [4] Seneši, N. (2020, May). Ktoré odvetvia podnikania najviac zasiahla koronakríza. Retrieved December 26, 2020, from <https://www.podnikajte.sk/manazment-a-strategia/odvetvia-podnikania-koronakriza>.
- [5] Schmidt, P., Kultán, J., & Rachimdžanova, M. (2017). Ispol'zovanije Office 365 dlja realizacii vebinarov. *Elektronnaja Kazaň 2017 : IKT v Sovremennom Mire: Technologičeskije, Organizacionnyje, Metodičeskije I Pedagogičeskije Aspekty Ich Ispol'zovanija.*, 605-615.
- [6] Strešňáková, A. (2020). Kooperácia aplikácií Teams a AIS v online výučbe. *Ekonomika a Informatika*, 18(2), 124-130.
- [7] Ucimenadialku.sk. (2020, December). Microsoft Teams. Online vzdelávanie odkiaľkoľvek a kedykoľvek. Retrieved December 27, 2020, from <https://ucimenadialku.sk/online-vzdelavanie/nastroje/teams>.

## Porovnanie stochastických modelov úmrtnosti na údajoch Slovenska

Jana Kútiková<sup>1</sup>

### Abstrakt

Cieľom príspevku je porovnanie dvoch najznámejších stochastických modelov úmrtnosti – Lee-Carterov model a Cairns-Blake-Dowdov model, s využitím údajov o úmrtnosti populácie Slovenska. Údaje o úmrtnosti pochádzajú zo stránky mortality.org a sledujú obdobie od vzniku Slovenskej republiky (1993) do roku 2017. Na odhad parametrov modelov bola použitá metóda najmenších štvorcov, a tiež metóda Habermana a Russoliloa. Na prognózovanie časovo závislých parametrov bol aplikovaný model autoregresného integrovaného kĺzavého priemeru ARIMA. Prognóza úmrtnosti populácie na Slovensku je stanovená na najbližšie tri roky. Výsledky boli numericky a graficky porovnané a ukazujú rozdiely medzi modelmi, ktoré dokazujú výskyt modelovaného rizika.

### Kľúčové slová

Vekovo špecifická centrálna miera úmrtnosti, Lee-Carterov model, CBD model, metóda Habermana a Russoliloa, metóda najmenších štvorcov, ARIMA

### Abstract

The aim of the paper is to compare the two most well-known stochastic mortality models – Lee-Carter model and Cairns-Blake-Dowd model, using mortality data of the Slovak population. Mortality data come from mortality.org and cover the period from the establishment of the Slovak Republic (1993) to 2017. The least squares method was used to estimate the parameters of the models, as well as the method of Haberman and Russolilo. The autoregressive integrated moving average model ARIMA was applied to predict time-dependent parameters. The mortality forecast is set for the next three years. The results were compared numerically and graphically showing the differences between the models that prove the existence of the modelled risk.

### Key words

Age-specific mortality rates, Lee-Carter model, CBD model, Haberman-Russolilo method, Least Squared method, ARIMA

### JEL classification

C52, J11

## 1 Úvod

Úmrtnosť obyvateľstva sa neustále vyvíja. Kvalita života sa každým rokom zvyšuje, čo sa samozrejme odráža na vývoji úmrtnosti, ktorá sa za posledné desaťročia výrazne zlepšila. Je to okrem iného spôsobené technickým pokrokom v medicíne, sociológii, farmácii a iných vedách, ktoré priamo alebo nepriamo súvisia so smrťou. Úmrtnosť je významným predpokladom aktuárskej bázy. 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 poisťno-matematických výpočtov, ako je výpočet poisťného a technických rezerv. Očakávaná úmrtnosť má negatívny úzko súvisia s typom produktu životnej poisťovne. Podhodnotenie úmrtnosti má negatívny

<sup>1</sup> Ekonomická univerzita v Bratislave, Fakulta hospodárskej informatiky, Katedra štatistiky, Dolnozemska cesta 1, 852 35 Bratislava, jana.kutikova@euba.sk.

vplyv na dočasné poistenie na úmrtie a naopak, v prípade dôchodkového poistenia môže práve nadhodnotenie úmrtnosti viesť k vysokým stratám poisťovne. Čím presnejšie je možné odhadnúť pravdepodobnosť úmrtia poistencov, tým nižšie je riziko nesprávneho ocenenia poistnej zmluvy (resp. nevhodného uloženia finančných prostriedkov). Poisťovne sa opierajú o dlhodobé pozorovania, ktorých zdrojom sú úmrtnostné tabuľky. Tieto úmrtnostné tabuľky si môže poisťovňa vytvárať sama na základe informácií o úmrtnosti vo svojom poistnom portfóliu alebo pre presnejšie hodnoty môže použiť informácie o úmrtnostnom správaní populácie v danej krajine.

Prvé pokusy o modelovanie úmrtnosti boli založené na deterministických scenároch. To viedlo k vytvoreniu zákonov úmrtnosti, ktoré opisujú úmrtnosť v pevnom časovom okamihu, a tým podceňujú zlepšenie úmrtnosti, pretože skutočná úmrtnosť je stochastická a neustále sa vyvíja. Existuje niekoľko stochastických modelov úmrtnosti, ale všeobecne ich môžeme rozdeliť do troch tried. Prvou je trieda modelov Lee-Carter, ktorej hlavným predstaviteľom je Lee-Carter model (LC). Výhodou tohto modelu je jeho jednoduchosť, vďaka ktorej sa stal veľmi populárnym. Používa sa na modelovanie a predpovedanie úmrtnosti v mnohých krajinách, ako sú USA (Lee a Carter, 1992), Čína (Lin, 1995), Japonsko (Wilmoth, 1996), India (Singh a Ram, 2004 a Yadav et al., 2012), škandinávske krajiny (Kossi et al., 2006) a mnoho ďalších. Nevýhody tejto triedy modelov spočívajú v tom, že nemodelujú vekové efekty a výsledné hodnoty nie sú vyrovnané. Druhou triedou modelov je P-spline, ktorý sa bežne používa vo Veľkej Británii, ale v iných častiach sveta už toľko nie. Posledná je trieda modelov Cairns-Blake-Dowd (CBD) s hlavným zástupcom CBD modelom. V porovnaní s triedou Lee-Carter obsahujú špecifickú funkčnú formu pre každý vekový efekt a okrem toho v rovnakom roku sú hodnoty vyrovnané medzi vekmi. Analýzu kvalitatívnych a kvantitatívnych charakteristík všetkých troch tried modelov vykonali Cairns a kol. (2011). Cieľom príspevku je porovnanie modelov Lee-Carter a Cairns-Blake-Down na populácii Slovenskej republiky. Podobný cieľ mali napríklad Safitri et al. (2019), ktorí aplikovali tieto dva modely na taliansku populáciu.

## 2 Údajová základňa

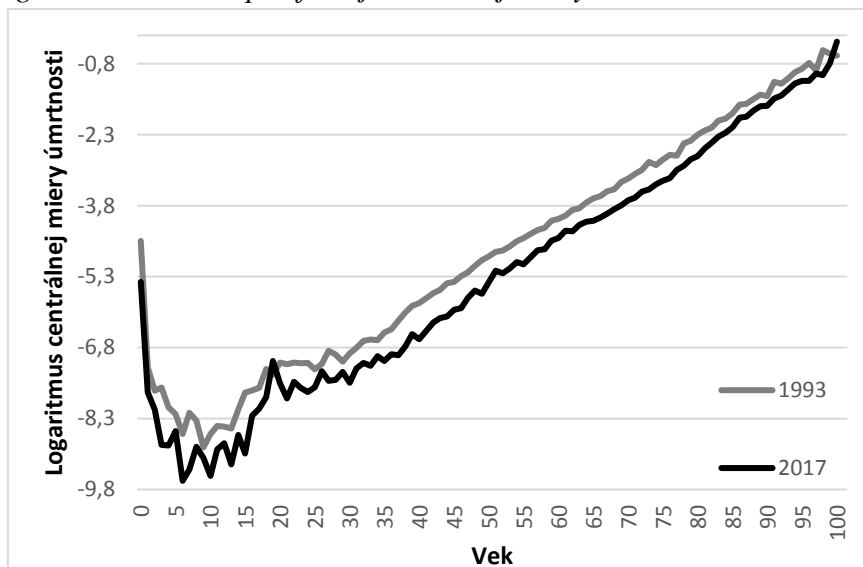
Naša štúdia vychádza z údajov o úmrtnosti obyvateľstva Slovenskej republiky v rokoch 1993 až 2017 získaných z webovej stránky mortality.org. Databáza o ľudskej úmrtnosti (HMD) poskytuje voľný medzinárodný prístup k podrobným údajom o populácii a o úmrtnosti pre 41 krajín. Z tejto databázy sme získali údaje o počte úmrtí v stanovenom veku na Slovensku za určitý čas a zodpovedajúcej rizikovej populácii rovnakého veku v rovnakej geografickej oblasti počas stanoveného časového obdobia štúdie, ktoré sú potrebné na výpočet vekovo špecifickej miery úmrtnosti pre vekové rozpätie od 30 do 100 rokov. Spodnú hranicu 30 rokov sme vybrali preto, lebo pri použití CBD modelu pre celé vekové skupiny je kvalita prispôsobenia pomerne zlá a projekcie sú biologicky neprimerané. Vzorec na výpočet vekovo špecifickej centrálnej miery úmrtnosti je nasledovný:

$$m_{x,t} = \frac{D_{x,t}}{L_{x,t}} \quad (1)$$

kde  $D_{x,t}$  je počet zomretých vo veku  $x$  v čase  $t$  a  $L_{x,t}$  predstavuje stredný stav obyvateľstva vo veku  $x$  v čase  $t$ . Zatiaľ čo Lee-Carterov model využíva pri odhadoch priamo centrálnu mieru úmrtnosti, pre CBD model potrebujeme odvodiť pravdepodobnosť úmrtia. Existujú dva spôsoby aproximácie centrálnej miery úmrtnosti  $m_{x,t}$  pomocou pravdepodobnosti úmrtia osoby vo veku  $x$  v čase  $t$ , ktorú označujeme  $q_{x,t}$ . Prvý prístup,  $q_{x,t} = 1 - e^{-m_{x,t}}$ , je založený na predpoklade o konštantnej úmrtnosti medzi dvoma celočíselnými vekmi. Druhý prístup,

$q_{x,t} = \frac{m_{x,t}}{1+0,5m_{x,t}}$ , je za predpokladu rovnomerného rozdelenia úmrtí medzi dvoma vekmi. V tomto článku je použitá prvá aproximácia pre transformáciu dát medzi  $m_{x,t}$  a  $q_{x,t}$ .

Obr. 1: Logaritmus vekovo špecifickej centrálnej miery úmrtnosti v rokoch 1993 a 2017



Zdroj: vlastné spracovanie na základne údajov z mortality.org

Pri modelovaní neberieme do úvahy pohlavie ako faktor úmrtnosti z dôvodu právnych predpisov o poistení – Gender smernice (smernica Rady 2004/113 / ES z 13. decembra 2004, ktorou sa zavádza zásada rovnakého zaobchádzania s mužmi a ženami v prístupe k tovaru a službám a k ich poskytovaní). Príklad údajov o vekovo špecifickej centrálnej miere úmrtnosti je uvedený na obr. 1. Graficky je tu znázornený prirodzený logaritmus miery úmrtnosti bez ohľadu na pohlavie v rokoch 1993 a 2017. Vidíme, že úmrtnosť sa skutočne zlepšila za posledných 25 rokov pozdĺž celého vekového intervalu.

### 3 Stochastické modely a odhad parametrov

#### 3.1 Lee-Carter model

Lee a Carter predstavili prvý stochastický model úmrtnosti v roku 1992. Model spočíva v kombinácii demografického modelu úmrtnosti s metódami prognózovania časových radov. Lee a Carter predpokladali, že logaritmy centrálnych mier úmrtnosti vyhovujú vzťahu:

$$\ln(m_{x,t}) = \beta_x^{(1)} + \beta_x^{(2)} \kappa_t^{(2)} + \varepsilon_{x,t} \quad (2)$$

Parameter  $\beta_x^{(1)}$  opisuje všeobecný tvar logaritmu centrálnej miery úmrtnosti cez všetky veky. 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.  $\beta_x^{(2)}$  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.  $\varepsilon_{x,t}$  predstavuje náhodnú zložku spôsobenú historickými vplyvmi, ktoré model nezachytil.

Pri odhadovaní parametrov musíme brať do úvahy obmedzenia, ktorých výber nemá vplyv na kvalitu modelu, preto je ich stanovenie individuálne. V literatúre sa však najčastejšie stretávame s obmedzeniami, ktoré navrhli samotní autori modelu, a teda  $\sum_x \beta_x^{(2)} = 1$  a  $\sum_t \kappa_t^{(2)} = 0$ .

Atraktivita tohto modelu pramení najmä z jeho jednoduchosti, avšak má aj nejaké slabé stránky. Hlavná nevýhoda modelu spočíva v tom, že má iba jeden faktor, čo vedie k dokonalej korelácii vývoja úmrtnosti vo všetkých vekových skupinách (triviálna korelačná štruktúra). 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. Aj napriek nevýhodám tohto modelu, jeho jednoduchosť viedla k tomu, že sa považuje za meradlo, na základe ktorého je možné hodnotiť ďalšie stochastické modely úmrtnosti.

### 3.2 Odhad parametrov Lee-Carter modelu

S použitím blízkej aproximácie singulárneho rozkladu matice (SVD) za predpokladu, že rezíduá sú homoskedastické, a že sú splnené obmedzenia  $\sum_x \beta_x^{(2)} = 1$  a  $\sum_t \kappa_t^{(2)} = 0$  pomocou aplikovania metódy najmenších štvorcov prišli Haberman a Russolilo (2005) k postupu odhadu parametrov. Podľa nich je postup výpočtu parametrov Lee-Carter modelu nasledovný:

1. Výpočet  $\beta_x^{(1)}$  – vzhľadom na fakt, že tento parameter je fixný v čase, ale rozdielny naprieč vekovým skupinám, je vhodné ho vypočítať ako priemer všetkých  $\beta_x^{(1)}$  v priebehu času.

$$\beta_x^{(1)} = \frac{1}{T} \sum_t \ln(m_{x,t}) \quad (3)$$

2. Ak nájdeme  $\beta_x^{(1)}$  pre každý vek, môžeme vypočítať  $\kappa_t^{(2)}$ . Vo všeobecnosti odhadujeme hodnoty parametra  $\kappa_t^{(2)}$  pre každý rok  $t$  podľa vzťahu:

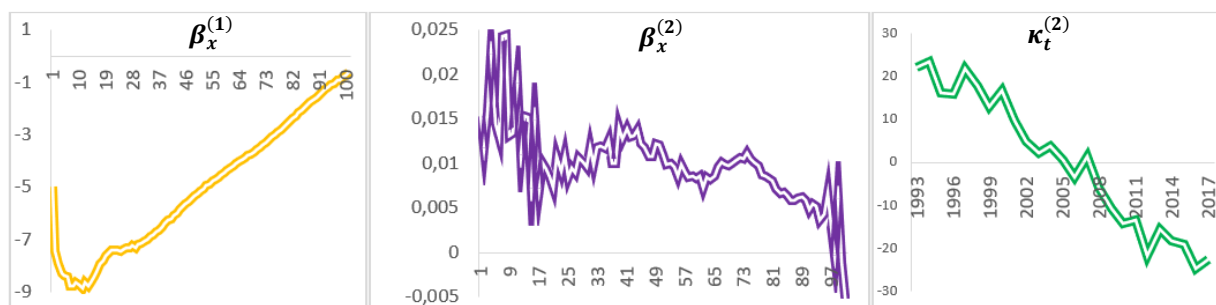
$$\kappa_t^{(2)} = \sum_x (\ln(m_{x,t}) - \beta_x^{(1)}) \quad (4)$$

3.  $\beta_x^{(2)}$  v rovnici Lee-Carterovho modelu (2) vyjadruje vlastne sklon rozdielu medzi logaritmom miery úmrtnosti a  $\beta_x^{(1)}$  v čase  $t$  v konkrétnom veku  $x$  a hodnotami parametra  $\kappa_t^{(2)}$ .

$$\beta_x^{(2)} = \frac{\sum_t \kappa_t (\ln(m_{x,t}) - \beta_x^{(1)})}{\sum_t \kappa_t^{(2)}} \quad (5)$$

4. V poslednom kroku sa odporúča prehodnotiť parametre  $\kappa_t^{(2)}$  takým spôsobom, aby skutočná pozorovaná úroveň úmrtnosti bola v súlade s parametrami  $\beta_x^{(1)}$  a  $\beta_x^{(2)}$  získanými pre každý vek  $x$ .

Obr. 2: Parametre Lee-Carter modelu pre Slovensko



Zdroj: vlastné spracovanie

Všeobecný tvar krivky úmrtnosti reprezentovaný parametrom  $\beta_x^{(1)}$  vykazuje vysokú doječenskú úmrtnosť, havarijný hrb okolo veku 22 rokov a takmer exponenciálny nárast u starších vekových skupín. Citlivosť úmrtnosti  $\beta_x^{(2)}$  naznačuje vyšší pokles úmrtnosti v ranom štádiu života okolo 5 – 15-teho roku ako v iných vekových skupinách. Index úmrtnosti  $\kappa_t^{(2)}$  má klesajúci trend, čo naznačuje zlepšovanie (pokles) úmrtnosti v čase.

### 3.3 Cairns-Blake-Dowd model

V roku 2006 Cairns a kol. predstavili stochastický model, ktorý obsahuje dva časovo závislé parametre. Využíva relatívnu jednoduchosť (t. j. takmer lineárnosť logaritmu  $q_{x,t}$ ) krivky úmrtnosti vo vyššom veku. Hlavná nevýhoda modelu CBD spočíva v tom, že bol navrhnutý pre vyšší vek, a preto ignoroval modelovanie úmrtnosti v nižšom veku (napríklad havarijný hrb alebo doječenskú úmrtnosť). Cairns a kol. (2009) tvrdia, že značné náklady týkajúce sa úmrtnosti sú spojené s vyšším vekom, a preto sa ich modelovanie zameriavalo na tento vek. Model priamo využíva pravdepodobnosť úmrtia  $q_{x,t}$  namiesto centrálnej miery úmrtnosti  $m_{x,t}$ . Model CBD možno vyjadriť ako:

$$\text{logit}(q_{x,t}) = \ln\left(\frac{q_{x,t}}{1-q_{x,t}}\right) = \kappa_t^{(1)} + \kappa_t^{(2)}(x - \bar{x}) + \varepsilon_{x,t} \quad (6)$$

kde

- $x$  je vek ( $x = x_1, x_2, \dots, x_p$ ),
- $t$  je obdobie ( $t = t_1, t_2, \dots, t_q$ ),
- $q_{x,t}$  je pravdepodobnosť úmrtia, presnejšie pravdepodobnosť, že osoba vo veku  $x$  v čase  $t$  zomrie v priebehu jedného roka,
- $\kappa_t^{(1)}$  a  $\kappa_t^{(2)}$  sú dva stochastické procesy a predstavujú dva časové indexy modelu,
- $\bar{x}$  je priemerný modelovaný vek,
- $\varepsilon_{x,t}$  odráža náhodnú zložku spôsobenú historickými vplyvmi, ktoré model nezachytil.

Časový index  $\kappa_t^{(1)}$  je úrovňovou konštantou modelu, ktorá predstavuje úroveň úmrtnosti v čase  $t$  a ovplyvňuje každý vek rovnakým spôsobom. Presnejšie povedané, ak sa časom znižuje, znamená to, že úmrtnosť sa v čase znižovala u všetkých vekových skupín. Časový index  $\kappa_t^{(2)}$  predstavuje sklon modelu. Každý parameter je týmto parametrom ovplyvnený inak. Model nevyžaduje ďalšie obmedzenia. Parametre modelu CBD možno odhadnúť pomocou metódy najmenších štvorcov. Presnosť odhadovaných parametrov rastie so zväčšovaním rozsahu vstupných údajov.

### 3.4 Odhad parametrov CBD modelu

Metóda najmenších štvorcov sa používa na odhad parametrov pomocou minimalizácie súčtu štvorcových rezíduí. Aplikácia metódy najmenších štvorcov pre model CBD je nasledovná:

$$J = \sum_{x=x_1}^{x_p} \sum_{t=t_1}^{t_q} \left( \ln \left( \frac{q_{x,t}}{1-q_{x,t}} \right) - \kappa_t^{(1)} - \kappa_t^{(2)}(x - \bar{x}) \right)^2$$

Ďalej vypočítame parciálne derivácie podľa  $\kappa_t^{(1)}$  a  $\kappa_t^{(2)}$ , aby sme minimalizovali  $J$ .

$$\frac{\partial J}{\partial \kappa_t^{(1)}} = \sum_{x=x_1}^{x_p} 2 \left( \ln \left( \frac{q_{x,t}}{1-q_{x,t}} \right) - \kappa_t^{(1)} - \kappa_t^{(2)}(x - \bar{x}) \right) = 0$$

$$\frac{\partial J}{\partial \kappa_t^{(2)}} = \sum_{x=x_1}^{x_p} 2(x - \bar{x}) \left( \ln \left( \frac{q_{x,t}}{1-q_{x,t}} \right) - \kappa_t^{(1)} - \kappa_t^{(2)}(x - \bar{x}) \right) = 0$$

Riešením systému lineárnych rovníc sa získajú najmenšie štvorcové odhady parametrov modelu CBD v tvare

$$\hat{\kappa}_t^{(1)} = \frac{\sum_{x=x_1}^{x_p} \ln \left( \frac{q_{x,t}}{1-q_{x,t}} \right) - \kappa_t^{(2)} \sum_{x=x_1}^{x_p} (x - \bar{x})}{p} \quad (7)$$

$$\hat{\kappa}_t^{(2)} = \frac{p \sum_{x=x_1}^{x_p} (x - \bar{x}) \ln \left( \frac{q_{x,t}}{1-q_{x,t}} \right) - \sum_{x=x_1}^{x_p} \ln \left( \frac{q_{x,t}}{1-q_{x,t}} \right) \sum_{x=x_1}^{x_p} (x - \bar{x})}{p \sum_{x=x_1}^{x_p} (x - \bar{x})^2 - \left( \sum_{x=x_1}^{x_p} (x - \bar{x}) \right)^2} \quad (8)$$

Výsledky odhadu parametrov  $\kappa_t^{(1)}$  a  $\kappa_t^{(2)}$  nahradíme v rovnici (6). A následne sa odhadovaná úmrtnosť porovná so skutočnou úmrtnosťou, aby sa zistila vhodnosť modelu. Chyba odhadu sa dá vypočítať pomocou priemerného súčtu štvorcov rezíduí MSE a štandardnej odchýlky rezíduí RMSE.

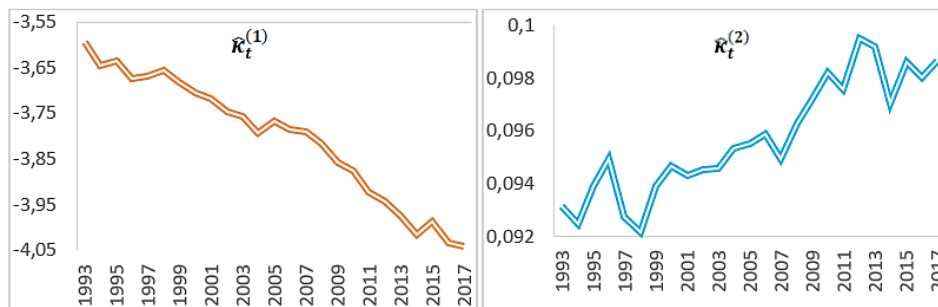
$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - y_i)^2 \quad (9)$$

$$RMSE = \sqrt{MSE} \quad (10)$$

kde  $\hat{y}_i$  je odhadovaná hodnota,  $y_i$  je skutočná hodnota a  $n$  je rozsah súboru.

Ako je uvedené na obr. 3, trend odhadovaného parametra  $\kappa_t^{(1)}$  z roka na rok klesá, čo potvrdzuje myšlienku, že celková úroveň úmrtnosti sa v priebehu uvažovaného časového intervalu (medzi rokmi 1993 a 2017) zlepšila. Na druhej strane trend parametra  $\kappa_t^{(2)}$  bol pomerne stabilný až do roku 2006, kedy sa rapídne zvýšil. Zmena  $\kappa_t^{(2)}$  predstavuje zmenu strmosti krivky úmrtnosti. Rastúci trend signalizuje, že úmrtnosť v mladšom veku bola a bude klesať rýchlejšie ako v staršom veku. Hodnota MSE pre všetky vekové skupiny v priebehu analyzovaného obdobia je 0,012462. Druhá odmocnina tohto čísla predstavuje RMSE s hodnotou rovnajúcou sa 0,111631.

Obr. 3: Parametre CBD modelu pre Slovensko



Zdroj: vlastné spracovanie

#### 4 Prognózovanie úmrtnosti na Slovensku

Prognózovanie je jednou zo základných črt stochastického modelovania. Model CBD pozostáva z dvoch časovo závislých parametrov, ktoré je potrebné predvídať. Pri Lee-Carterovom modeli je prognóza jednoduchšia, pretože závislý od času je len index úmrtnosti  $\kappa_t^{(2)}$ . Existuje niekoľko metód predikcie, napríklad použitie regresných kriviek alebo jednou z najpopulárnejších metód je ARIMA modelovanie (autoregresný integrovaný kľzavý priemer). Prístup ARIMA prvýkrát popularizovali Box a Jenkins, a preto sa modely ARIMA často označujú ako modely Box-Jenkins. Podľa používateľskej príručky SAS: Model ARIMA predpovedá hodnotu v časovom rade odozvy ako lineárnu kombináciu vlastných minulých hodnôt, minulých chýb (tiež nazývaných šoky alebo inovácie) a aktuálnych a minulých hodnôt iných časových radov. Poradie modelu ARIMA sa obvykle označuje zápisom ARIMA (p, d, q), kde p je poradie autoregresnej časti, d je poradie diferenciacie, q je poradie procesu kľzavého priemeru.

Zvážili sme niekoľko možných modelov ARIMA na prognózovanie parametrov oboch modelov. Na identifikáciu najvhodnejšieho modelu sme použili Akaikeho informačné kritérium (AIC). Všeobecne platí, že keď porovnávate modely, menšie AIC označuje lepšie vyhovujúci model. Podľa AIC je ARIMA (0,1,1) najlepšie vyhovujúcim modelom pre index úmrtnosti Lee-Carterovho modelu odhadovaného pre populáciu Slovenskej republiky bez uvažovania pohlavia ako faktora úmrtnosti s hodnotou AIC rovnou 131,63. Pre parametre CBD modelu taktiež vyšiel model ARIMA (0,1,1) za najvhodnejší s rôznymi hodnotami AIC. AIC parametra  $\kappa_t^{(1)}$ , ktorý zodpovedá úrovňovej konštante modelu, sa rovnal -114,8. Na druhej strane AIC  $\kappa_t^{(2)}$  (sklon modelu) bolo ešte menšie s hodnotou -262. Výsledky sme získali pomocou softvéru SAS Enterprise Guide. Na predpovedanie budúcich hodnôt časovo závislých parametrov sme použili najvhodnejšie ARIMA modely.

Tab. 1: Prognózované hodnoty Lee-Carter parametra  $\kappa_t^{(2)}$  s 95 % intervalom spoľahlivosti

Rok	Prognóza LC $\kappa_t^{(2)}$	95 % Interval spoľahlivosti	
2020	-30,4916	-37,9385	-23,0447
2021	-32,4777	-40,1038	-24,8515
2022	-34,4637	-42,265	-26,6625

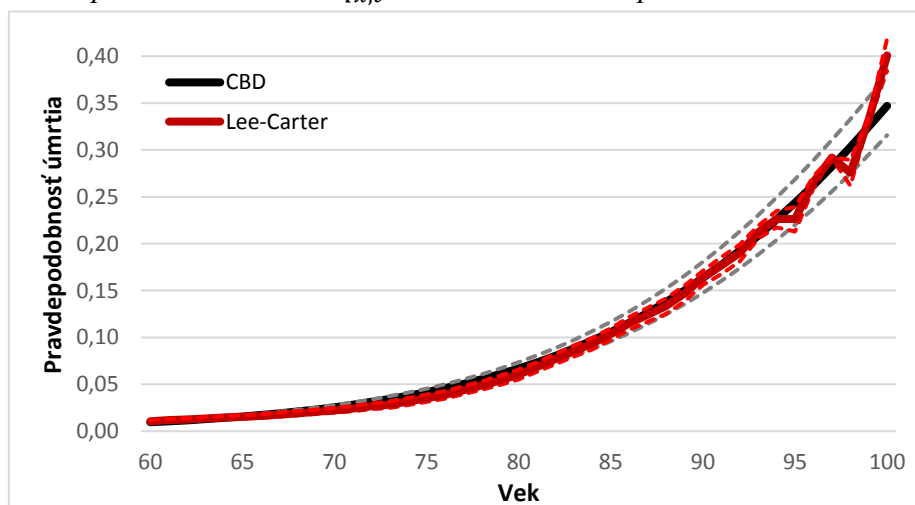
Zdroj: vlastné spracovanie na základe výstupu zo SAS Enterprise Guide

Tab. 2: Prognózované hodnoty CBD parametrov  $\kappa_t^{(1)}$  a  $\kappa_t^{(2)}$  s 95 % intervalmi spoľahlivosti

Rok	Prognóza CBD $\kappa_t^{(1)}$	95 % Interval spoľahlivosti	
2020	-4,0994	-4,1574	-4,0414
2021	-4,1179	-4,1825	-4,0533
2022	-4,1364	-4,207	-4,0657
Rok	Prognóza CBD $\kappa_t^{(2)}$	95 % Interval spoľahlivosti	
2020	0,099622	0,097638	0,101605
2021	0,099871	0,097867	0,101875
2022	0,10012	0,098096	0,102144

Zdroj: vlastné spracovanie na základe výstupu zo SAS Enterprise Guide

V tabuľkách 1 a 2 sme uviedli predpokladané hodnoty parametrov modelu CBD  $\kappa_t^{(1)}$  a  $\kappa_t^{(2)}$  spolu s jeho 95 % intervalmi spoľahlivosti na ďalšie tri roky. Trend vývoja týchto parametrov zostáva rovnaký, z čoho vyplýva, že v nasledujúcich rokoch sa očakáva pokles úmrtnosti obyvateľov Slovenska. Druhý parameter CBD modelu  $\kappa_t^{(2)}$  má však rastúci trend, takže predpokladáme, že v budúcnosti bude úmrtnosť v mladšom veku klesať rýchlejšie ako v staršom veku.

Obr. 4: Pravdepodobnosti úmrtia  $q_{x,t}$  s 95 % intervalmi spoľahlivosti LC a CBD modelu

Zdroj: vlastné spracovanie

Predpovedali sme hodnoty pravdepodobnosti úmrtia  $q_{x,t}$  pomocou odhadovaných parametrov. Na obr. 4 vidíme odhadované hodnoty pravdepodobnosti úmrtia  $q_{x,t}$  spolu s 95 % intervalom spoľahlivosti oboch stochastických modelov úmrtnosti, ktoré sú predmetom našej analýzy. Na obr. 4 sme graficky znázornili hodnoty pre vek vyšší ako 60 rokov, pretože pre nižšie veku sú modely takmer totožné. Pre staršiu populáciu sú odhadované hodnoty taktiež veľmi podobné. Na obr. 4 môžeme vidieť jednu z nevýhod Lee-Carterovho modelu spomínanú v úvode, ktorou je, že výsledné hodnoty nie sú vyhladené. Zrejmý rozdiel medzi modelmi vzniká v dôsledku intervalov spoľahlivosti, ktoré majú v prípade CBD modelu oveľa širšie hranice, takže môžeme povedať, že model je opatrnejší v predpovedaní pravdepodobnosti úmrtia. V konečnom dôsledku môžeme oba modely považovať za efektívne pri odhadovaní úmrtnostného správania populácie Slovenskej republiky, takže je možné ich použiť pri modelovaní úmrtnosti napríklad pri aktuárskych analýzach.

## 5 Záver

V článku sme porovnávali zástupcov dvoch hlavných tried stochastických modelov, a to Lee-Carterovho modelu a Cairns-Blake-Dowdovho modelu. Analýzu sme robili na údajoch o úmrtnosti populácie Slovenskej republiky v rokoch 1993 až 2017. Každý z modelov mal rôzne výhody a nevýhody.

Výhodou Lee-Carterovho modelu je najmä jeho jednoduchosť a tiež vyššia flexibilita vekového efektu. Pri CBD modeli je veľkou výhodou, že výsledné hodnoty sú vyrovnané medzi vekmi a v porovnaní s Lee-Carterom obsahujú špecifickú funkčnú formu pre každý vekový efekt. Vzhľadom na to, že CBD model využíva takmer lineárnosť logaritmu pravdepodobnosti úmrtia, zameriava sa na vyšší vek, čím ignoruje dôležité aspekty úmrtnosti ako sú havarijný hrb a doječenská úmrtnosť. Vzhľadom na to, že CBD model sa zameriava na vyššie veky, odporučila by som ho na odhadovanie úmrtnosti napríklad v dôchodkových schémach. Lee-Carterov model naopak vieme použiť pre celý vekový interval, preto je vhodný na prognózovanie úmrtnosti do aktuárskych výpočtov. Na údajoch o úmrtnosti Slovenska vykazovali oba modely veľmi podobné výsledky, avšak CBD model bol opatrnejší v predpovedaní pravdepodobnosti úmrtia. Pri výbere modelu je potrebné zväziť klady a zápory oboch modelov. Oba modely môžeme považovať za efektívne pri prognózovaní úmrtnosti populácie.

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

## Literatúra

- [1] 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.
- [2] Cairns, A. J., Blake, D., Dowd, K., Coughlan, G. D., Epstein, D., & Khalaf-Allah, M. (2011). Mortality density forecasts: An analysis of six stochastic mortality models. *Insurance: Mathematics and Economics*, 48(3), 355-367.
- [3] Chavhan, R., & Shinde, R. (2016). Modeling and forecasting mortality using the Lee-Carter model for Indian population based on decade-wise data. *Sri Lankan Journal of Applied Statistics*, 17(1).
- [4] Haberman, S., & Russolillo, M. (2005). Lee Carter mortality forecasting: application to the Italian population.
- [5] Heligman, L., & Pollard, J. H. (1980). The age pattern of mortality. *Journal of the Institute of Actuaries (1886-1994)*, 107(1), 49-80.
- [6] Human Mortality Database, mortality.org
- [7] Jiang, L. (1995). Changing kinship structure and its implications for old-age support in urban and rural China. *Population Studies*, 49(1), 127-145.
- [8] Koissi, M. C., Shapiro, A. F., & Högnäs, G. (2006). Evaluating and extending the Lee-Carter model for mortality forecasting: Bootstrap confidence interval. *Insurance: Mathematics and Economics*, 38(1), 1-20.
- [9] Lee, R. D., & Carter, L. R. (1992). Modeling and forecasting US mortality. *Journal of the American statistical association*, 87(419), 659-671.
- [10] Lee, R. (2000). The Lee-Carter method for forecasting mortality, with various extensions and applications. *North American actuarial journal*, 4(1), 80-91.
- [11] McNown, R., & Rogers, A. (1989). Forecasting mortality: A parameterized time series approach. *Demography*, 26(4), 645-660.

- [12] Milevsky, M. A., & Promislow, S. D. (2001). Mortality derivatives and the option to annuitise. *Insurance: Mathematics and Economics*, 29(3), 299-318.
- [13] Nocito, S. (2015). Stochastic Mortality Projections: A Comparison of the Lee-Carter and the Cairns-Blake-Dowd models Using Italian Data. *University of Studies of Turin*.
- [14] Pitacco, E., Denuit, M., Haberman, S., & Olivieri, A. (2009). *Modelling longevity dynamics for pensions and annuity business*. Oxford University Press.
- [15] Safitri, Y. R., Mardiyati, S., & Malik, M. (2019, November). The Cairns-Blake-Dowd model to forecast Indonesian mortality rates. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 2168, No. 1, p. 020039). AIP Publishing LLC.
- [16] SAS Institute Inc. (2014). SAS/ETS® 13.2 User's Guide – The ARIMA procedure. Cary, NC: SAS Institute Inc.
- [17] Singh, A., & Ram, F. (2004). Forecasting mortality in India. *Population, Health and Development in India: Changing Perspective*, TK Roy, M. Guruswamy, and Arokiaswamy, Rawat Publication Mumbai, India, 73-100.
- [18] Šoltésová, T. (2019). Aktuárske modelovanie v životnom poistení. 1. vydanie. Bratislava: Vydavateľstvo Letra Edu.
- [19] Wilmoth, J. R. (1996). 13 Mortality Projections for Japan. *Health and mortality among elderly populations*.
- [20] 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.

---

## Bootstrapové odhady v jazyku R

Patrik Mihalech<sup>1</sup>

### Abstrakt

Bootstrapové odhady sú založené na princípe náhodných výberov s opakovaním. Ide o výpočtovo intenzívnu metódu, ktorá predstavuje alternatívu k tradičným spôsobom odhadu neznámych parametrov a predovšetkým intervalov spoľahlivosti. Technika bootstrapu umožňuje odhad empirických výberových rozdelení takmer akejkoľvek štatistiky za použitia náhodných výberov. Okrem odhadu neznámych parametrov sa dá postup uplatniť aj na štatistiky regresných modelov ako je napríklad koeficient determinácie a určiť jeho intervaly spoľahlivosti. Použitie bootstrapových odhadov je vhodné predovšetkým v prípadoch, keď je analytické vyjadrenie skúmaných štatistík veľmi náročné alebo ani nie je možné. Vzhľadom k vysokej výpočtovej náročnosti je na tvorbu bootstrapových odhadov potrebné použiť výpočtovú techniku a vhodný štatistický softvér. Cieľom tohto článku je oboznámiť čitateľa s teoretickými postupmi tvorby bootstrapových odhadov a následne s ich kalkuláciou v prostredí programovacieho jazyka R, za použitia balíčka boot, ktorého výhoda spočíva predovšetkým vo vysokej flexibilita a v priamom odhade intervalových odhadov bez nutnosti ďalšieho programovania.

### Kľúčové slová

neparametrický bootstrap, parametrický bootstrap, bodový odhad, intervaly spoľahlivosti, programovací jazyk R

### Abstract

Bootstrap estimates are based on principle of resampling with replacement. It is a compute-intensive method that presents an alternative to traditional means of unknown parameter estimation and especially their confidence intervals. Bootstrap technique allows us to estimate sampling distribution of almost any statistic based on random sampling. Besides random parameter estimation, advance can be used also in regression model statistics estimation such as coefficient of determination to compute its standard error and confidence intervals. Usage of bootstrap estimates is appropriate especially in cases when analytical solution of statistics of interest is very difficult or is not possible at all. Given high compute demands, it is essential to use appropriate statistical software for the calculation. The aim of this article is to acquaint reader with theoretical advances of bootstrap estimates creation and subsequently their calculation by usage of programming language R. More specifically, package boot, which advance is high flexibility and direct computation of confidence interval estimation without any necessity for further programming.

### Key words

non-parametric bootstrap, parametric bootstrap, point estimate, confidence intervals, programming language R

### JEL classification

C13, C14, C63

---

<sup>1</sup> Ekonomická univerzita v Bratislave, Fakulta hospodárskej informatiky, Katedra štatistiky, Dolnozemska cesta 1, 852 35 Bratislava, patrik.mihalech@euba.sk.



## 1 Úvod

V súvislosti s vývojom výpočtovej techniky sa čoraz viac dostáva do popredia metóda bootstrapu ako alternatíva k tradičným postupom štatistickej indukcie. Bootstrap je výpočtovo intenzívna metóda na odhad rôznych štatistických metrík. Ide o metódu, ktorá je založená na náhodnom výbere s opakovaním. Táto technika umožňuje odhadovať výberové distribučné funkcie takmer akýchkoľvek štatistík za použitia metód náhodného výberu a to aj takých štatistík, pri ktorých to iné postupy štatistickej indukcie neumožňujú. Pojem bootstrap ako prvý použil Bradley Efron vo svojej práci o jackknife výberoch (Efron, 1979). Technika bootstrapu môže byť použitá na odhad štandardnej odchýlky akejkoľvek štatistiky a na získanie jej intervalov spoľahlivosti. Bootstrap je veľmi výhodným predovšetkým v prípade, keď sa intervaly spoľahlivosti analyticky vyjadriť nedajú alebo ich analytické vyjadrenie je veľmi zložitá. Princíp bootstrapu sa dá použiť tiež na odhad regresných koeficientov, ale aj intervalov spoľahlivosti, napríklad pre koeficient korelácie alebo koeficient determinácie regresného modelu.

Práve kvôli vysokej flexibilita a relatívnej jednoduchosti sú bootstrapové odhady čoraz viac využívané v praxi. Za nevýhodu tejto metódy môžeme považovať vysokú výpočtovú náročnosť, a preto je táto metóda bez výpočtovej techniky prakticky nepoužiteľná. Z toho dôvodu vznikali v štatistických softvéroch špecializované balíčky („*package*“) priamo pre tento účel, aby užívateľom uľahčili prácu s bootstrap algoritmi. Niekoľko takýchto balíčkov vzniklo aj pre programovací jazyk R (Davison a Hinkley, 1996), ktorému sa budeme venovať v tomto článku. Jedným z nich je balíček *bootstrap*, ktorý vytvorili Efron a Tibshirani v roku 1993 (Tibshirani a Leisch, 2017) a druhý je balíček *boot*, ktorý naprogramoval A. J. Canty (Canty a Ripley, 2017). Z týchto dvoch balíčkov je viac používaný balíček *boot*, a preto cieľom tohto článku je oboznámiť čitateľa s teoretickými postupmi tvorby bootstrapových odhadov a následne s ich kalkuláciou v prostredí R práve pomocou tohto balíčka.

Princíp bootstrapu sa dá tiež rozšíriť a použiť aj v iných oblastiach, ako je napríklad analýza časových radov. Jednotlivým pozorovaniam môžeme priradiť váhy, a tak zabezpečiť aby pozorovania, ktoré sú novšie, boli vyberané do bootstrapových výberov častejšie ako tie, ktoré sú staršie. Prípadne je možné uplatniť postup pre blokový bootstrap (Künsch, 1989). Metódy založené na bootstrapových výberoch sú tiež populárne v oblasti strojového učenia. Bootstrapové agregovanie („*Bagging*“) sa používa napríklad pri rozhodovacích stromoch za účelom zníženia rozptylu modelu a vyvarovania sa overfittingu (Johnson a Kuhn, 2018).

## 2 Neparametrický (plný) bootstrap

Predpokladajme, že chceme robiť indukčné úsudky o parametri  $\theta$  náhodnej premennej  $X$ , na základe údajov z výberového súboru  $(x_1, x_2, \dots, x_n)$  s distribučnou funkciou  $F(x; \theta)$ . Induktívne úsudky sú založené na výberovom rozdelení odhadu  $\hat{\theta}$ . Výberové rozdelenie v tom prípade často získame na základe teoretických výsledkov.

Napríklad, ak predpokladáme, že výberový súbor  $(x_1, x_2, \dots, x_n)$  sa riadi exponenciálnym rozdelením pravdepodobnosti s parametrom  $\lambda$ , na základe centrálnej limitnej vety vieme povedať, že náhodná premenná  $X$  má asymptoticky normálne rozdelenie  $X \sim N(1/\lambda, 1/n\lambda^2)$ , ktoré môžeme použiť pri odhade štatistík, intervaloch spoľahlivosti alebo v štatistických testoch o parametre  $\lambda$ . V praxi sa však môžeme stretnúť s prípadmi, keď predpoklady nie sú splnené alebo asymptotické výsledky nie sú vhodné a nechceme ich použiť, lebo výbery sú malé (Canty, 2002).

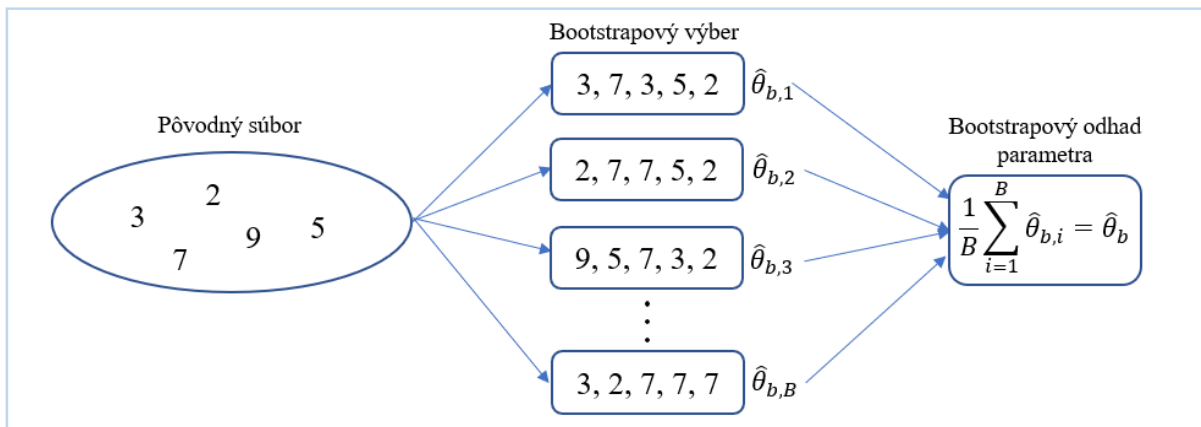
V tom prípade môžeme prijať indukčné úsudky založené na metóde bootstrapu. Bootstrap nám umožňuje vyhnúť sa úsudkom založeným na teoretickom výberovom rozdelení sledovanej štatistiky a miesto toho použiť empirické výberové rozdelenie. Toto dosiahneme opakovaným výberom z pôvodného súboru. V prípade, že nevychádzame z teoretického

rozdelenia pravdepodobnosti, ale priamo z údajov v štatistickom súbore, hovoríme o neparametrickom (plnom) bootstrape (Wasserman, 2010).

V prípade, že nepoznáme rozdelenie pravdepodobnosti náhodnej premennej  $X$ , nahradíme súbor pozorovaných hodnôt  $(x_1, x_2, \dots, x_n)$  náhodného výberu  $(X_1, X_2, \dots, X_n)$  novým súborom získaným z  $(x_1, x_2, \dots, x_n)$  náhodným výberom s opakovaním. Takto získaný náhodný výber nazývame bootstrapovým výberom. Pri tvorbe bootstrapových odhadov parametra  $\theta$  náhodnej premennej  $X$  postupujeme nasledovne (Fox a Weissberg, 2018):

1. Z pozorovaných hodnôt  $(x_1, x_2, \dots, x_n)$  náhodného výberu  $(X_1, X_2, \dots, X_n)$  vypočítame odhad  $\hat{\theta}$  parametra  $\theta$ .
2. Následne realizujeme  $B$  náhodných bootstrapových výberov s rozsahom výberu  $n$  z pozorovaných hodnôt  $(x_1, x_2, \dots, x_n)$ . Odhad bude tým presnejší, čím vyšší bude počet bootstrapových odhadov. Vysoký počet odhadov však zvyšuje výpočtovú náročnosť. Vo všeobecnosti je vhodné zvoliť  $B$  prinajmenšom 1000.
3. Pre každý bootstrapový výber vypočítame odhad parametra  $\theta$  a označíme ho  $\hat{\theta}_{b,i}$ , kde  $i = 1, 2, \dots, B$ .

Schéma 1: Postup pri odhade neznámeho parametra metódou bootstrap



Zdroj: vlastné spracovanie

Bootstrapovým odhadom vieme vypočítať predovšetkým nasledovné štatistiky (Derylo, 2018):

- Za bootstrapový odhad parametra  $\theta$  obvykle považujeme aritmetický priemer.

$$\hat{\theta}_b = \frac{1}{B} \sum_{i=1}^B \hat{\theta}_{b,i} \quad (1)$$

- Bootstrapový odhad rozptylu  $\hat{D}(\hat{\theta})$ .

$$\hat{D}(\hat{\theta})_b = \frac{1}{B-1} \sum_{i=1}^B \left( \hat{\theta}_{b,i} - \frac{1}{B} \sum_{i=1}^B \hat{\theta}_{b,i} \right)^2 \quad (2)$$

- Bootstrapový odhad štandardnej odchýlky  $\hat{s}(\hat{\theta})_b$ .

$$\hat{s}(\hat{\theta})_b = \sqrt{\frac{1}{B-1} \sum_{i=1}^B \left( \hat{\theta}_{b,i} - \frac{1}{B} \sum_{i=1}^B \hat{\theta}_{b,i} \right)^2} \quad (3)$$

- Bootstrapový odhad strednej kvadratickej chyby  $MSE$  odhadu  $\hat{\theta}$ .

$$\widehat{MSE}_b = \frac{1}{B} \sum_{i=1}^B (\hat{\theta}_{b,i} - \hat{\theta})^2 \quad (4)$$

Bootstrapové odhady vytvoríme za použitia programovacieho jazyka R a porovnáme ich s inými metódami odhadu parametrov ako je napríklad metóda momentov. Na začiatku budeme pracovať s dátami vygenerovanými z exponenciálneho rozdelenia pravdepodobnosti s parametrom  $\lambda = 0,35$ . Kvôli reprodukovateľnosti výsledkov, si nastavíme hodnotu  $seed = 38$ . Na simuláciu dát použijeme funkciu `rexp` s rozsahom súboru 12, ktorú zapíšeme nasledovne:

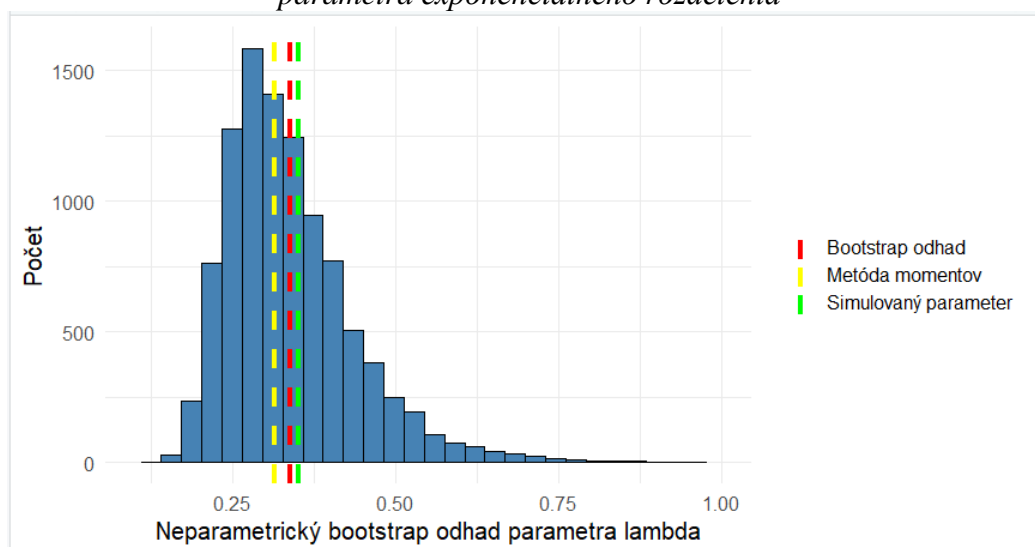
```
set.seed(38)
rexp(12, 0.35)
exp_data <- c(3.69, 10.75, 4.43, 3.43, 1.45, 1.43, 0.06, 2.07, 6.24, 0.05,
0.95, 3.66)
```

a výsledné dáta si uložíme na ďalšiu analýzu.

Metódou momentov vypočítame odhad parametra  $\lambda$  ako obrátenú strednú hodnotu  $\hat{\lambda}_m = 1/E(X) \rightarrow \hat{\lambda}_m = 0,314$ . Pri bootstrapovom odhade parametra  $\hat{\lambda}_b$  budeme vychádzať zo vzťahu (1). Na náhodný výber zo súboru slúži v jazyku R funkcia `sample`. Pre tvorbu 10 000 náhodných výberov s opakovaním použijeme funkciu `replicate`, v rámci ktorej sa vypočíta parameter  $\hat{\lambda}_{b,i}$  pre každý bootstrapový výber samostatne. Po spriemerovaní týchto parametrov dostaneme výsledný bootstrapový odhad  $\hat{\lambda}_b = 0,338$ . Zápis funkcie `replicate` a jej výsledok je nasledovný:

```
lambda_est <- replicate(10000, 1/mean(sample(exp_data, replace = TRUE)))
mean(lambda_est)
[1] 0.3383646
```

Graf 2: Histogram neparametrických bootstrapových výberov parametra exponenciálneho rozdelenia



Zdroj: vlastné spracovanie pomocou funkcie `ggplot`

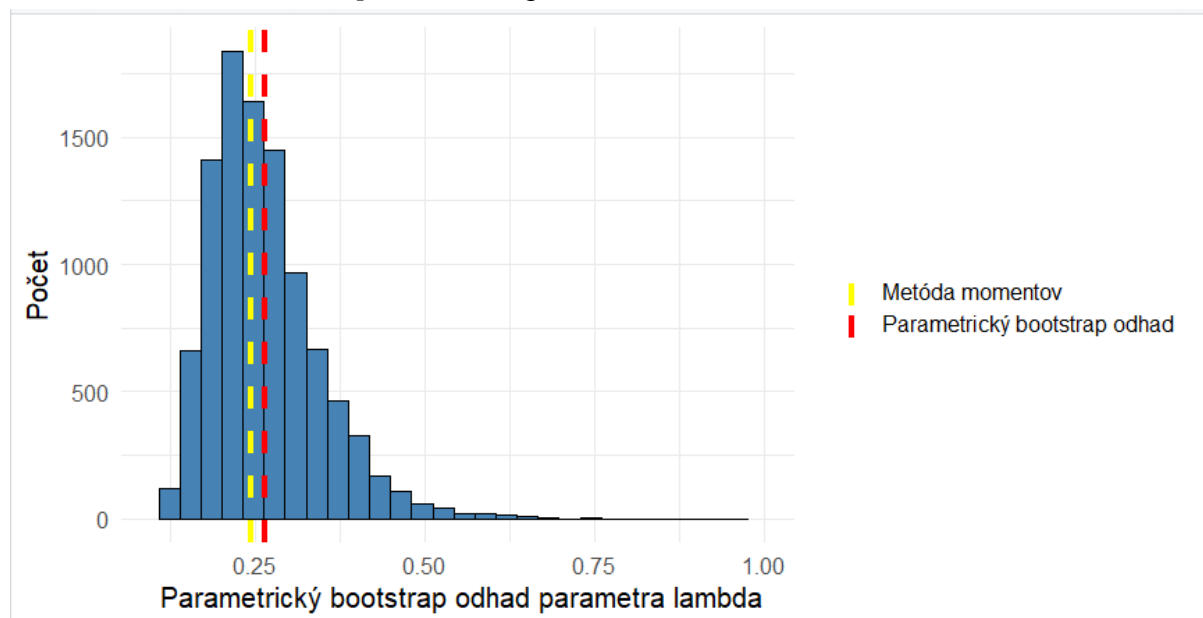
Vďaka jednotlivým odhadom z bootstrapových výberov môžeme vytvoriť histogram rozdelenia bootstrapových výberov. Bootstrapový odhad parametra je v porovnaní s momentovým odhadom bližšie skutočnému parametru (0,35), z ktorého boli dáta simulované. Relatívne veľký rozdiel medzi bootstrapovým a momentovým odhadom (0,024) je spôsobený malým súborom a tiež pravostranným zošikmením exponenciálneho rozdelenia. Na *Grafe 2* vidíme, že bootstrapové výbery sú zošikmené rovnako ako rozdelenie, z ktorého parameter odhadujeme.

### 3 Parametrický bootstrap

Okrem plného (neparametrického) bootstrapu, v niektorých prípadoch môžeme odhadovať neznáme štatistiky a intervaly spoľahlivosti aj parametrickým bootstrapom. Postup je veľmi podobný ako v prípade neparametrického bootstrapu. Jediný rozdiel je v tom, že bootstrapové výbery nevytvárame priamo z pôvodných údajov, ale najskôr parameter odhadneme a bootstrapové výbery potom vytvárame už z rozdelenia s daným parametrom. V tomto prípade si nasimulujeme dáta a vypočítame momentový odhad  $\hat{\lambda}_m = 0,245$  a bootstrapové výbery realizujeme už priamo z exponenciálneho rozdelenia s parametrom 0,24. Príkaz v prostredí R bude nasledovný:

```
set.seed(45)
rexp(12, 0.35)
param_exp_data <- c(0.76, 2.75, 4.66, 2.53, 4.33, 14.87, 3.34, 0.61, 2.79,
4.34, 3.79, 4.22)
lambda_param_est <- replicate(10000, 1/mean(rexp(12, 1/mean(param_exp_data)
)))
mean(lambda_param_est)
[1] 0.2651123
```

*Graf 2: Histogram parametrických bootstrapových výberov parametra exponenciálneho rozdelenia*



Zdroj: vlastné spracovanie pomocou funkcie ggplot

Vychýlenie medzi bootstrapovým a momentovým odhadom je v tomto prípade 0,0202. Rozdelenie parametrov vypočítaných z jednotlivých bootstrapových výberov je opäť

pravostranne zošikmené. Na základe bootstrapových rozdelení môžeme počítať k bootstrapovým odhadom aj intervaly spoľahlivosti. Práve intervaly spoľahlivosti sú najväčšou výhodou bootstrapových odhadov, lebo sa dajú počítať aj k štatistikám, ku ktorým sa štandardne intervaly spoľahlivosti počítať nedajú a je potrebné použiť rôzne aproximácie.

#### 4 Výpočet bootstrapových odhadov a intervalov spoľahlivosti pomocou balíčka `boot`

Veľkou výhodou balíčka `boot` je, že priamo vypočíta k bootstrapovému odhadu aj intervaly spoľahlivosti. Základom je funkcia `boot`, ktorej povinné parametre sú dátový súbor, počítaná štatistika a počet bootstrapových výberov. Vzhľadom na to, že možnosti bootstrapových výberov sú veľmi široké, funkciu počítajúcu zvolenú štatistiku, si treba najskôr naprogramovať. Viac o programovaní užívateľských funkcií v prostredí jazyka R sa dá nájsť napríklad vo Wickham (2017) alebo Matloff (2011), pričom je potrebné mať aspoň základné vedomosti o syntaxe jazyka R. Výhodou funkcie `boot` je tiež to, že umožňuje počítať viac bootstrapových odhadov rôznych štatistík naraz.

Nasledujúci príkaz nám vytvorí zo simulovaných dát bodové odhady Pearsonovho koeficienta korelácie ( $t1^*$ ), mediánu ( $t2^*$ ) a aritmetického priemeru ( $t3^*$ ). V základnom výstupe objektu vytvoreného prostredníctvom funkcie `boot` je originálny odhad z pôvodného súboru (*original*), odchýlka bootstrapového odhadu od pôvodného odhadu (*bias*) a prípustná chyba bootstrapového odhadu (*std. error*).

```
function_boot <- function(data, indices, corr.type){
  dt<-data[indices,]
  c(
    cor(dt[,1], dt[,2], method=corr.type),
    median(dt[,1]),
    mean(dt[,2])
  )
}
bootstrap_est <-boot(bootstrap_dataset, function_boot, R=1000, corr.type='p
')
bootstrap_est
```

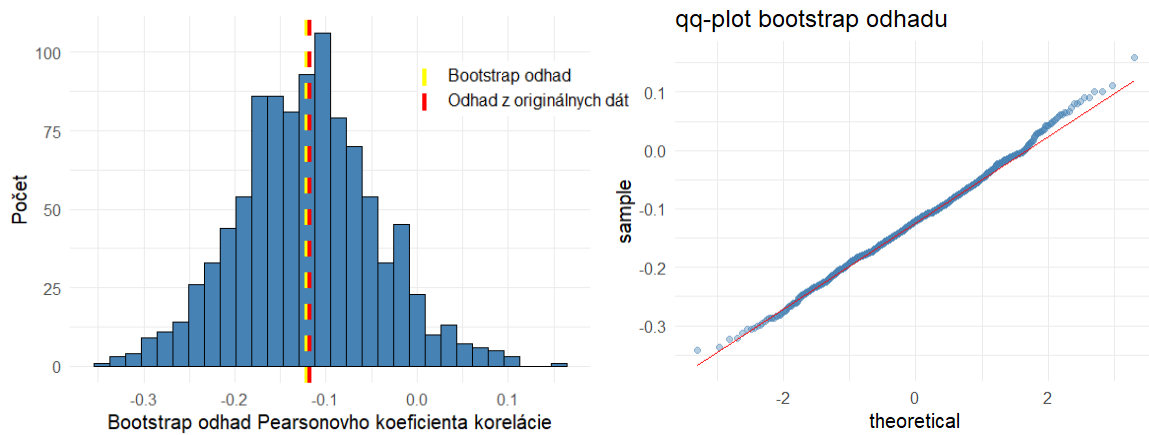
Obr.1: Výstup neparametrického bootstrapového odhadu získaného funkciou `boot` v programovacom jazyku R

```
ORDINARY NONPARAMETRIC BOOTSTRAP

      Bootstrap Statistics :
 original      bias  std. error
t1*  -0.1175698  0.0013158343  0.07377321
t2*   5.8000000 -0.0134000000  0.09871770
t3*   3.0573333 -0.0006046667  0.03615418
```

Zdroj: Vlastné spracovanie v prostredí R

Graf 2: Histogram a qq-plot bootstrapového odhadu koeficienta korelácie



Zdroj: vlastné spracovanie pomocou funkcie ggplot

V jazyku R sa pomocou balíčka *boot* dá priamo počítať 5 typov intervalov spoľahlivosti pre bootstrapové odhady:

- Normálny interval spoľahlivosti (*norm*), kde sa pri výpočte používajú kvantily normálneho rozdelenia a najviac sa podobá na klasický interval spoľahlivosti, nepočítaný pomocou bootstrapových výberov. Rozdiel je v tom, že od bootstrapového odhadu ešte odpočítame vychýlenie (*bias*) od bodového odhadu z pôvodného súboru.

$$P(\hat{\theta}_b - bias - z_{1-\frac{\alpha}{2}} * s \leq \theta \leq \hat{\theta}_b - bias + z_{1-\frac{\alpha}{2}} * s) = 1 - \alpha \quad (5)$$

Normálny interval spoľahlivosti je prípustné použiť v prípade, ak je sledovaná štatistika neskreslená a má normálne rozdelenie. Avšak v prípade, že sú tieto podmienky splnené, väčšinou nie je potrebné vychádzať z bootstrapového odhadu, a preto sa vo všeobecnosti tento interval používa len málo.

- Percentilový interval spoľahlivosti (*perc*) sa počíta z kvantilov empirického rozdelenia bootstrapového odhadu  $\hat{\theta}_b$ , a teda priamo na základe štatistík jednotlivých bootstrapových výberov.

$$P\left(\hat{\theta}_{b\frac{\alpha}{2}} \leq \theta \leq \hat{\theta}_{b1-\frac{\alpha}{2}}\right) = 1 - \alpha \quad (6)$$

Percentilový interval spoľahlivosti sa môže použiť v prípade, že testovacia štatistika je neskreslená a homoskedastická. Tento interval je však vhodný iba ak je empirické bootstrapové rozdelenie symetrické. V opačnom prípade interval nemusí dávať správne výsledky. Oveľa robustnejšie riešenie pre rozdelenie s neštandardným tvarom je dosiahnuté za použitia základných bootstrapových intervalov.

- Základný interval spoľahlivosti (*basic*) vychádza z kvantilov empirického rozdelenia, tak ako je to pri percentilovom intervale spoľahlivosti definovanom vzťahom (6), avšak v tomto prípade sa navyše využíva korekcia o vychýlenie medzi bootstrapovým odhadom a odhadom z pôvodného súboru ( $\hat{\theta}_b - \hat{\theta}$ ). Po úprave dostaneme interval v tvare:

$$P\left(\hat{\theta}_{b\frac{\alpha}{2}} - \hat{\theta} \leq \hat{\theta}_b - \hat{\theta} \leq \hat{\theta}_{b1-\frac{\alpha}{2}} - \hat{\theta}\right) = 1 - \alpha$$

$$P\left(2\hat{\theta} - \hat{\theta}_{b_{1-\frac{\alpha}{2}}} \leq \hat{\theta} \leq 2\hat{\theta} - \hat{\theta}_{b_{\frac{\alpha}{2}}}\right) = 1 - \alpha \quad (7)$$

Základné intervaly spoľahlivosti je vhodné použiť, keď je štatistika neskreslená a homoskedastická. V porovnaní s percentilovým intervalom spoľahlivosti dosahuje dobré výsledky aj pri štatistikách s neštandardným empirickým rozdelením odhadovaného parametra.

- Interval spoľahlivosti upravený o skreslenie (BCa -bias corrected and accelerated) je interval, ktorého výpočet vyžaduje používanie špeciálne upravených kvantilov bootstrapového rozdelenia. Kalkulácia BCa intervalu spoľahlivosti je matematicky pomerne zdĺhavá, postup výpočtu sa dá nájsť napríklad v DiCiccio a Efron, 1996. Tieto intervaly spoľahlivosti taktiež vyžadujú veľký počet bootstrapových výberov, lebo v opačnom prípade môžu viesť k nepresným výsledkom. Výhodou tejto metódy je, že pomáha redukovať skreslenie výsledných intervalov.
- Studentizovaný interval spoľahlivosti (stud) vychádza z náhodného výberu z bootstrapových výberov, ide teda o tzv. dvojstupňový bootstrapový odhad, ktorý sa použije na výpočet samotných intervalov spoľahlivosti. Studentizovaný interval spoľahlivosti nevie balíček *boot* priamo vypočítať, ale je potrebné najskôr spraviť úpravy, ktoré sú výpočtovo značne náročné. V studentizovaných intervaloch spoľahlivosti je pri malých výberových súboroch pomerne veľká prípustná chyba odhadu, čo spôsobuje, že tieto intervaly sú široké. Vzhľadom k vyššie uvedeným obmedzeniam sa studentizované bootstrapové intervaly v praxi veľmi nepoužívajú.

Na výpočet intervalov spoľahlivosti v jazyku R, slúži funkcia `boot.ci` (Páleš, 2017). Prvým argumentom je objekt `boot` – teda bootstrapový odhad, ktorý sme už v článku vypočítali skôr. Ďalším argumentom je typ bootstrapového intervalu ('norm', 'basic', 'perc', 'bca', 'stud'), spoľahlivosť odhadu a index prvku v objekte `boot`, pre ktorý chceme intervaly počítať. Pre 90, 95 a 99-percentné intervaly spoľahlivosti typu „basic“, „norm“, „perc“ a „bca“ pre Pearsonov koeficient korelácie sa príkaz `boot.ci` zapíše takto:

```
boot.ci(boot.out = bootstrap_est, type = c('basic', 'norm', 'perc', 'bca'),
conf = c(.90, .95, .99), index = 1)
```

Jeho výsledkom je obr. 2. Poznamenajme, že studentizované intervaly spoľahlivosti sme nepočítali, pretože ich výpočet vyžaduje dvojstupňový bootstrapový odhad.

Obr. 2: Výstup intervalového bootstrapového odhadu pre koeficient korelácie v programovacom jazyku R

```
BOOTSTRAP CONFIDENCE INTERVAL CALCULATIONS
Based on 1000 bootstrap replicates

Intervals :
Level      Normal              Basic
90%  (-0.2394, 0.0051 )  (-0.2470, -0.0039 )
95%  (-0.2629, 0.0285 )  (-0.2719, 0.0178 )
99%  (-0.3086, 0.0743 )  (-0.3107, 0.0798 )

Level      Percentile             BCa
90%  (-0.2312, 0.0119 )  (-0.2227, 0.0226 )
95%  (-0.2530, 0.0368 )  (-0.2435, 0.0471 )
99%  (-0.3149, 0.0756 )  (-0.2875, 0.0990 )
Calculations and Intervals on Original Scale
```

Zdroj: Vlastné spracovanie v prostredí R

## 5 Bootstrap odhady v regresných modeloch

Na princípe bootstrapu vieme odhadnúť aj rôzne štatistiky regresných modelov. Takýto výpočet však môže byť, predovšetkým v prípade veľkého množstva bootstrapových výberov, časovo náročný. Ďalej uvádzame príklad na výpočet bootstrapových odhadov pre upravený koeficient determinácie ( $t1^*$ ) a pre regresný koeficient ( $t2^*$ ) modelu vytvoreného zo simulovaných dát. Funkcia `boot` musí pre každý bootstrapový výber vypočítať nový regresný model zo vstupných dát. V tomto prípade sme vytvorili 1000 regresných modelov, z ktorých sme si vždy uložili koeficient determinácie a regresný koeficient. Príkaz v prostredí R vyzerá nasledovne:

```
function_boot_lm <- function(data, indexy){
  dt<-data[indexy,]
  c(
    summary(lm(reg_y ~ reg_x, dt))$adj.r.squared,
    lm(reg_y ~ reg_x, dt)$coef[2]
  )
}
boot_reg <- boot(reg_data, function_boot_lm, R=1000)
boot_reg
```

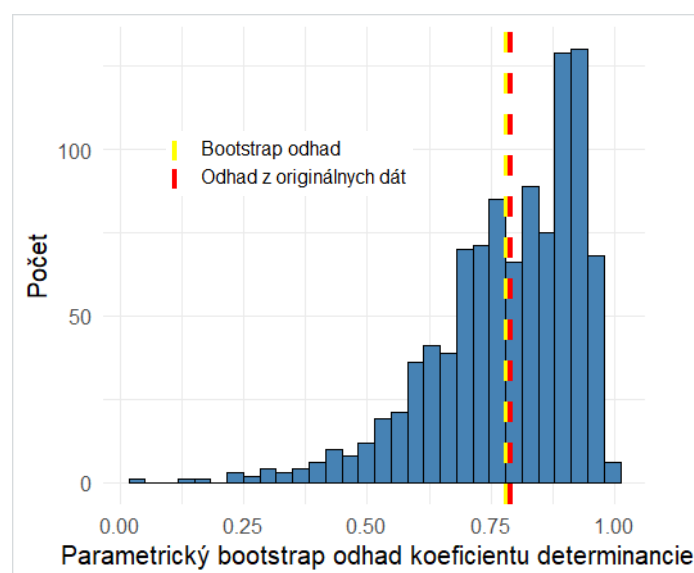
Obr. 3: Výstup bootstrapových odhadov pre koeficient determinácie a regresný koeficient v programovacom jazyku R

```
ORDINARY NONPARAMETRIC BOOTSTRAP

Bootstrap Statistics :
  original    bias    std. error
t1*  0.79048133 -8.926988e-03 0.148668487
t2* -0.04496557  6.607597e-05 0.005951734
```

Zdroj: Vlastné spracovanie v prostredí R

Graf 2: Histogram odhadu koeficienta determinácie regresného modelu



Zdroj: vlastné spracovanie pomocou funkcie ggplot



Takýmto spôsobom vieme na základe bootstrapových výberov vypočítať intervaly spoľahlivosti aj pre koeficient determinácie. Zo zvolených bootstrapových intervalov sú v tomto prípade vhodnejšie percentilový a BCa interval, nakoľko horná hranica zvyšných intervalov je vyššia ako 1 (obr. 4). Príkaz pre výpočet intervalov spoľahlivosti pre koeficient determinácie vyzerá nasledovne:

```
boot.ci(boot_reg, type=c('basic', 'norm', 'perc', 'bca'), conf = .95, index = 1)
```

Obr. 4: Bootstrapové intervalové odhady koeficientu determinácie v programovacom jazyku R

```

R
BOOTSTRAP CONFIDENCE INTERVAL CALCULATIONS
Based on 1000 bootstrap

Intervals :
Level   Normal          Basic
95%    ( 0.5080, 1.0908 ) ( 0.6157, 1.1663 )

Level   Percentile        BCa
95%    ( 0.4147, 0.9653 ) ( 0.2324, 0.9490 )
Calculations and Intervals on Original Scale

```

Zdroj: Vlastné spracovanie v prostredí R

Pre porovnanie môžeme uviesť, že za použitia percentilového bootstrapového intervalu dostaneme výsledok, ktorý je podobný intervalom vytvoreným za použitia Fisherovej transformácie (0,3499; 0,9370).

## 6 Záver

Bootstrapové odhady sa dostávajú v posledných desaťročiach vďaka výpočtovej technike čoraz viac do popredia. Hoci ich výpočet vyžaduje veľké množstvo kalkulácií, za pomoci výpočtovej techniky a štatistického softvéru je postup ich odhadu relatívne jednoduchý. Výhodou je ich priamočiarosť predovšetkým pri odhade štandardných odchýlok a intervalov spoľahlivosti pre štatistiky s komplexnejším rozdelením, ako sú napríklad korelačné koeficienty alebo pomery šancí v logistickej regresii. Bootstrap je tiež vhodným spôsobom ako skontrolovať stabilitu výsledkov a hoci vo väčšine prípadov nie je možné určiť skutočné intervaly spoľahlivosti, bootstrapové odhady sú asymptoticky presnejšie ako štandardné intervaly spoľahlivosti získané z výberového rozdelenia s predpokladom normality. Naopak, za nevýhodu bootstrapu by sme mohli považovať závislosť od pôvodného výberu a vyššiu časovú náročnosť.

V tomto článku sme ukázali ako je možné bez znalosti pokročilých programovacích techník vytvárať bootstrapové odhady a bootstrapové intervaly spoľahlivosti v programovacom jazyku R.

## Literatúra

- [1] Canty, A. (2002). Resampling Methods in R: The boot Package. *The newsletter of the R Project*. [online]. Dostupné na: [https://cran.r-project.org/doc/Rnews/Rnews\\_2002-3.pdf](https://cran.r-project.org/doc/Rnews/Rnews_2002-3.pdf) [cit. 2021-02-01].
- [2] Davison, A., Hinkley, D. (1996). *Bootstrap Methods and Their Application*. Cambridge University Press.
- [3] DiCiccio T., Efron, B. (1996). Bootstrap Confidence Intervals. *Statistical Science*, Vol. 11, No. 3 [online]. Dostupné na: [https://projecteuclid.org/download/pdf\\_1/euclid.ss/1032280214](https://projecteuclid.org/download/pdf_1/euclid.ss/1032280214) [cit. 2021-02-01].
- [4] Derylo, L. (2018). *Bootstrap in R* [online]. Dostupné na: <https://www.datacamp.com/community/tutorials/bootstrap-r> [cit. 2021-02-01].

- 
- [5] Efron, B., Tibshirani, R. (1993). *An Introduction to the Bootstrap*. Boca Raton.
- [6] Fox, J., Weisberg, S. (2018). *An R Companion to Applied Regression: Bootstrapping Regression Models in R*. SAGE Publications, third edition.
- [7] Johnson, K., Kuhn, M. (2018). *Applied Predictive Modeling*. Springer.
- [8] Matloff, N. (2011). *The Art of R Programming: A Tour of Statistical Software Design*. No Starch Press, 1st edition.
- [9] Páleš, M. (2017). *Jazyk R v aktuárskych analýzach*. Vydavateľstvo EKONÓM.
- [10] R-bloggers. (2019). *Understanding Bootstrap Confidence Interval Output from the R boot Package* [online]. Dostupné na: <https://www.r-bloggers.com/2019/09/understanding-bootstrap-confidence-interval-output-from-the-r-boot-package/> [cit. 2021-02-01].
- [11] Ripley, B. (2020). *Package 'boot'*. The Comprehensive R Archive Network [online]. Dostupné na: <https://cran.r-project.org/web/packages/boot/boot.pdf> [cit. 2021-02-01].
- [12] Wasserman, L. (2010). *All of Statistics: A Concise Course in Statistical Inference*. Springer.
- [13] Wickham, H. (2017). *R for Data Science*. O'Reilly Media, 1st Edition.

## Posudzovanie pripravenosti podniku na nasadenie veľdát (big data)

Martin Mišút<sup>1</sup>

### Abstrakt

V dnešnej dobe môže využívanie veľdát poskytnúť firmám konkurenčnú výhodu tým, že lepšie pochopia potreby zákazníkov a zlepšia svoje podnikové procesy. Na druhej strane implementácia technológií veľdát nie je ľahká a vyžaduje si nasadenie nových zariadení, kvalifikovaných zamestnancov a veľa významných zmien v podnikových procesoch. Z týchto dôvodov je na zodpovednosti manažérov kvalifikovane posúdiť pripravenosť a vhodnosť podmienok v podniku a na základe toho sa rozhodnúť o vhodnom čase a spôsobe implementácie veľdát. To však nie je možné, pokiaľ manažéri nemôžu exaktne posúdiť pripravenosť podniku na nasadenie technológie veľdát. Pre kvalifikované rozhodnutie je potrebné vziať do úvahy rôzne kritériá, ktorých zhodnotenie vyžaduje spoluprácu vysoko kvalifikovaných expertov, ako aj dostupnosť zdrojov na implementáciu inovácie. Dôsledkom náročnosti posudzovania pripravenosti na nasadenie technológie veľdát je skutočnosť, že tieto sa najskôr začali implementovať do veľkých podnikov, v ktorých je okrem vhodných podmienok k dispozícii aj dostatočný kapitál na investovanie do inovácií. Iná situácia je v menších podnikoch, ktoré zväčša nemajú dostatok interných expertov, ani kapitál na prípravu kvalifikovaných rozhodnutí o investícii do technológie veľdát. Preto bol na Katedre Aplikovanej informatiky navrhnutý model posudzovania pripravenosti podniku na nasadenie veľdát a tento bol implementovaný do diagnostického nástroja podporujúceho iníciačné rozhodnutie o akceptácii technológie veľdát, čo pomáha manažérom objektívne posúdiť pripravenosť podniku na implementáciu veľdát.

### Kľúčové slová

Big data, model, investovanie, implementácia veľdát

### Abstract

Nowadays, big data analytics can give companies a competitive advantage by better understanding customer needs and improving their business processes. On the other hand, the adoption of big data analytics is not easy and requires many significant changes in business processes, in employees' qualification, and the deployment of new technologies. For these reasons, managers must decide on the appropriate time to adapt the company to adopt big data. However, this is not possible unless managers can assess the company's readiness to adopt big data. For their qualified decision, it is necessary to consider various criteria, requiring the cooperation of several highly qualified experts and sufficient resources. As a result, big data first began to be implemented in large companies in which, in addition to suitable conditions, there is sufficient capital to invest in innovation. The situation is different in SMEs. A model for assessing the readiness of the company for the adoption of big data was proposed. This model was then implemented into the diagnostic tool, which facilitates the initial decision on adopting big data, which helps managers judge the company's readiness for big data adoption.

### Keywords

big data, big data adoption, TOE

---

<sup>1</sup> Ekonomická univerzita v Bratislave, Fakulta hospodárskej informatiky, Katedra aplikovanej informatiky, Dolnozemska cesta 1, 852 35 Bratislava, martin.misut@euba.sk .

**JEL classification**

O33

**1 Úvod**

Dnešný svet digitálnych technológií predstavuje veľký priestor, kde sa každý deň vytvára a ukladá obrovské množstvo informácií. V súvislosti s tým sa rapídne zvyšuje pozornosť aj na vývoj a implementáciu metód a technológií spracovania veľdát (angl. big data). Súčasný výskum a vývoj v oblasti veľdát sa však nezameriava primárne na faktory, ktoré ovplyvňujú podnikanie spoločností, a to aj napriek výhodám, ktoré spoločnostiam poskytujú (Soon, Lee, & Boursier, 2016).

V súčasnosti sa denne generujú kvintilióny ( $10^{30}$ ) údajov na jednej strane z rôznych senzorov ako výsledok merania fyzikálnych veličín napríklad klímy, seizmologických údajov, na druhej strane údaje digitálnej komunikácie ako sú napríklad odoslané fotografie a videá, údaje z realizovaných internetových obchodných transakcií, prehliadania webu, sociálnych sietí alebo monitorovania GPS (Han, Liang, & Zhang, 2015). Takéto obrovské množstvo údajov je náročné na spracovanie a uloženie a vyžaduje vysokú úroveň implementácie moderných technológií, ako aj vývoj nových metód spracovania, aby sme mohli robiť zmysluplné rozhodnutia. Vyžaduje si to však nákladné investície do technológií a vývoja zásadne nových metód spracovania údajov – tzv. analytík (Mayer-Schönberger & Cukier, 2013).

V dnešnej dobe je dopyt po investíciách v tejto oblasti taký vysoký, že aj veľké korporácie sú na počiatku cesty (Bremser, 2018). Pre malé a stredné podniky (MSP) nie je ľahké investovať čas a zdroje potrebné na úspešnú implementáciu metód a technológií veľdát (Sun, Cegielski, Jia, & Hall, 2018). Rozhodovanie o tejto otázke (investícii) nie je ľahké a ovplyvňuje ho niekoľko rôznorodých faktorov. Nasledujúci príspevok popisuje teoretický model a diagnostický nástroj vytvorený na podporu manažérov pri úvodnom rozhodovaní, či sú v ich podniku vhodné podmienky na implementáciu veľdát.

**2 Pojem veľdáta (big data)**

Zatiaľ čo pojem „big data“ (veľdáta) bol v súvisiacich literárnych zdrojoch definovaný rôznymi spôsobmi, stále neexistuje jeho všeobecne akceptovaná definícia (Beyer & Laney, 2012). Intuitívne chápeme v súlade s autormi (Athamena & Houhamdi, 2018), že pojem „big data“ označuje súbor nových informácií, ktoré musia byť dostupné mnohým používateľom v takmer reálnom čase a ktoré pochádzajú z obrovského množstva údajov na urýchlenie kritických rozhodovacích procesov. Na začiatku nového tisícročia sa však termín „big data“ dostal do širšieho povedomia najmä vďaka tzv. „3V“, ako to popisuje Doug Laney vo svojej správe (Laney, 2001) - analytík vtedajšej spoločnosti Meta Group (z ktorej sa neskôr stala akvizícia známeho Gartnera). V Gartnerovej správe (Beyer & Laney, 2012) bol pojem „big data“ použitý prvýkrát a definovaný bol takto: „Veľdáta označujú informácie veľkých objemov, vysokých rýchlostí alebo veľkej rôznorodosti, ktoré si vyžadujú nové typy spracovania, aby umožnili lepšie rozhodovanie, prehľad a optimalizáciu procesov.“ Následne bol termín rozšírený o ďalšie atribúty na „5V“. V súčasnosti existujú ďalšie definície, ktoré rozšírili počet prívlastkov veľdát dokonca až na „7V“. Napríklad Saggi (Saggi & Jain, 2018) uvádza nasledovné atribúty veľdát: objem, rýchlosť, rozmanitosť, valencia, pravdivosť, variabilita a hodnota.

Veľdáta teda nie sú iba doslova veľké objemy dát, ale týmto termínom označujeme tiež skupinu procesov využívajúcich digitálne technológie, ktoré dokážu rýchlo spracovať viac ako petabajty dát a viesť ku komplexným rozhodnutiam, často takmer v reálnom čase (Jeble, Kumari, & Patil, 2018). Informácie vzniknuté spracovaním veľdát môžu viesť k formulovaniu základných strategických rozhodnutí, ako je napríklad výroba nového produktu,

reštrukturalizácia organizačnej štruktúry podniku alebo zlepšenie zákazníckej podpory na základe zhromaždenej spätnej väzby od zákazníkov (Kościelniak & Puto, 2015).

Uvažovanie o informáciách a ich hodnote pre podnikanie nie je revolučná myšlienka. Nové na tom je však to, že nevyužitie plného potenciálu dostupných informácií v súčasnosti môže podnik dostať z trhu, zatiaľ čo využitie plného potenciálu informácií môže priniesť značnú konkurenčnú výhodu a maximalizovať trhovú hodnotu podniku, čo v minulosť nebolo tak zjavné (Warmerdam & Bredveld, 2003).

Pre potreby tohto článku si veľdáta v súlade s Sunom a kol. (Sun et al., 2018) definujeme z pohľadu riešení pre podnikanie ako novú technológiu, ktorá sa vyznačuje predovšetkým pokročilou funkciou „business intelligence“ a pokročilými metódami spracovania údajov (analytikami).

### 3 Rozhodovanie o využití veľdát v podniku

Termín „big data adoption“ v skratke BDA je v anglofónnej literatúre používaný v zmysle aktivít alebo udalostí, ktorými bolo rozhodnuté o využití (implementovaní) veľdát v podniku. Günther a kol. (Günther, Mehrizi, Huysman, & Feldberg, 2017) definovali implementáciu veľdát (ďalej budeme používať anglickú skratku BDA) ako proces, ktorý umožňuje prostredníctvom inovácie zmeniť infraštruktúru organizácie. Využívanie veľdát v podnikoch prudko stúplo zo 17% v roku 2015 na 59% v roku 2017 a dosiahlo kombinovanú ročnú mieru rastu 36% (Columbus, 2017). Podľa komplexnej analytickej štúdie, ktorej autorom je Kart (Kart, 2015), však iba 14% podnikov doviedlo projekty implementácie veľdát v podniku do realizácie. Preto je potrebné správne identifikovať pripravenosť podniku na implementáciu veľdát a zabrániť tak sklamaniam a finančným stratám sprevádzajúcim neúspešné projekty. Ako zistili Ramezani a Nasrollahi (Ramezani & Nasrollahi, 2020), hoci podniky značne investujú do projektov implementácie veľdát pre uznávané výhody, skutočná realizácia výhod využívania veľdát spočíva v úplnej pripravenosti podniku na využitie veľdát, teda komplexného adaptovania sa podniku na zmenené procesy prípadne štruktúru, skratka ide o významnú inováciu.

Existuje bohatý súbor výskumov o akceptácii inovácií prostredníctvom implementácie informačných technológií jednotlivcami a organizáciami. Napríklad Jeyaraj a kol. (Jeyaraj, Rottman, & Lacity, 2006) poskytujú rozsiahly prehľad kvalitatívneho a kvantitatívneho výskumu na túto tému. Vo všeobecnosti tieto teórie skúmajú inovácie z pohľadu jednotlivca alebo organizácie. Tento článok sa týka predovšetkým malých a stredných podnikov a preto sa budeme ďalej zameriavať len na akceptovanie veľdát z pohľadu organizácie.

Ďalej budeme za teoretický model akceptácie inovácií považovať existujúce, prijateľné teórie vychádzajúce z literatúry. Existuje niekoľko dobre opísaných modelov, medzi ktoré patrí najmä populárny model akceptácie technológií (technology acceptance model - TAM) (Davis, 1989), model technológie a organizácie a prostredia (technology–organization–environment model - TOE) (Tornatzky, Fleischer, & Chakrabarti, 1990), model vhodnej technológie pre danú úlohu (task-technology fit model TTF) (Goodhue & Thompson, 1995) a difúzny model inovácií (Diffusion of innovations model DOI) (Rogers, 1995). Podľa Baiga a kol. (Baig, Shuib, & Yadegaridehkordi, 2019) boli tieto modely niekoľkokrát testované v rôznych kontextoch a výsledky preukazujúce ich platnosť boli publikované v početných štúdiách. Napríklad Baig a kol. (Baig et al., 2019) našiel viac ako 900 štúdií akceptovania technologických inovácií publikovaných v intervale rokov 2015 až 2018.

Uvedené modely akceptácie inovácií sú založené na predpoklade, že existujú určité vlastnosti podniku a jeho podstatného okolia, ktoré významne ovplyvňujú úspešnosť implementácie inovácie, ktorá je predmetom skúmania. Analýzou publikovaných štúdií (pozri nižšie) sa ukázalo, že model TOE je najčastejšie používaný model na pochopenie a analýzu

faktorov BDA a preto sme ho prijali ako centrálnu bázu pre náš výskum. TOE popisuje faktory ovplyvňujúce akceptáciu technologických inovácií (Bremser, 2018). Tieto faktory sú rozdelené do troch kategórií (dimenzií): *technológia*, *organizácia* a *prostredie* (Tornatzky et al., 1990). Technologická dimenzia zahŕňa vlastnosti dostupných technológií, ktoré sú relevantné pre podnik. Organizačný kontext modelu TOE odkazuje na zdroje podniku a ďalšie charakteristiky, ako napríklad na veľkosť podniku, na organizačnú štruktúru, manažérsku štruktúru, ľudské zdroje a zručnosti zamestnancov. Dôležité okolie podniku je opísané v dimenzii prostredie, ktoré zahŕňa konkurenciu, špecifiká daného odvetvia, vládne nariadenia a ostatné činitele vonkajšieho prostredia, ovplyvňujúce podnik. (Bremser, 2018; Sun et al., 2018)

Príchod veľdát poskytuje podnikom nové príležitosti, ale pre ich využitie je kriticky dôležitým činiteľom pripravenosť podniku na zmenu (Sun et al., 2018). Pripravenosť tiež zahŕňa postoje, názory a zámery zamestnancov podniku (Armenakis, Harris, & Mossholder, 1993). Pripravenosť podniku je definovaná ako miera, do akej sú zúčastnené strany, ako individuálne, tak aj kolektívne pripravené, motivované a technicky schopné vykonať zmenu (Holt, Helfrich, Hall, & Weiner, 2010). Organizačná pripravenosť na zmenu sa týka „rozsahu, v akom sú členovia organizácie psychologicky a behaviorálne pripravení na uskutočnenie organizačnej zmeny“ (Weiner, Amick, & Lee, 2008). Organizačná pripravenosť na zmenu je teda významne spojená s rozhodovaním, pretože BDA je pre mnohé podniky stále v stave zrodu (Sun et al., 2018).

#### 4 Krátky prehľad publikovaných štúdií k problematike DBA

Bolo publikovaných viacero článkov, zaoberajúcich sa problematikou nasadzovania inovácií, najmä s ohľadom na digitálne technológie. Z nich sa však len malá časť zaoberá konkrétne problematikou súvisiacou s BDA. Veď napríklad Baig a kol. (Baig et al., 2019) nakoniec analyzovali len 20 z 907 nájdených štúdií a to tie, ktoré sa priamo zaoberali modelmi BDA, ovplyvňujúcimi faktormi a prekážkami implementácie a ktoré boli publikované v anglickom jazyku. Ich analýza ukázala, že v analyzovaných štúdiách najbežnejšie používanou teóriou pre BDA boli TOE (13), DOI (5) a TAM (3). Analýzou publikovaných štúdií identifikovali a zoskupili 42 významných faktorov, ovplyvňujúcich BDA, do štyroch kategórií: *technológia*, *organizácia*, *životné prostredie* a *inovácia*. V každej kategórii určili poradie dôležitosti faktorov. Ich závery nie sú celkom v súlade s zisteniami Jeyaraja a kolektívu (Jeyaraj et al., 2006), pretože títo za najlepšie prediktory BDA považujú podporu vrcholového manažmentu, externý tlak a veľkosť organizácie, zatiaľ čo Baig a kol. nie. Jednou z možných príčin tejto disproporcie je fakt, že Jeyaraj a kol. analyzovali stav implementácie informačných technológií všeobecne, nie BDA, pričom ich analýza zachytáva približne o desať rokov starší stav.

Bremser a kol. (Bremser, Piller, & Rothlauf, 2017) tiež použili TOE na identifikáciu najvýznamnejších faktorov, ktoré ovplyvňujú prístup podnikov k preskúmaniu potenciálu veľdát, kompetencií informačných systémov, vnímaniu zložitosti technológií veľdát a finančnej a strategickej pripravenosti podniku.

Nasrollahi a kol. (Nasrollahi, Ramezani, & Sadraei, 2020) išli vo svojej štúdií trochu ďalej a skúmali vplyv BDA na výkonnosť MSP. Použili expertné posudzovanie ako faktorov, tak aj vplyvu. Kvantitatívna analýza vychádzala zo zmiešaného prístupu, keď kombinovala údaje z dotazníkového prieskumu 224 manažérov z iránskych MSP a metodiky analýzy údajov SEM. Výsledky ukázali, že dvanásť faktorov, ktoré skúmali, ovplyvnilo BDA a následne aj výkonnosť MSP.

Ramezani a Nasrollahi (Ramezani & Nasrollahi, 2020) v inej štúdií navrhli štatistický hierarchický model využívajúci analýzu hlavných komponentov na redukciu a integráciu

faktorov Fuzzy BestWorst Method na identifikáciu ich váhy v modeli. Počiatočný súbor faktorov identifikovali prostredníctvom analýzy publikovaných štúdií.

Sun a kol. (Sun et al., 2018) preskúmali 26 faktorov, ktoré ovplyvňujú BDA z pohľadu organizácie a výsledky integrovali do jediného rámca BDA. Zistili, že manažéri musia identifikovať kritické faktory úspechu, ktoré vedú k úspešnému BDA v podnikoch. Podľa ich zistení, môžu manažéri tiež rozlíšiť potenciálne riziká spojené s rozbehovou fázou BDA vo faktoroch prostredia.

Kamarulzaman a kol. (Kamarulzaman, Hassan, Drus, & Ismail, 2019) skúmali faktory BDA v energetickom sektore čeliacemu výzve priemyslu 4.0. Autori navrhli konceptuálny model s ôsmimi faktormi využívajúc tiež teoretický rámec TOE.

Okrem týchto štúdií založených na prehľade literatúry bolo publikovaných niekoľko článkov zaoberajúcich sa situáciou v BDA na národnej úrovni. Ako príklad je možné uviesť práce, ktoré publikoval Diniz a kol. (Diniz, Luvizan, Cassitas Hino, & Ferreira, 2018) pre kontext brazílskych bánk, Gangwar (Gangwar, 2018), týkajúci sa situácie v Indii, Haddad (Haddad, Ameen, & Mukred, 2018) pre Spojené arabské emiráty a Shahzad (Shahzad, 2018) pre Čínu. Metodika

## 5 Metodika

Prezentovaný výsledok výskumu je súčasťou širšie zameraného projektu na komplexné prispôbenie MSP na zavedenie, spracovanie a využívanie veľdát. Účelom bolo vytvoriť koncepčný rámec pre využitie veľdát na zlepšenie výsledkov MSP a zároveň na vytvorenie modelov, metód a súboru nástrojov, ktoré uľahčia rozhodovanie o čase, metódach, technológii a postupoch pre BDA v podnikovom prostredí. Implementácia a používanie veľdát je nákladná, veľakrát vyžadujúca organizačné zmeny a zmeny v procesoch, pričom implementované technológie sú investične náročné a vyžadujú vysokokvalifikovaných zamestnancov. Preto prijatie rozhodnutia o implementácii veľdát kladie veľkú zodpovednosť na príslušných manažérov. Pre kvalifikované rozhodovanie je potrebné poznať významné faktory ovplyvňujúce úspešnosť BDA a tiež mať k dispozícii poznatky, kvantifikujúce hodnotu týchto faktorov pre daný podnik. Z uvedeného plynie, že pre podporu rozhodovacieho procesu o BDA bolo potrebné:

1. navrhnuť viacfaktorový model umožňujúci posúdiť stav pripravenosti a vhodnosť podmienok v podniku na implementáciu veľdát;
2. vytvoriť nástroj, ktorý uľahčí diagnostikovať aktuálny stav a podmienky v podniku, ako aj metodiku jeho použitia.

Pre splnenie týchto cieľov a v súlade so všeobecne akceptovanými zásadami sme v tejto čiastkovej štúdií postupovali nasledovne:

- plánovanie,
- analýza publikovaných informácií,
- identifikácia sľubných faktorov pre konštrukciu modelu (prvá fáza výberu)
- expertné posúdenie navrhovanej množiny faktorov vo forme neformálneho pohovoru s odbornými zamestnancami podniku (druhá fáza výberu)
- návrh modelu
- konštrukcia diagnostického nástroja a návrh metodiky jeho použitia.

Prehľad aktuálneho stavu bol realizovaný prehľadaním databáz WoS, SCOPUS a Researchgate.net, pričom reťazec „big data adoption“ bol použitý ako vyhľadávací výraz. Výstupom hľadania bola obsiahla množina potenciálne sľubných informačných zdrojov. Rýchly skrining tejto množiny na základe analýzy názvu a abstraktu umožnil posúdiť relevantnosť a vhodnosť využitia pre stanovené ciele. Pre potreby našej štúdie boli vybrané

všetky články alebo príspevky týkajúce sa teórie, metodiky a faktorov BDA. Zvolené obdobie hodnotených štúdií bolo od roku 2014 do roku 2017. Do tohto výskumu neboli zahrnuté štúdie, ktoré sa týkali hardvéru veľdát, analytík a štúdie, ktoré neboli publikované v anglickom jazyku alebo pre ktoré nebol k dispozícii celý text. Prioritne boli vybrané články, ktoré mali charakter prehľadových štúdií, pretože tu bolo možné nájsť koncentrované poznatky z analýzy teórií použitých v pozadí BDA a vážené faktory ovplyvňujúce BDA. Do prehľadu sa dostali aj niektoré štúdie mapujúce názory manažérov a IT manažérov na implementáciu veľdát.

Počiatočný súbor faktorov bol určený metódou frekvencie výskytu v analyzovaných informačných zdrojoch (štúdiách), pričom výsledky súhrnných prieskumných štúdií mali väčšiu váhu v porovnaní s opisom jednotlivých prípadov/podnikov. Vyššia frekvencia spomenutia v štúdiách zvyčajne znamená aj vyššie uznanie dôležitosti faktora vedcami alebo odborníkmi z praxe. Najvyššia frekvencia tiež znamenala, že faktor bol uznaný vo väčšine oblastí a z rôznych hľadísk, ako uvádza aj Sun (Sun et al., 2018). Zriedkavo spomenutý faktor značí, že odborná verejnosť ho nehodnotí ako dôležitý pre BDA.

Každému faktoru zaradenému do počiatočného súboru, bol tiež pridelený zodpovedajúci kód dimenzie, z ktorého vyplýva jeho klasifikácia. Z počiatočného súboru, obsahujúceho 61 faktorov bolo do raného modelu vybraných tridsať, desať v každej dimenzii (TOE) s najvyšším počtom výskytov. Tým sa uzavrela prvá fáza výberu.

V nasledujúcej fáze výberu šesť manažérov alebo IT expertov z podnikov prehodnotilo raný model. Hodnotenie bolo organizované predstavením raného modelu, t.j. počiatočného súboru faktorov v troch dimenziách, odborníkom z podnikov počas neformálneho rozhovoru. Počas rozhovoru bol vysvetlený aj cieľ a účel projektu spolu s metodikou vytvorenia finálneho modelu. Hodnotitelia mali čas na premýšľanie jeden týždeň a potom označili každý päť faktorov, ktoré považovali za najdôležitejšie v každej dimenzii, pričom určili aj poradie faktorov v rámci dimenzie.

Každý faktor v zoznamoch od hodnotiteľov získal body v závislosti od jeho umiestnenia, t.j. prvý faktor v poradí získal 5 bodov, posledný 1 bod. Výsledný model bol zostavený tak, že do každej dimenzie bolo zaradených päť faktorov s najvyšším počtom získaných bodov v poradí získaných bodov. V prípade rovnosti bodov dostal vyššie hodnotenie v štúdiách faktor s vyššou frekvenciou výskytu (prvá fáza výberu).

Použitý postup výstavby modelu priniesol úžitok na jednej strane zo zahrnutia širokospektrálnych prístupov publikovaných štúdií ako aj publikovaných konkrétnych prípadov predstavujúcich globálnu vedomostnú základňu a na druhej strane zohľadňuje názor expertov miestnych podnikov poznajúcich lokálnu situáciu slovenských podnikov. Finálny model sa nachádza v tabuľke 1.



Tab. 1: Finálny model

Faktor				
Poradie v dimenzii	Názov	Názov v originále	Dimenzia	Frekvencia výskytu
1	Technologická pripravenosť / technologické zdroje	Technology readiness/ technology resources	T	107
2	Vnímaná kompatibilita	Perceived compatibility	T	24
3	Kvalita a integrácia údajov	Data quality and integration	T	21
4	Vnímaná jednoduchosť (ľahkosť použitia)	Perceived Simplicity (Ease of use)	T	18
5	Podpora dodávateľa riešenia	Vendor support	T	4
1	Relatívna výhoda	Relative advantage	O	102
2	Podpora manažmentu pre veľdáta	Management support for Big Data	O	77
3	Ľudské zdroje	Human resource	O	66
4	Náklady na implementáciu	Cost of adoption	O	57
5	Kompetencia IS / štruktúra IT (infraštruktúra)	IS competence/IT structure (infrastructure)	O	41
1	Bezpečnosť a súkromie	Security and privacy	E	61
2	Vládna podpora, zákony a politika	Government support, laws and policy	E	42
3	Tlak konkurencie	Competitive (Perceived industrial pressure)	E	34
4	Implementovanosť / pripravenosť u obchodných partnerov	Trading partner adoption/ readiness	E	31
5	Riziko	Risk	E	30

Zdroj: vlastná tvorba

## 6 Diagnostický nástroj posudzovania pripravenosti podniku na implementáciu veľdát

Účelom diagnostického nástroja je kvantifikovať pripravenosť podniku na BDA. V zásade ide o hodnotenie miery plnenia jednotlivých faktorov finálneho modelu. Prirodzene, každá kvantifikácia zložitých javov, ako napríklad BDA, má svoje limity. Poskytnutím počítačovej štruktúry pre rozhodnutie a vyhodnotením pripravenosti podniku na implementáciu veľdát však diagnostický nástroj poskytuje aj primeraný základ na objasnenie vzájomných vzťahov medzi obchodným modelom, stratégiou, podmienkami na trhu a technologickou platformou, ktoré by mali podporovať dlhodobé ciele podniku.

Pretože primárnou funkciou diagnostického nástroja je kvantifikovať pripravenosť podniku na BDA, bolo potrebné pri jeho tvorbe zvoliť takú transformáciu finálneho modelu, aby bolo použitie diagnostického nástroja priame a nekládlo zbytočné nároky na hodnotenie. Zároveň bolo potrebné zabezpečiť jednoznačnú interpretáciu a jednoduché použitie nástroja. Preto bola zvolená forma štruktúrovaného dichotomického dotazníka. Dotazník s dichotomickými položkami mapuje plnenie jednotlivých faktorov finálneho modelu. Položky nie sú ekvivalentné, pretože zohľadňujú váhu, ktorá je daná pozíciou faktoru v rámci dimenzie vo finálnom modeli. Počet získaných bodov za kladnú odpoveď na otázku zodpovedá váhe jednotlivých položiek. Maximálny bodový zisk za položku dotazníka je päť bodov; minimálny počet bodov je jeden bod. Negatívna odpoveď na otázku má priradenú nulovú hodnotu.

Pre každý faktor z modelu existujú v diagnostickom nástroji dve alebo tri položky, ktoré slúžia na príslušné vyhodnotenie stavu faktora. Napríklad pre faktor *Tlak konkurencie* obsahuje nástroj nasledujúce otázky:

- Vnímate veľdáta ako príležitosť na zlepšenie svojho podielu na trhu v porovnaní s konkurenciou?
- Využil už nejaký Váš konkurent veľdáta úspešne?

Maximálne možné skóre dotazníka je sto; minimálne skóre je nula. Na základe získaného skóre sú možné nasledovné kategórie výsledku:

1. Menej ako 30 bodov: implementácia veľdát nie je v danej situácii vhodná / potrebná. Podnik nie je dostatočne pripravený na BDA alebo nemá vytvorené potrebné podmienky alebo chýbajú potrebné zdroje.
2. Od 31 do 54 bodov: implementácia veľdát je možná, ale nie nevyhnutná. Odporúča sa preskúmať ďalšie endogénne a exogénne faktory prevádzky podniku.
3. Od 55 bodov nahor: podnik je vhodný a pripravený na implementáciu veľdát.

V návode na používanie diagnostického nástroja sa tiež odporúča, aby pri skóre blízko hraníc medzi kategóriami výsledku (+ -2 body), bol výsledok starostlivo zvážený a odporúča sa vyhodnotiť ďalšie dodatočné faktory, ktoré nie sú súčasťou finálneho modelu, ale boli v pôvodnom súbore sľubných faktorov.

Keďže ide o štruktúrovaný dotazník, výsledné skóre tiež ukazuje počet dosiahnutých bodov v každej dimenzii, čo dáva určitú predstavu o silných a / alebo slabých stránkach podniku z hľadiska dimenzie (technológia - organizácia - prostredie). Porovnaním získaného skóre v rámci dimenzie s maximálne možným skóre danej dimenzie sa tiež kvantifikuje pripravenosť podniku na BDA z pohľadu danej dimenzie.

Získané skóre v štruktúrovanej podobe preto môže slúžiť aj ako základ pre počiatočnú orientáciu manažérov na prípravu stratégie BDA a plánu systematického rozvoja interných schopností využívať veľdáta v podniku. Získané poznatky je potom možné bližšie špecifikovať podrobnou analýzou v rámci inovačného procesu.

## 7 Záver

Návratnosť investícií do implementácie veľdát zostáva problémom. Pri pohľade na stupeň BDA v podnikoch však vidno, že snaha získať konkurenčnú výhodu vďaka využívaniu veľdát, je hnacou silou implementácie a dokonca neutralizuje snahu okamžitej návratnosti. Je však potrebné mať na pamäti, že pri implementácii veľdát musí organizácia postupovať podľa strategického plánu, ktorého hlavným motívom by malo byť využitie úplného informačného potenciálu podniku. Odmietnutie využívania veľdát môže preto viesť k podstatným stratám v trhovom postavení podniku.

Výsledky získané použitím opísaného diagnostického nástroja sú iba orientačné a preto môžu slúžiť ako počiatočná informácia pri rozhodovaní sa manažérov o následnom postupe. Dôležitosť BDA pre aktivity podniku, jej postavenia na trhu, zmenu jej procesov a vytváranie nových produktov je natoľko významné, že si nakoniec vždy vyžaduje dôkladné posúdenie kompetentnými odborníkmi.

Prezentovaná verzia diagnostického nástroja pracuje s binárnymi odpoveďami na otázky dotazníka. Uvedomujeme si, že pri kvantifikácii zložitých javov je nemožné stanoviť ostré hranice medzi dvoma stavmi / kategóriami, najmä ak výsledná hodnota závisí od názoru ľudí. V tejto verzii diagnostického nástroja sme sa pokúsili oslabiť toto obmedzenie prostredníctvom odporúčania používateľom preskúmať ďalšie faktory, keď je skóre blízko hranice. V ďalšej fáze plánujeme použiť dotazník umožňujúci vybrať si z viacerých hodnôt v odpovedi. Výsledky potom budú spracované pomocou viacúrovňovej agregácie a fuzzy logiky (Rakovská & Hudec,

2019). Aby sme manažérom uľahčili interpretáciu výstupov diagnostických nástrojov, predpokladáme tiež použitie lingvistických výrazov a príslušného aparátu.

Väčšie podniky majú zväčša viac zdrojov na uľahčenie akceptácie a implementácie veľdát a môžu preto niesť vyššie riziko a tak bývajú prvými inovátormi (Sun et al., 2018). Manažéri MSP nemajú toľko zdrojov, či už finančných alebo ľudských, na implementáciu inovácií ako manažéri veľkých korporácií. Napriek tomu môžu aj malé a stredné podniky významne ťažiť z výhod implementácie veľdát bez ohľadu na to, či si primárne stanovujú ciele pre inovácie zamerané na podnikanie alebo ciele zamerané na technológie. Dosiahnuté výsledky môžu zvýšiť porozumenie manažérov rozhodovacím procesom viažucim sa na implementáciu veľdát v podniku.

**Príspevok bol spracovaný v rámci riešenia grantovej úlohy VEGA No. 1/0373/18 *Analýza veľkých objemov dát ako nástroj zvyšovania konkurencieschopnosti podnikov a podpory tvorby informovaných rozhodnutí.***

## Literatúra

- [1] Armenakis, A. A., Harris, S. G., & Mossholder, K. W. (1993). Creating readiness for organizational change. *Human relations*, 46(6), 681-703.
- [2] Athamena, B., & Houhamdi, Z. (2018). Model for decision-making process with big data. *Journal of Theoretical and Applied Information Technology*, 96, 5951-5961.
- [3] Baig, M. I., Shuib, L., & Yadegaridehkordi, E. (2019). Big data adoption: State of the art and research challenges. *Information Processing & Management*, 56(6). doi:10.1016/j.ipm.2019.102095.
- [4] Beyer, M. A., & Laney, D. (2012). The importance of 'big data': a definition. *Stamford, CT: Gartner*, 2014-2018.
- [5] Bremser, C. (2018). *Starting points for big data adoption*. Paper presented at the Twenty-Sixth European Conference on Information Systems (ECIS2018), Portsmouth, UK.
- [6] Bremser, C., Piller, G., & Rothlauf, F. (2017). *Strategies and Influencing Factors for Big Data Exploration*. Paper presented at the AMCIS, 23rd American Conference on Information Systems, Boston, MA, USA.
- [7] Columbus, L. (2017). IBM predicts demand for data scientists will soar 28% by 2020. *IBM White Paper*.
- [8] Davis, F. D. (1989). Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology. *MIS quarterly*, 319-340.
- [9] Diniz, E., Luvizan, S., Cassitas Hino, M., & Ferreira, P. (2018). Unveiling the Big Data Adoption in Banks: Strategizing the Implementation of a New Technology. In *Digital Technology and Organizational Change* (pp. 149-162). Cham: Springer-Verlag .
- [10] Gangwar, H. (2018). Understanding the Determinants of Big Data Adoption in India: An Analysis of the Manufacturing and Services Sectors. *Information Resources Management Journal* 31( 4).
- [11] Goodhue, D. L., & Thompson, R. L. (1995). Task-technology fit and individual performance. *MIS quarterly*, 213-236.
- [12] Günther, W. A., Mehrizi, M. H. R., Huysman, M., & Feldberg, F. (2017). Debating big data: A literature review on realizing value from big data. *The Journal of Strategic Information Systems*, 26(3), 191-209.
- [13] Haddad, A., Ameen, A., & Mukred, M. (2018). The Impact of Intention of Use on the Success of Big Data Adoption via Organization Readiness Factor. *International Journal of Management and Human Science (IJMHS)*, 2(1), 43-51.

- 
- [14] Han, Q., Liang, S., & Zhang, H. (2015). Mobile cloud sensing, big data, and 5G networks make an intelligent and smart world. *IEEE Network*, 29(2), 40-45.
- [15] Holt, D. T., Helfrich, C. D., Hall, C. G., & Weiner, B. J. (2010). Are you ready? How health professionals can comprehensively conceptualize readiness for change. *Journal of general internal medicine*, 25(1), 50-55.
- [16] Jeble, S., Kumari, S., & Patil, Y. (2018). Role of Big Data in Decision Making. *Operations and Supply Chain Management: An International Journal*, 11, 36. doi:10.31387/oscm0300198.
- [17] Jeyaraj, A., Rottman, J. W., & Lacity, M. C. (2006). A review of the predictors, linkages, and biases in IT innovation adoption research. *Journal of information technology*, 21(1), 1-23.
- [18] Kamarulzaman, M. S., Hassan, N. H., Drus, S. M., & Ismail, S. A. (2019). A Review on Factors for Big Data Adoption towards Industry 4.0. *Open International Journal of Informatics (OIJI)*, 7(2), 200-207.
- [19] Kart, L. (2015). Big Data Industry Insights. *Stamford: Gartner*.
- [20] Kościelniak, H., & Puto, A. (2015). BIG DATA in Decision Making Processes of Enterprises. *Procedia Computer Science*, 65, 1052-1058. doi:10.1016/j.procs.2015.09.053.
- [21] Laney, D. (2001). 3D data management: Controlling data volume, velocity and variety. *META group research note*, 6(70), 1.
- [22] Mayer-Schönberger, V., & Cukier, K. (2013). *Big data: A revolution that will transform how we live, work, and think*: Houghton Mifflin Harcourt.
- [23] Nasrollahi, M., Ramezani, J., & Sadraei, M. (2020). The Impact of Big Data Adoption on SMEs Performance. doi:10.21203/rs.3.rs-66047/v1.
- [24] Rakovská, E., & Hudec, M. (2019). A Three-Level Aggregation Model for Evaluating Software Usability by Fuzzy Logic. *International Journal of Applied Mathematics and Computer Science*, 29(3), 489-501.
- [25] Ramezani, J., & Nasrollahi, M. (2020). A Model to Evaluate the Organizational Readiness for Big Data Adoption. *International Journal of Computers Communications & Control*, 15. doi:10.15837/ijccc.2020.3.3874.
- [26] Rogers, E. M. (1995). Lessons for guidelines from the diffusion of innovations. *The Joint Commission journal on quality improvement*, 21(7), 324-328.
- [27] Saggi, M. K., & Jain, S. (2018). A survey towards an integration of big data analytics to big insights for value-creation. *Information Processing & Management*, 54(5), 758-790. doi:https://doi.org/10.1016/j.ipm.2018.01.010.
- [28] Shahzad, K. (2018). Analysis of Influencing Factors of Big Data Adoption in Chinese Enterprises Using DANP Technique. *Sustainability*, 10. doi:10.3390/su10113956.
- [29] Soon, K. W. K., Lee, C. A., & Boursier, P. (2016). A chronology of big data adoption: Review of literature. *I J A B E R*, 14(1), 521-544.
- [30] Sun, S., Cegielski, C. G., Jia, L., & Hall, D. J. (2018). Understanding the factors affecting the organizational adoption of big data. *Journal of Computer Information Systems*, 58(3), 193-203.
- [31] Tornatzky, L. G., Fleischer, M., & Chakrabarti, A. K. (1990). *Processes of technological innovation*: Lexington books.
- [32] Warmerdam, M., & Bredveld, P. (2003). A holistic approach to delivering the value of IT: business service management. *IDC White Paper*.
- [33] Weiner, B. J., Amick, H., & Lee, S.-Y. D. (2008). Conceptualization and measurement of organizational readiness for change: a review of the literature in health services research and other fields. *Medical care research and review*, 65(4), 379-436.
-

## Dátová veda a technológia veľdát v službách aktúárov

Peter Schmidt<sup>1</sup>

### Abstrakt

Rýchly vývoj a veľké množstvo kvalitných údajov majú významný vplyv na život takmer všetkých ekonomických subjektov vrátane spoločností a podnikov a finančných inštitúcií. Nové technológie a dátová veda môžu byť katalyzátorom ďalšieho rozvoja disciplín, ako je napríklad aktúárstvo. Nové riešenia pre aktúárov môžu ponúkať alternatívne, štatisticky založené metódy predpovedania a odhadovania, dokonca aj pre tradičné účtovníctvo a heuristické postupy plánovania a analýzy nákladov. V tomto článku popisujeme túto metódu ukladania a spracovania dát, jej možnosti a jej prepojenie s riadiacim systémom.

### Kľúčové slová

Dátová veda, veľdáta, aktúárstvo, životný cyklus

### Abstract

Rapid development and a large amount of quality data have a significant impact on the lives of almost all economic entities, including companies and enterprises and financial institutions. New technologies and data science can be a catalyst for further development of disciplines such as actuarial. New solutions for actuaries may offer alternative, statistically based methods of forecasting and estimating, even for traditional accounting and heuristic planning and cost analysis procedures. In this article we describe this method of data storage and processing, its possibilities and its connection with the control system.

### Key words

Data science, big data, actuarial, life cycle

### JEL classification

JEL C55

## 1 Úvod

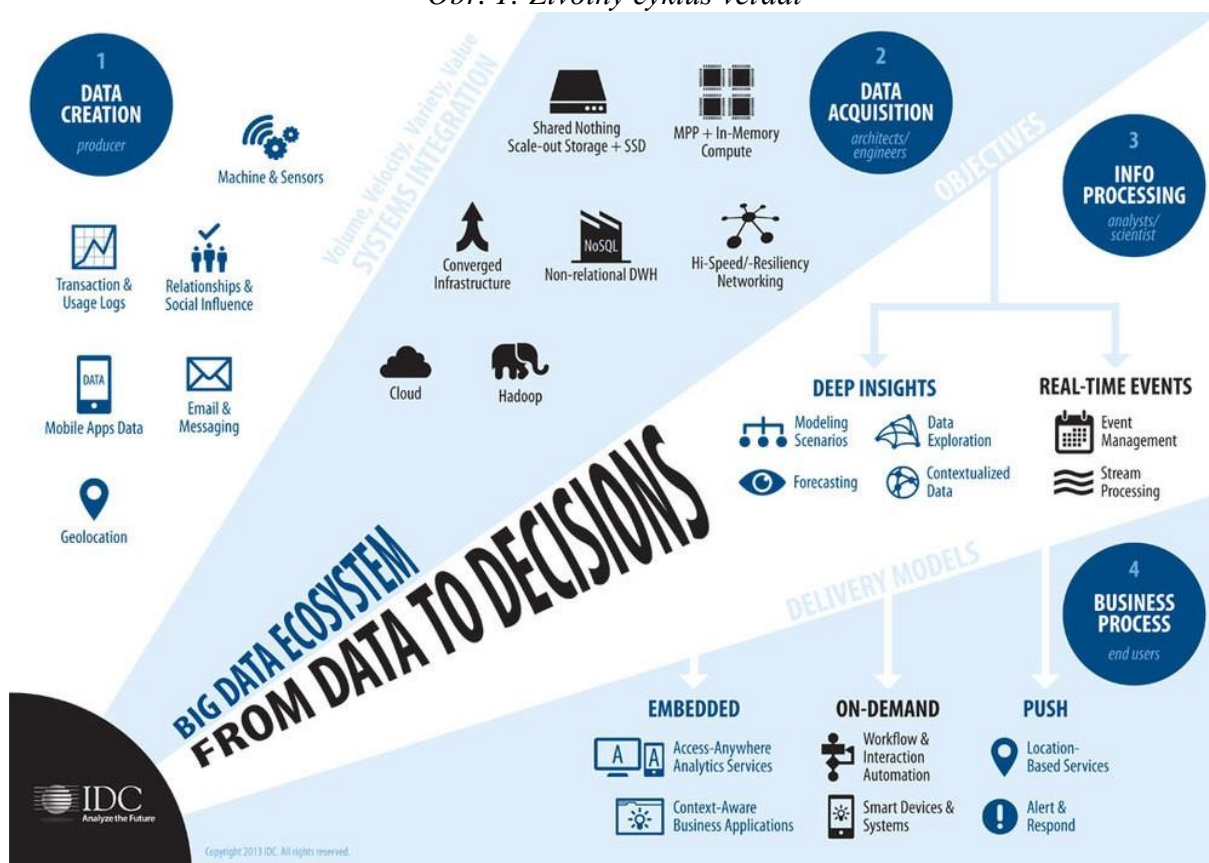
Do druhého desaťročia 21. storočia sa tempo vývoja informačných technológií (IT) zrýchlilo nebývalým tempom. Lacný telekomunikačný a iný výpočtový hardvér, ako aj softvér s otvoreným zdrojovým kódom sa stali dostupnými nielen pre odborníkov v oblasti IT, ale aj pre odborníkov v iných odvetviach a pre každodenných používateľov. Vďaka šíreniu otvorených a cenovo dostupných technológií je dnes technológia takmer v každej oblasti ľudského života. Na novú úroveň vývoja poukazuje skutočnosť, že z týchto každodenne používaných zariadení sa stávajú inteligentné takzvané „smart“ zariadenia (tento termín sa vzťahuje predovšetkým na schopnosť zariadení navzájom komunikovať), čo otvára novú dimenziu zberu údajov. Na jednej strane je množstvo údajov a rýchlosť ich zberu a na strane druhej, ide o nové, zatiaľ nezaznamenané oblasti každodenného fungovania nášho života. Odhadovalo sa, že do roku 2020 ľudstvo zhromaždí viac ako 16 zettabytov užitočných informácií, v skutočnosti ich bolo okolo 26 ZB (Turner, Ganz, Reinsel, & Minton, 2020). Efektívne ukladanie a spracovanie tohto množstva dát je predmetom technológie veľdát (Big Data), efektívnej extrakcii, využívaniu a analýze informácií sa venuje dátová veda založená na matematike a štatistike.

<sup>1</sup> Ekonomická univerzita v Bratislave, Fakulta hospodárskej informatiky, Katedra aplikovanej informatiky, Dolnozemska cesta 1, 852 35 Bratislava, peter.schmidt@euba.sk.

## 2 Veľdáta, dátová veda a aktuárstvo

V mnohých odvetviach predstavuje technológia veľdát pre organizácie príležitosť aj výzvy. Pojem veľdáta „sa vzťahuje na veľké množstvo údajov, ktoré sa neustále zhromažďujú prostredníctvom technologických zariadení (kreditné karty, karty vernostných bodov, sociálne médiá, zariadenia pripojené k internetu, bezdrôtové snímače a vysielacie atď.)“ (Chua, 2013). Významná časť údajov je neštruktúrovaná, t.j. nesleduje žiadny špeciálny, alebo preddefinovaný dátový model. “Veda postavená na technológii veľdát je novou disciplínou. Nič to nedokazuje viac ako skutočnosť, že prvá zaznamenaná zmienka o technológii (zdieľané ukladanie a spracovanie veľkého množstva údajov prostredníctvom počítačových klastrov) pochádza z roku 2003, keď programátori spoločnosti Google uverejnili vedecký článok o novom systéme správy súborov (Ghemawat, Gobioff, & Leung, 2003). Vývoj nových technológií a nových postupov bol motivovaný potrebou získavania informácií z veľkého množstva údajov, či už v ekonomickej, vedeckej alebo dokonca spoločenskej sfére. Kombináciou relevantných častí matematiky, štatistiky a programovania sa vytvoril nový metodický rámec na dosiahnutie týchto cieľov. Aj keď veľa matematických a štatistických postupov a teórií používaných v dátovej vede existuje oveľa dlhšie ako samotná dátová veda, praktické aplikácie ako strojové učenie, alebo umelá inteligencia sa vyvíjajú paralelne s technológiou veľdát.

Obr. 1: Životný cyklus veľdát



Zdroj: (IDC- [https://www.idc.com/ap/media-center/infographics/?order=date\\_1&topics=Big+Data%2C&modal=c65230243393266ff6e5](https://www.idc.com/ap/media-center/infographics/?order=date_1&topics=Big+Data%2C&modal=c65230243393266ff6e5))

### 3 Životný cyklus veľdát

Termín „veľdáta“ nemusí zákonite predstavovať len veľké množstvá údajov, ale aj rôzne technologické procesy a fázy zhromažďovania, ukladania a používania údajov, a v praxi na systém opísaný v systéme veľkých údajov. Obrázok 1 zobrazuje celý systém od generovania údajov po ich použitie pri rozhodovaní. V anglickej literatúre sa používa slovné spojenie Big Data Ecosystem, ktoré do slovenčiny z hľadiska obsahu môžeme preložiť skôr ako životný cyklus veľdát, nakoľko ekosystém sa používa ako skrátená verzia pre ekologický systém.

#### 3.1 Životný cyklus veľdát je tvorený štyrmi hlavnými fázami:

##### 3.1.1 Vytváranie údajov (Data Creation)

Za posledné desaťročie sa počet zariadení pripojených k internetu významne zvýšil v dôsledku rýchleho vývoja a šírenia internetových technológií. Odborníci odhadujú že v roku 2020 bolo k sieti pripojených vyše 30 miliárd IoT zariadení, toto číslo má v roku 2025 dosiahnuť až 75 miliárd zariadení, a to nielen nových spotrebičov (napríklad telekomunikačných zariadení), ale aj malých a veľkých domácich spotrebičov (napríklad chladničky, pračky, kávovary či dokonca zásuvky). Veľké zariadenia a stroje akými sú automobily, CNC stroje, roboty či iné výrobné zariadenia sa tiež stanú zdrojmi údajov, vďaka ich schopnosti obojsmernej dátovej komunikácie. Využitím tejto vlastnosti budú tieto zariadenia poskytovať podrobné informácie o mnohých doteraz nezmapovaných oblastiach ľudského života, správania sa ľudí či o firemných procesoch (McEwen & Cassimally, 2014).

##### 3.1.2 Zber údajov (Data Acquisition)

Zber údajov je druhým stupňom životného cyklu. Tento stupeň je zodpovedný za zber, ukladanie, systematizáciu, infraštruktúru a distribúciu údajov. Súčasný vývoj v troch technologických oblastiach umožnil vytvorenie tohto stupňa:

- výrazné zvýšenie výkonu operačných pamätí a procesorov používaných v počítačových systémoch, ako aj zníženie jednotkových cien tohto hardvéru;
- dostupnosť efektívneho manažmentu spracovania údajov (klastrové, distribučné spracovanie, napríklad Hadoop, Teradata a pod.);
- radikálne zmena v prístupe v technológiách ukladania a archivovania veľkého množstva údajov. Presadenie sa cloudových riešení pri ukladaní ale aj spracovávaní údajov. Nástup technológie polovodičových pamäťových médií SSD, ktorých kapacita medziročne výrazne rastie a cena klesá. Rozmach vysokorýchlostných sietí umožňuje zaznamenávať, ukladať, spracovávať a distribuovať veľké množstvo údajov v reálnom čase. Budovanie „pomalých“ senzorových sietí, ktoré dokážu dodávať veľké množstvá údajov z prostredí o ktorých sme si to pred nedávnom ani nevedeli predstaviť.

##### 3.1.3 Spracovanie údajov (Info Processing)

V prípade neštruktúrovaných databáz s veľkým objemom údajov, tradičné metódy analýzy údajov nemožno použiť alebo len veľmi obmedzene. Nové typy údajov, ich zrnitosť a časový horizont v kombinácii so zvýšenou kapacitou spracovania umožňujú prieskum, analýzu a modelovanie údajov v reálnom čase, ako aj tvorbu presných predpovedí. To v kombinácii s automatickým učením a umelou inteligenciou umožňuje plne automatizovanú správu udalostí (napríklad vyšetrowanie a prevenciu podvodov v reálnom čase, čo je v poisťovníctve vážny argument). To si samozrejme vyžaduje kombináciu matematiky, štatistiky a programovania, pre ktoré dátová veda poskytuje metodický rámec (Tolle, Tansley, & Hey, 2011).

### 3.1.4 Podnikové procesy (Business processes)

Posledný stupeň životného cyklu nadväzuje na kombinované výsledky prvých troch stupňov a na pridanú hodnotu generovanú zo zozbieraných a spracovaných údajov. Údaje možno použiť rôznymi spôsobmi: na jednej strane môžu organizácii získať nové zdroje výnosov prostredníctvom cieleného predaja údajov a na druhej strane môže organizácia efektívnym využitím údajov, presnejších predpovedí robiť lepšie obchodné rozhodnutia. Ďalšou významnou oblasťou obchodného použitia je automatizovaná relevantná komunikácia so zákazníkmi, prieskumy v reálnom čase a pod. Organizácie, ktoré nájdu správny spôsob, ako využiť nové veľdáta, budú schopné zvýšiť svoju výkonnosť a produktivitu, môžu však tiež získať nové konkurenčné výhody a zdroje príjmu. Zle navrhnuté a nasadené systémy veľdát však môžu viesť k strate informácií, zraniteľnosti a zníženému výkonu. Tieto technológie budú v najbližších rokoch hrať dôležitú úlohu v podnikaní, mnoho organizácií je už teraz v procese objavovania, vývoja systémov a stratégií pre nové technológie. Veľa StartUpov má hlavnú podnikateľskú činnosť práve správu veľdát, ponúkajú služby spojených s dátovou vedou a rôzne ďalšie činnosti, pri ktorých sa generuje ekonomická hodnota z informácií. Otázka adaptácie teda nebude v budúcnosti luxusnou záležitosťou, ale môže byť dokonca základnou podmienkou prežitia organizácie na moderných trhoch (Cavanillas, Curry, & Wahlster, 2018).

## 4 Dátová veda

Z doterajších poznatkov je zrejmé, že kombinácia výrazne zvýšeného množstva, rozmanitosti a rýchlosti prísunu informácií vyžaduje nové postupy, ktoré podnikom, výskumníkom a analytikom umožnia využívať potenciál technológie Big Data. Veda založená na dátach je interdisciplinárna vedná oblasť, disciplína založená na vzťahu medzi (matematickými a štatistickými) metodikami, (programovaním) procesmi, algoritmi a systémami, ktoré vytvárajú vedecké údaje z veľkého množstva údajov uložených v rôznych formách (štruktúrovaných a neštruktúrovaných), z ktorých sa dá vytvoriť ekonomická, alebo spoločenská hodnota (Dhar, 2013). Dátová veda má niekoľko podskupín ako prieskumná analýza dát, informačné plánovanie, interaktívna vizualizácia údajov, deskriptívna štatistika, postupy odhadovania, infografika, atď. Vedci v oblasti dátovej vedy údajov sú odborníkmi v oblasti dolovania, čistenia, spracovania a prezentácie údajov. Aby dátový vedec, dokázal odhaliť skryté riešenia, musí disponovať určitými znalosťami. Ide o dve skupiny znalostí a to technické a obchodné. Technické znalosti predstavujú prehľad v matematike, štatistike, programovaní v prostredí SQL / R / Python / C / Java, dolovaní dát, vizualizácii údajov, Hadoop atď. Obchodné znalosti a zručnosti predstavujú analytické a komunikačné schopnosti, obchodné a priemyselné znalosti v oblasti dát a veľdát technológií (Kalmár, 2017).



Tab. 1: Možnosti a výzvy dátovej vedy a technológií veľkých dát

Oblasť	Možnosti	Výzvy
Dátová veda ako aktívum	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pomáha spoločnostiam zhodnocovať ich dátové aktíva prostredníctvom vývoja nových metodík</li> <li>• Zvyšovanie hodnoty údajov prostredníctvom správcovstva a kontroly kvality</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rýchly pokles hodnoty dát, získavaním nových dát</li> <li>• Nevhodné využitie dát môže viesť k strate ich hodnoty</li> <li>• Neistota ohľadom budúceho vývoja v oblasti regulácie, DGPR a podobné obmedzenia môžu viesť k strate hodnoty údajov</li> </ul>
Dátová veda a veľké dáta pri podpore rozhodovania	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vypracovanie metodík na podporu rozhodovania v reálnom čase využitím veľkých dát</li> <li>• Spolupráca s ostatnými oddeleniami na odhaľovaní možností zhodnotenia interných a externých dát</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Samoobsluha a automatizácia by mohli znížiť potrebu analytikov</li> <li>• Kultúrne bariéry môžu brániť globálnemu zdieľaniu údajov aj v rámci jednej organizácie</li> </ul>
Dátová veda a veľké dáta pri riadení rizika	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rozšírenie zdrojov dát použitých pri predpovedaní rizík s cieľom získať presnejšie predikcie</li> <li>• Identifikácia rizík v reálnom čase na účely zisťovania podvodov a forenzných prípadov</li> <li>• Používanie prediktívnej analýzy na testovanie rizika dlhodobějších investičných príležitostí na nových trhoch a produktoch</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Používanie prediktívnej analýzy na testovanie rizika dlhodobějších investičných príležitostí na nových trhoch a produktoch</li> <li>• Zabezpečenie toho, aby sa pri používaní rôznych zdrojov údajov a analýzy veľkých dát na identifikáciu rizík nezamieňala korelácia s príčinnými súvislosťami.</li> <li>• Prediktívne analytické techniky budú znamenať zmeny v rozpočtovaní a výpočtoch návratnosti investícií.</li> </ul>

Zdroj: Vlastné spracovanie

V tabuľke 1 sú zhrnuté príležitosti a výzvy, ktoré nová technológia predstavuje pre finančných, účtovných či poisťovních odborníkov. V súčasnosti už fungujú systémy schopné analyzovať údaje v reálnom čase (napríklad porovnanie plánu s faktami, zisťovanie príčin odchýlok od plánu v rovnakom čase) a zvyšovať kvalitu, frekvenciu a presnosť plánovania a predpovedania. Organizácie, ktoré sa chcú rýchlo prispôbiť novým výzvam a rozšíriť svoje odborné znalosti v oblasti dátovej vedy a technológií veľkých dát, budú môcť posilniť možnosti plánovania a analýzy organizácií, rozvíjať rozhodovacie systémy, identifikovať nové trhy a zlepšiť prevádzkovú efektívnosť, čo v konečnom dôsledku povedie k vyššiemu zisku (Chua, 2013).

Pre organizácie z oblasti finančníctva či poisťovníctva boli informácie cenným nástrojom aj doteraz. Banky, poisťovne pri svojej každodennej činnosti stále používajú množstvo pokročilých štatistických postupov a modelov, napríklad v súvislosti so svojimi aktivitami v oblasti riadenia vzťahov so zákazníkmi (CRM), kde sa tieto modely používajú na identifikáciu zákazníkov, ktorí sú ochotní nakupovať. Pri cielenom marketingu sa organizácia primárne zameriava na týchto zákazníkov počas reklamnej kampane (čím šetrí peniaze a čas pre zákazníka aj organizáciu). Ďalšou dôležitou oblasťou použitia je analýza rizík a prevencia

podvodov (prostredníctvom rozhodovacích stromov a neurónových sietí), ktorá pre finančné inštitúcie predstavuje stále nové výzvy.

Od počiatkov poisťovníctva poisťovatelia používali všetky možné nástroje na čo najlepšiu správu poistených kmeňov. To pôvodne znamenalo, že poisťné riziká sa analyzovali a rozlišovali do samostatných kategórií na základe ich rizikovosti. Takéto delenie umožňovalo stanoviť čo najspravodlivejšie poisťné poplatky na každé riziko. Riziká v združení sa permanentne monitorujú. Toto zohráva úlohu, keď poisťovatelia vypočítavajú svoje technické rezervy, ktoré ukazujú, koľko aktív musia mať na krytie svojej rizikovej pozície (Kivisaari, 2018). V extrémnom prípade môže byť člen združenia príliš riskantný a bude z neho vylúčený (aj keď právne predpisy majú pre toto vylúčenie často prísne obmedzenia). Miera rizika úzko súvisí s množstvom zmysluplných dát, ktoré ponúkajú vysokú mieru spoľahlivosti pri posúdení reálneho rizika. Pri niektorých príležitostiach sa hovorilo, že vďaka fenoménu veľkých dát a vývojom dátovej analýzy sa stane poistenie zastarané. Táto predpoveď sa zakladá na myšlienke, že s novými nástrojmi bude možné predpovedať budúcnosť tak presne, že nebude existovať priestor pre neistotu. Aj keď je pravda, že s veľkými dátami sa objavuje veľa nových výziev v súvislosti s princípom poistenia, je ale zrejmé, že princíp poistenia bude v dohľadnej budúcnosti živý a potrebný.

Koncept veľdát označuje myšlienku, že exponenciálne sa zvyšujúce množstvo digitálnych dát vytvárajú radikálne nový svet. Okrem objemu dát koncept zahŕňa pokroky v oblastiach, ktoré sa označujú ako 3V:

- veracity (pravdivosť - znamená, že je potrebné skontrolovať kvalitu údajov, opraviť skreslenia a vyčistiť šum),
- variability (rôznorodosť - údaje pochádzajú z mnohých zdrojov a často nie sú štruktúrované),
- velocity (rýchlosť – zvyšovanie rýchlosti výpočtovej techniky umožňuje používať čoraz sofistikovanejšie metódy analýzy dát so znižovaním nákladov).

Už teraz možno povedať, že možnosti, ktoré tento vývoj prináša, poskytujú aktuárom revolučne nové nástroje na správu poistených združení (Csicsman, 2018). Aktuári tradične používajú jednoduché veličiny (ako je vek, pohlavie, adresa, fajčiar / nefajčiar) na rozdelenie rizík do rôznych tarifných tried. Ak by si však aktuár mohol vytvoriť obraz o poistníkovi na základe znalostí z neformálnych zdrojov, napr. koľko hodín strávi prácou v sede, koľko krát navštevuje lekára za určité obdobie a čo tam kupuje, aký čas venuje telesnej aktivite a pod., dalo by sa aspoň teoreticky povedať, že nie je potrebné poznať vek alebo pohlavie tejto osoby. Je potrebné povedať, že v tejto oblasti je kritický nedostatok analytických poznatkov. Znalosť podrobností života poistenca by určite rádovo znížili riziko poisťovateľa, avšak by hrubo zasiahlo do osobnej integrity poistenca. V súčasnosti, keď vďaka GDPR je správa aj tých najzakladanejších údajov výzvou, je ťažké si predstaviť rozsiahly zber údajov o poistencovi. Za pár rokov, keď už budú systémy na neustále monitorovanie životných funkcií človeka bežne rozšírené, tak aj zber údajov bude jednoduchší. Poisťovne budú mať lepší prehľad o poistencovi a s ním súvisiacimi rizikami ako samotný poistenec, čiže súčasné status quo sa otočí. Na druhej strane je už dnes vidno porozumenie príčinnej súvislosti určitých údajov, ktoré vedú k rôznym výsledkom. Je potrebné dodať, že dátová revolúcia sa netýka len objemu dát, ale aj vysokej rýchlosti ich spracovania. Dávnejšie, aj keď boli k dispozícii údaje, nízky výpočtový výkon počítačov neumožňoval používanie presných výpočtových metód, nakoľko by výpočet trval neprijateľne dlho. Aj v skorších dobách boli údaje veľmi hodnotným zdrojom, na to aby sa nimi plynulo, preto sa dôraz kládol na vývoj takých postupov, ktoré umožňovali spracovávať stále rastúci objem dát. V ideálnom svete by sme mali k dispozícii úplné informácie a naše analytické nástroje by umožňovali dokonalé predpovede budúcnosti. Napriek tomu by sme nevedeli presne predpovedať čo a kedy sa stane. Stále by sme mohli hovoriť len o pravdepodobnosti, ale by sme dokázali rozlíšiť poistené riziká do presnejších kategórií. Dokázali by sme lepšie

ohodnotiť riziká a stanoviť spravodlivejšie poistné poplatky. Stále by sme však potrebovali spojiť riziká, aby sme mohli ťažiť zo stabilizačného účinku zákona veľkých čísiel. Jedným z hlavných problémov pri využívaní týchto možností je nedostatočná znalosť analytiky údajov, čo má priamy dopad na obmedzené chápanie rôznych príčinných súvislostí. Z obrovského množstva dát je možné nájsť veľa zaujímavých korelácií medzi rôznymi veličinami. Aj keď nám korelácia dvoch veličín ukáže signifikantnú závislosť ešte nie je isté, že tieto dve veličiny spolu súvisia. Je potrebné poznať kauzalitu, t.j. príčinu a dôsledok. Je mimoriadne nebezpečné, ak sa nesprávne interpretuje korelácia ako príčinná súvislosť. Bez pokroku v analytike údajov nemôžeme nové možnosti dobre využiť. Poistenie je vždy založené na modelovaní reality, pričom ako nástroj sa často používa algoritmus. Tieto modely žiaľ nie sú dokonalé. S rastúcim objemom dát rastie aj náročnosť modelu a bude čoraz ťažšie vytvoriť modely, ktoré by verne odrážali realitu. Hrozba spočíva v tom, že modely sa môžu prispôbiť iba dostupným údajom bez prediktívnej sily na situácie, ktoré nie sú v týchto údajoch zahrnuté. Tradičné chápanie v oblasti poistenia je, že informačná asymetria prináša poistníkom výhody, nakoľko poistník vie spravidla viac o svojej situácii v porovnaní s tým, čo vie poisťovateľ. Využitím pokročilých analytických techník by poisťovateľ mohol byť v zásadne v lepšej pozícii voči poistníkovi. Je reálna hrozba, že poisťovatelia zneužijú túto situáciu na úkor poistníka. V krajnom prípade budú poisťovatelia schopní segmentovať riziká do oveľa viac kategórií, ako je možné dnes, pričom niektoré riziká sa stanú nepoistiteľnými. V súčasnosti sa analytika veľdát stále intenzívne rozvíja, čo má veľký vplyv takmer na všetky oblasti života. Cieľom poisťovacích spoločností je odstrániť informačnú asymetriu.

## 5 Záver

Nová technológia a metodika otvára finančným a investičným inštitúciám možnosť vyvinúť sofistikované prediktívne modely, ktoré umožňujú oceňovanie dlhodobých investícií, trhov, finančných nástrojov (meny, deriváty a opcie), ktoré doposiaľ predstavovali významné riziko kvôli miere neistoty. Nová technológia veľdát umožňuje analytikom zahrnúť do prediktívnych modelov nebývalé množstvo faktorov, údajov, čím sa znižuje ich zjednodušujúci účinok a zvyšuje sa tak presnosť. Nová technológia má významný vplyv na všetky funkcie plánovania, hodnotenia, riadenia a správy informácií v oblasti poisťovníctva. Presnosť a frekvenciu plánovania možno zlepšiť pomocou nových postupov (prediktívne modelovanie nákladov alebo predaja) a nového objemu dát. Pomocou nových metodík je možné hodnotenie efektívnosti v reálnom čase. Nová technológia môže navyše viesť k rýchlejšiemu riadeniu a správe informácií (podnikové informácie, informácie o trhoch, zákazníkoch atď.), ktoré sú dostupné kdekoľvek a kedykoľvek a tým zjednodušiť rozhodovacie procesy. Pomocou strojového učenia sa v budúcnosti automatizuje veľa plánovacích a hodnotiacich procesov, čo ovplyvní efektívnosť prevádzkových procesov. V nadväznosti na súčasné tempo vývoja môžu v nasledujúcom desaťročí vzniknúť špecifické oblasti aktuárstva súvisiace s dátovou vedou a veľdátami.

**Príspevok bol spracovaný v rámci riešenia grantovej úlohy VEGA 1/0221/17 *Investičné modelovanie v prostredí katastrofického poistného rizika.***

## Literatúra

- [1] Cavanillas, J. M., Curry, E., & Wahlster, W. (2018). *New Horizons for a Data-Driven Economy A Roadmap for Usage and Exploitation of Big Data in Europe*. Cham: Springer International Publishing.
- [2] Chua, F. (2013). Big data: Its power and perils. Retrieved February 21, 2021, from <http://www.accaglobal.com/futures>.

- 
- [3] Csicsman, J. (2018). Van ÚJ a big Data ALATT? Napjaink legnépszerűbb It-s HÍVÓSZAVA Csak EGY lehetőség ARRA, hogy az INFORMATIKUSOK ELADJÁK Magukat, vagy VALÓDI ÚJDONSÁG? *Biztosítás és Kockázat*, 5(2), 64-80. doi:10.18530/bk.2018.2.64.
- [4] Dhar, V. (2013). Data science and prediction. *Communications of the ACM*, 56(12), 64-73. doi:10.1145/2500499.
- [5] Ghemawat, S., Gobioff, H., & Leung, S. (2003). The Google file system. *Proceedings of the Nineteenth ACM Symposium on Operating Systems Principles - SOSP '03*. doi:10.1145/945445.945450.
- [6] IDC Asia/Pacific infographics. (n.d.). Retrieved February 21, 2021, from [https://www.idc.com/ap/media-center/infographics/?order=date\\_1&topics=Big+Data%2C&modal=c65230243393266ff6e5](https://www.idc.com/ap/media-center/infographics/?order=date_1&topics=Big+Data%2C&modal=c65230243393266ff6e5).
- [7] Kalmár, P. (2017). Adattudomány és „Big Data” technológia a controlling szolgálatában. *Biztosítás és Kockázat*, 5(2), 2-5. doi:<https://doi.org/10.24387/CI.2017.2.1>.
- [8] Kivisaari, E. (2018). Big data is coming - are you ready? *Biztosítás és Kockázat*, 5(2), 60-63. doi:10.18530/bk.2018.2.60.
- [9] McEwen, A., & Cassimally, H. (2014). *Designing the Internet of things*. Chichester, West Sussex: John Wiley and Sons.
- [10] Tolle, K. M., Tansley, D. S., & Hey, A. J. (2011). The fourth PARADIGM: Data-Intensive scientific Discovery [Point Of View]. *Proceedings of the IEEE*, 99(8), 1334-1337. doi:10.1109/jproc.2011.2155130.
- [11] Turner, V., Gantz, J. F., Reinsel, D., & Minton, S. (2020, July 17). The digital universe of opportunities: Rich data and the increasing value of the internet of things. Retrieved February 21, 2021, from <https://www.coursehero.com/file/p44nd58l/Turner-V-Gantz-J-F-Reinsel-D-Minton-S-2014-The-digital-universe-of/>.

## Konštrukcia diferenciálnych rovníc a ich využitie v zdravotnom poistení

Zsolt Simonka<sup>1</sup>, František Slaninka<sup>2</sup>, Lea Škrovánková<sup>3</sup>

### Abstrakt

Nakoľko sa za posledných niekoľko rokov priemerná dĺžka života predĺžila, dá sa predpokladať, že v tomto trende bude pokračovať aj naďalej. Ľudia žijú dlhšie a „kvalitnejšie“, ale ich kvalitu života (bez ohľadu na vek či pohlavie) čoraz častejšie ohrozujú rôzne tzv. civilizačné choroby. Tieto ochorenia sa veľmi rozšírili a stávajú sa globálnym problémom pre celé obyvateľstvo. Preto sa v príspevku venujeme úvodom charakteristike kritických ochorení, ďalej tvorbe všeobecného viacstavového modelu a jeho konštrukcii aplikáciou stochastických metód v štvorstavovom modeli v konkrétnom produkte zdravotného poistenia s pripoistením pre kritické ochorenia. Príspevok opisuje tiež, akým spôsobom je možné modelovať priebeh vzniku kritického ochorenia využívajúc 4-stavový, nehomogénny, časovo spojitý model s Markovovou vlastnosťou.

### Kľúčové slová

zdravotné poistenie, diferenciálne rovnice, stochastické modely, modely s Markovovou vlastnosťou, kritické choroby

### Abstract

As life expectancy has increased over the last few years, it can be assumed that this trend will continue. People live longer and "better", but their quality of life (regardless of age or gender) is increasingly threatened by various so-called civilization diseases. These diseases have become very widespread and are becoming a global problem for the entire population. Therefore, in this article we focus on the characteristics of critical illness, the creation of a general multistate model and its construction by applying stochastic methods in a four-state model in a specific health insurance product with additional insurance for critical illness. The paper also describes how it is possible to model the course of critical illness using a 4-state inhomogeneous and time-continuous model with Markov property.

### Key words

health insurance, differential equations, stochastic models, models with Markov property, critical illness

### JEL classification

G29, I19, J1

## 1 Úvod

Jednou z nevyhnutných podmienok pre dlhý život a zaradenie človeka do spoločnosti je zdravie. So zdravotnou starostlivosťou sa stretávame už pri narodení dieťaťa a sprevádza nás ďalej celým životom. Za posledných niekoľko rokov sa priemerná dĺžka života predĺžila, a preto sa dá predpokladať, že v nastúpenom trende bude aj naďalej pokračovať. Zároveň môžeme

<sup>1</sup> Ekonomická univerzita v Bratislave, Fakulta hospodárskej informatiky, Katedra matematiky a aktuárstva, Dolnozemska cesta 1, 852 35 Bratislava, zsolt.simonka@euba.sk.

<sup>2</sup> Ekonomická univerzita v Bratislave, Fakulta hospodárskej informatiky, Katedra matematiky a aktuárstva, Dolnozemska cesta 1, 852 35 Bratislava, frantisek.slaninka@euba.sk.

<sup>3</sup> Ekonomická univerzita v Bratislave, Fakulta hospodárskej informatiky, Katedra matematiky a aktuárstva, Dolnozemska cesta 1, 852 35 Bratislava, lea.skrovankova@euba.sk.

konštatovať, že ľudia žijú dlhšie a kvalitnejšie. Avšak bez ohľadu na vek či pohlavie, kvalitu života ľudí čoraz častejšie ohrozujú rôzne tzv. civilizačné choroby. Tieto ochorenia sa veľmi rozšírili a stávajú sa globálnym problémom pre celé obyvateľstvo. Medzi najčastejšie vyskytujúce sa ochorenia patria obezita, vysoký krvný tlak, cukrovka, srdcový infarkt a v neposlednom rade rakovina.<sup>4</sup>

V tejto súvislosti považujeme za takmer nevyhnutné a zdraviu prospešné pripomenúť, že jedným z najdôležitejších faktorov, ktoré sa v značnej miere podieľajú na tvorbe nejedného z uvádzaných ochorení, sú stravovacie návyky obyvateľstva, a to nielen z hľadiska neprimeraného množstva prijatých potravín, ale aj z hľadiska ich kvality.<sup>5</sup>

V príspevku sa budeme zaoberať aplikáciou stochastických metód vo viacstavových modeloch na vytváranie produktov životného poistenia. Budeme sa venovať najmä štvorstavovému modelom pre kritické ochorenia, metódam výpočtov netto poistného a ukážeme, akým spôsobom je možné modelovať priebeh vzniku kritického ochorenia využívajúc 4-stavový nehomogénny a časovo spojité model s Markovovou vlastnosťou.

## 2 Charakteristika kritických ochorení

Kritická choroba predstavuje riziko, ktoré sa v dnešnej hektickej dobe zvyšuje, a s tým súvisí rozširovanie civilizačných ochorení. Následky ochorení narušujú existujúci životný štýl a finančnú situáciu. Poistovňa v prípade platného poistenia s pripoistením kritických chorôb<sup>6</sup> vyplatí poistencovi dohodnutú poistnú sumu po lekárskom diagnostikovaní jednej z kritických chorôb. Poistným plnením je zvyčajne jednorazová dávka, niektoré poistné zmluvy poskytujú viacnásobnú výplatu. Novodobý poistný produkt môže závisieť aj od štádia choroby.

Kritická choroba je presne špecifikovaná v poistných podmienkach poistnej zmluvy. Kritické choroby, ktoré zahŕňa každé poistenie kritických chorôb, sú: infarkt myokardu, mozgová príhoda, rakovina (rôzne typy), zlyhanie obličiek a iné. (Škrovánková, 2013)

Poistovne dnes poisťujú veľké množstvo kritických ochorení, ale len 5 z nich tvorí značné percento všetkých hlásených prípadov.

Poistenie kritických ochorení poisťovne ponúkajú v dvoch formách:

1. Poistenie kritických chorôb je súčasťou životného poistenia na akceleračnej báze. Zrýchlené vyplatenia poistnej sumy predstavuje poistné plnenie vyplatené na základe diagnostikovania závažnej choroby. Znižuje poistnú sumu životného poistenia. Krytie kritických chorôb je vo výške  $k$  percentám z poistnej sumy životného poistenia. Môže to byť aj plná akcelerácia, teda poistná suma je vyplatená celá a zaniká základné životné poistenie.
2. Ako samostatné poistné plnenie, ktoré neovplyvňuje poistnú sumu základného poistenia. Môže byť vo forme pripoistenia alebo ako samostatné poistenie bez dodatočného základného poistenia. (Škrovánková - Simonka, 2016)

S kritickými chorobami sa spája nielen zdravotné, ale aj nemocenské poistenie. Aj štát pokrýva a poskytuje zdravotnú starostlivosť spojenú s týmito chorobami. Záonné nemocenské poistenie je na Slovensku upravené zákonom č. 461/2003 Z. z. o sociálnom poistení. Zdravotné poistenie je upravené zákonom č. 580/2004 Z. z. o zdravotnom poistení. Rozdiel medzi životným a zdravotným poistením je stanovený spôsobom poistného plnenia. V životnom poistení je poistné plnenie vyplatené, okrem iného, v prípade smrti poisteného. Nemocenské poistenie definuje výplatu dávok v prípade straty alebo zníženia príjmu zo zárobkovej činnosti

<sup>4</sup> Podľa: [www.fmed.uniba.sk/fileadmin/user\\_upload/admin/Veda-vyskum/zdravotna\\_starostlivosť](http://www.fmed.uniba.sk/fileadmin/user_upload/admin/Veda-vyskum/zdravotna_starostlivosť)

<sup>5</sup> Tejto problematike sa bližšie venovať v tomto príspevku nebudeme, sú jej venované domáce i medzinárodné štúdie, ako napr. (Kádeková, Z. a kol., 2018; Nagyová a kol., 2011, 2017).

<sup>6</sup> Medzinárodné názvy: Dread Disease Insurance, Critical Illness Insurance, Terminal Illness Insurance a iné.

a na zabezpečenie príjmu v dôsledku dočasnej pracovnej neschopnosti. (Škrovánková - Škrovánková, 2011)

V prípade diagnostikovania jednej z kritických chorôb je osoba zvyčajne dlhodobou práceneschopná. Zdravotné poistenie je definované ako právo na zdravotnú starostlivosť.<sup>7</sup>

V prípade životného poistenia sa jedná o presne stanovenú udalosť t. j. smrť, alebo ako zmiešané poistenie pre prípad smrti alebo dožitia sa určitého obdobia. Nemocenské poistenie ponúka dávku v prípade zmeny zdravotného stavu, ktorý má veľké množstvo možností. Stav musí byť natoľko vážny, aby vyžadoval návštevu lekára a pracovnú neschopnosť. Nemocenské dávky sú vyplácané do vyzdravenia (najviac však 52 týždňov) alebo kým nenastane smrť. Poistenie kritických ochorení by sa dalo považovať za kombináciu týchto poistení nakoľko poistná suma je vyplatená pri diagnostikovaní choroby, ale zvyčajne je ponúkané ako súčasť pripoistenia k životnému poisteniu. Zároveň je poistenec práceneschopný a poberá nemocenské dávky zo strany štátu.<sup>8</sup>

### 3 Všeobecný viacstavový model

Budeme vychádzať z predpokladu uzavretej skupiny poistencov bez možnosti ďalšieho vstupu osôb do systému. Predpokladáme tiež, že existuje konečná množina stavov o počte  $n$ . Označme  $S(x)$  náhodnú premennú, ktorej hodnoty vyjadrujú, v akom stave sa nachádza osoba vo veku  $x$ , pričom  $x$  je spojitý čas z intervalu  $(0, \infty)$ . Pravdepodobnosť, že poistená osoba vo veku  $x+t$  sa nachádza v stave  $j$  za predpokladu, že vo veku  $x$  sa nachádzala v stave  $i$ , označíme podľa zaužívanej aktuárskej symboliky (Škrovánková, 2013):

$${}_t p_x^{ij} = P[S(x+t) = j | S(x) = i]; i, j \in \{1, 2, \dots, n\} \quad (1)$$

Stochastický proces, na ktorého opis sme použili vyššie uvedené podmienené pravdepodobnosti, je časovo nehomogénny, pretože závisí od spojitého času  $t$  aj od premennej  $x$ , ktorá reprezentuje vek poistenej osoby. Ak budeme predpokladať, že pravdepodobnosti prechodu  ${}_t p_x^{ij}$  nezávisia od minulého priebehu, teda nie sú podmienené skutočnosťou pred časom  $t$ , potom má tento proces Markovovu vlastnosť. V prípade, že vek  $x$  je diskretná veličina, hovoríme o Markovovom reťazci (Potocký, 2012).

Ďalej zavedieme pojem absorpčný stav. Stav  $r$  je absorpčný, ak pre pravdepodobnosť prechodu platí  ${}_t p_x^{rj} = 0$  pre  $\forall j \neq r$ . Inými slovami, ak sa osoba vo veku  $x$  nachádza v stave  $r$ , je nemožné, aby sa v čase  $x+t$  nachádzala v ktoromkoľvek inom stave. Znamená to, že z tohto stavu nie je možné vystúpiť. Vstup do absorpčného stavu predstavuje pre poistenca zánik poistnej zmluvy alebo vznik poistnej udalosti. (Potocký, 2012).

Pre absorpčný stav platí:

$$\sum_{j=1}^n {}_t p_x^{rj} = {}_t p_x^{rr} = 1 \text{ pre } \forall x, t \geq 0 \quad (2)$$

Teda pravdepodobnosť toho, že osoba vo veku  $x+t$  sa bude nachádzať v absorpčnom stave  $r$ , ak sa vo veku  $x$  nachádzala v tom istom absorpčnom stave  $r$ , sa rovná istej udalosti. Je potrebné rozlišovať medzi pravdepodobnosťami  ${}_t p_x^{ii}$  a  ${}_t p_x^{\bar{i}\bar{i}}$ . Obe v širšom význame predstavujú pravdepodobnosť, že sa poistený bude nachádzať v dvoch časových okamihoch v tom istom

<sup>7</sup> Podľa: [www.socpoist.sk](http://www.socpoist.sk)

<sup>8</sup> Podľa: [www.socpoist.sk](http://www.socpoist.sk)

stave. Medzi nimi je však podstatný rozdiel, ktorý spočíva v skutočnosti, či je možné, aby poistený medzi týmito dvomi obdobiami opustil stav  $i$ .

Pre  $x \geq 0, t \geq 0, i \in \{1, 2, \dots, n\}$  sa definujú takto

$${}_t p_x^{ii} = P[S(x+t) = i | S(x) = i] \quad (3)$$

$${}_t \bar{p}_x^{ii} = P[S(x+k) = i, \forall k \in (0, t) | S(x) = i] \quad (4)$$

Veličina  ${}_t p_x^{ii}$  predstavuje pravdepodobnosť, že sa poistený vo veku  $x+t$  nachádza v stave  $i$ , ak sa vo veku  $x$  nachádzal tiež v stave  $i$ , pričom medzi vekmi  $x$  a  $x+t$  mohlo nastať ľubovoľné množstvo prechodov do iných stavov. Veličina  ${}_t \bar{p}_x^{ii}$  nepredpokladá v časovom intervale  $(x, x+t)$  opustenie stavu  $i$ , ide o pravdepodobnosť zotrvania v stave  $i$ . Ak budeme predpokladať, že pravdepodobnosť viacnásobných prechodov v krátkom časovom intervale  $(x+t, x+t+h)$  je veľkosti  $o(h)$ , potom môžeme pravdepodobnosť  ${}_t p_x^{ii}$  nahradiť pravdepodobnosťou  ${}_t \bar{p}_x^{ii}$ , pretože v tomto krátkom časovom intervale dĺžky  $h$  je ich rozdiel rádu 0 (Škrovánková, 2013).

$${}_h p_{x+t}^{ii} = {}_h \bar{p}_{x+t}^{ii} + o(h) \quad (5)$$

Podstatnou požiadavkou pre tvorbu viacstavového modelu je znalosť intenzít prechodov zo stavu  $i$  do stavu  $j$  -  $\mu_{x+t}^{ij}$ , čo definujeme nasledovne:

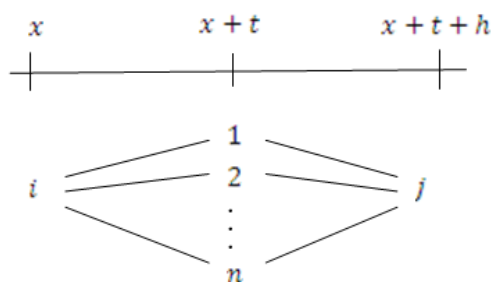
$$\mu_{x+t}^{ij} = \lim_{h \rightarrow 0^+} \frac{{}_h p_{x+t}^{ij}}{h} \quad (6)$$

v súlade s už vytvorenými aktuárskymi modelmi pre toto poistenie (túto definíciu možno nájsť napr. v Sekerová - Bilíková, 2005 alebo Škrovánková, 2013).

Na základe intenzít prechodov môžeme matematicky opísať viacstavový model pomocou sústavy tzv. Kolmogorovových diferenciálnych rovníc. Uvažovaný predpoklad, podľa ktorého jedna z premenných modelu vek  $x$  je pevný a druhá premenná čas  $t$  je premenlivý, spolu s požiadavkou na Markovovu vlastnosť, nám dovoľuje modelovať Kolmogorovove diferenciálne rovnice ako normálne a nie parciálne (Škrovánková, 2013).

Predpokladajme, že vo veku  $x$  sa poistenec nachádza v stave  $i$  a chceme vyjadriť pravdepodobnosť, že sa vo veku  $x+t+h$  bude nachádzať v stave  $j$ , pričom  $i, j \in I, I \in \{1, 2, \dots, n\}$ . Túto pravdepodobnosť podľa zaužívanej konvencie označme  ${}_{t+h} p_x^{ij}$ . Veky  $x$  a  $x+t$  sú pevné časové veličiny a  $h$  predstavuje veľmi krátke časové obdobie. Keďže  $h$  je veľmi malé, nebudeme uvažovať viacnásobné prechody počas tohto obdobia. Vo všeobecnosti sa poistenec v čase  $x+t$  môže nachádzať v ľubovoľnom stave z množiny  $I$ , kým sa finálne dostane zo stavu  $i$  do stavu  $j$ . Túto skutočnosť ilustrujeme na obr. 1.



Obr. 1: Prechod zo stavu  $i$  do stavu  $j$  medzi vekmi  $x$  a  $x+t+h$ 

Zdroj: Vlastné spracovanie.

Potom pravdepodobnosť  ${}_{t+h}P_x^{ij}$  vyjadríme ako:

$${}_{t+h}P_x^{ij} = \sum_{k=1}^n {}_tP_x^{ik} \cdot {}_hP_{x+t}^{kj}, \quad (7)$$

čo možno prepísať nasledovne:

$${}_{t+h}P_x^{ij} = \sum_{k=1, k \neq j}^n {}_tP_x^{ik} \cdot {}_hP_{x+t}^{kj} + {}_tP_x^{ij} \cdot {}_hP_{x+t}^{jj}. \quad (8)$$

Keďže pravdepodobnosti  ${}_hP_{x+t}^{kj}$  predstavujú prechody za veľmi krátke časové obdobie  $h$  (okamžité prechody), vyjadríme ich pomocou intenzít prechodov, ktoré na základe definície pre pravdepodobnosti prechodu pre malé  $h$  majú tvar:

$${}_hP_{x+t}^{kj} \cong h \cdot \mu_{x+t}^{kj} + O^{ij}(h), \quad (9)$$

pričom  $O^{ij}(h)$  je tzv. funkcia rádu 0, teda funkcia, ktorá sa blíži k nule rýchlejšie ako jej argument. Predstavuje pravdepodobnosť dvoch alebo viacerých prechodov medzi stavmi  $i$  a  $j$  v časovom intervale  $(x+t, x+t+h)$ . Jej limitné vyjadrenie budeme považovať za zanedbateľné, keďže platí:

$$\lim_{h \rightarrow 0^+} \frac{O^{ij}(h)}{h} = 0. \quad (10)$$

Vyjadríme teraz pravdepodobnosť, že osoba vo veku  $x+t+h$  bola v stave  $j$ , za predpokladu, že vo veku  $x+t$  bola v stave  $j$ , teda pravdepodobnosť  ${}_hP_{x+t}^{jj}$ . Na základe vety

o úplnej pravdepodobnosti  $\sum_{s=1}^n {}_hP_{x+t}^{js} = 1$ , môžeme napísať:

$${}_hP_{x+t}^{jj} = 1 - \sum_{s=1, s \neq j}^n {}_hP_{x+t}^{js}. \quad (11)$$

Potom uplatnením vzťahu (9) dostávame:

$${}_h p_{x+t}^{ij} = 1 - h \cdot \sum_{s=1, s \neq j}^n \left( \mu_{x+t}^{js} + \frac{O^{js}(h)}{h} \right). \quad (12)$$

Ďalej použitím vzťahov (12) a (9), môžeme vzťah (8) prepísať do tvaru:

$${}_{t+h} p_x^{ij} = h \cdot \sum_{k=1, k \neq j}^n {}_t p_x^{ik} \cdot \left( \mu_{x+t}^{kj} + \frac{O^{kj}(h)}{h} \right) + {}_t p_x^{ij} \cdot \left[ 1 - h \cdot \sum_{s=1, s \neq j}^n \left( \mu_{x+t}^{js} + \frac{O^{js}(h)}{h} \right) \right]. \quad (13)$$

Ekvivalentnými úpravami vyššie uvedeného vzťahu dostaneme:

$$\frac{{}_{t+h} p_x^{ij} - {}_t p_x^{ij}}{h} = -{}_t p_x^{ij} \cdot \sum_{s=1, s \neq j}^n \left( \mu_{x+t}^{js} + \frac{O^{js}(h)}{h} \right) + \sum_{k=1, k \neq j}^n {}_t p_x^{ik} \cdot \left( \mu_{x+t}^{kj} + \frac{O^{kj}(h)}{h} \right). \quad (14)$$

Limitovaním oboch strán rovnice pre  $h \rightarrow 0^+$  dostávame Kolmogorov systém diferenciálnych rovníc pre pravdepodobnosť prechodu zo stavu  $i$  do stavu  $j$ , pre  $i, j \in \{1, 2, \dots, n\}$ , podľa (Lamoš – Potocký, 1998):

$$\frac{d}{dt} {}_t p_x^{ij} = -{}_t p_x^{ij} \cdot \sum_{s=1, s \neq j}^n \mu_{x+t}^{js} + \sum_{k=1, k \neq j}^n {}_t p_x^{ik} \cdot \mu_{x+t}^{kj}. \quad (15)$$

Tento systém je riešiteľný po doplnení začiatkových podmienok, teda hodnôt pravdepodobnostných funkcií pre  $t = 0$  a dosadení funkcií intenzít prechodov. Pre počiatkové podmienky platí:  ${}_t p_x^{ij} = 1$  pre  $i = j$ , a nulová hodnota pre  $i \neq j$ .

Exaktné matematické vyjadrenie intenzít prechodov je v praxi komplikované. Ich definícia podľa vzťahu (6) si vyžaduje znalosť pravdepodobností prechodov, na ktorých výpočet by bolo nutné zhromaždiť informácie o počte prechodov v jednotlivých časových okamihoch pre rôznyi vek. Poist'ovne teda zvyknú po zavedení určitých predpokladov pracovať s odhadom týchto veličín, pričom potrebujú sledovať čas medzi sebou nasledujúcimi prechodmi a počty jednotlivých prechodov.<sup>9</sup>

#### 4 Konštrukcia modelu pre poistenie kritických chorôb

Budeme sa venovať poisteniu kritických chorôb pomocou viacstavového modelu, ktorého základ je rozpracovaný a uvedený v Škrovánková – Škrovánková, 2010.

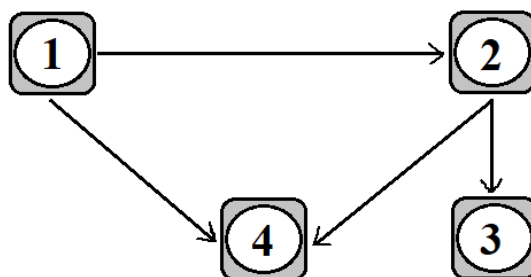
Nech  $x$  je vek poistenej osoby v deň uzavretia poistnej zmluvy a nech  $S(x+t)$  je náhodný stav, v ktorom sa osoba nachádza vo veku  $x+t$ . Ďalej nech sú prípustné 4 realizácie náhodnej premennej  $S(x+t)$  tvoriace množinu stavov  $\{1, 2, 3, 4\}$ , pričom jednotlivé stavy znamenajú:

- 1 – zdravý,
- 2 – chorý (trpiaci jednou zo zoznamu poistených kritických ochorení),
- 3 – smrť spôsobená závažným ochorením,
- 4 – smrť z iných príčin.

Predpokladáme, že  $S(x) = 1$ , teda poistená osoba v čase podpisu zmluvy je zdravá. Obrázok 2 znázorňuje jednotlivé stavy a možné prechody medzi nimi.

<sup>9</sup> Podľa: [http://instruction2.bus.wisc.edu/pluginfile.php/88/mod\\_resource/content/5/MultiDecrements07ct2012/1\\_examples.html](http://instruction2.bus.wisc.edu/pluginfile.php/88/mod_resource/content/5/MultiDecrements07ct2012/1_examples.html)

Obr. 2: 4-stavový model poistenia kritických chorôb.



Zdroj: Vlastné spracovanie.

Nech náhodný proces  $\{S(x+t), t \geq 0\}$  je nehomogénny časovo spojité náhodný proces s Markovovou vlastnosťou. Potom pravdepodobnosti prechodu zo stavu  $i$  do stavu  $j$ ,  $i, j \in \{1, 2, 3, 4\}$  majú tvar:

$${}_t p_x^{ij} = P[S(x+t) = j | S(x) = i] \quad (16)$$

a pre pravdepodobnosť zotrvania v stave  ${}_t \bar{p}_x^{ii}$ , kde  $i \in \{1, 2\}$  platí:

$${}_t \bar{p}_x^{ii} = P[S(x+u) = i, u \in (0, t) | S(x) = i] \quad (17)$$

Podľa (Škrovánková, 2013) vyjadríme diferenciálne rovnice a príslušné intenzity prechodu zo stavu  $i$  do stavu  $j$ , kde  $i, j \in \{1, 2, 3, 4\}$ :

$$\mu_x^{ij} = \lim_{t \rightarrow 0^+} \frac{{}_t p_x^{ij}}{t} \quad (18)$$

$$\frac{d}{{}_t p_x^{11}} = - {}_t p_x^{11} [\mu_{x+t}^{12} + \mu_{x+t}^{14}] \quad (19)$$

$$\frac{d}{{}_t p_x^{22}} = - {}_t p_x^{22} \cdot \mu_{x+t}^{24} - {}_t p_x^{22} \cdot \mu_{x+t}^{23} \quad (20)$$

$$\frac{d}{{}_t p_x^{11}} = - {}_t p_x^{11} [\mu_{x+t}^{12} + \mu_{x+t}^{14}] \quad (21)$$

$$\frac{d}{{}_t p_x^{22}} = - {}_t p_x^{22} [\mu_{x+t}^{24} + \mu_{x+t}^{23}] \quad (22)$$

$$\frac{d}{{}_t p_x^{12}} = - {}_t p_x^{12} [\mu_{x+t}^{24} + \mu_{x+t}^{23}] + {}_t p_x^{11} \cdot \mu_{x+t}^{12} \quad (23)$$

$$\frac{d {}_t p_x^{14}}{dt} = {}_t p_x^{11} \cdot \mu_{x+t}^{14} + {}_t p_x^{12} \cdot \mu_{x+t}^{24} \quad (24)$$

$$\frac{d {}_t p_x^{24}}{dt} = {}_t p_x^{22} \cdot \mu_{x+t}^{24} \quad (25)$$

$$\frac{d {}_t p_x^{23}}{dt} = {}_t p_x^{22} \cdot \mu_{x+t}^{23} \quad (26)$$

Keďže z uvedeného modelu vyplýva, že výstup zo stavu (1) zdravý je definitívny, teda nemôže nastať situácia, že sa osoba, ktorá vystúpila zo stavu (1) zdravý, do tohto stavu znovu vráti a rovnako ireverzibilný je aj výstup zo stavu (2) chorý. Potom platia nasledujúce rovnosti:

$${}_t p_x^{11} = {}_t \bar{p}_x^{11} \text{ a } {}_t p_x^{22} = {}_t \bar{p}_x^{22}.$$

Riešenia diferenciálnych rovníc pre tieto pravdepodobnosti sú:

$${}_t p_x^{11} = e^{-\int_0^t (\mu_{x+s}^{12} + \mu_{x+s}^{14}) ds} \quad (27)$$

$${}_t p_x^{22} = e^{-\int_0^t (\mu_{x+s}^{23} + \mu_{x+s}^{24}) ds} \quad (28)$$

## 5 Záver

Cieľom príspevku bolo okrem stručnej charakteristiky základných znakov produktu poistenia kritických chorôb modelovať priebeh kritického ochorenia pomocou štvorstavového nehomogénneho časovo spojitého modelu s Markovovou vlastnosťou. Pravdepodobnostný rámec bol založený na konštrukcii a riešení diferenciálnych rovníc, ktoré uvádzame v príspevku. Uvedené diferenciálne rovnice predstavujú matematický aparát použiteľný na výpočet pravdepodobností prechodov medzi jednotlivými stavmi nášho 4-stavového modelu. Môžeme ich postupne riešiť buď všeobecne, ak máme začiatočné podmienky, alebo hľadáme numerické riešenie v prípade známych intenzít prechodu. Potom by sme tieto údaje mohli využiť napríklad pri výpočte výšky netto poistného. Na základe existencie incidencií pre vekové skupiny, by bolo možné stanoviť odhady intenzít prechodu zo stavu aktívny do stavu chorý na základe úpravy metodológie navrhutej v Baione – Levantesi, 2014, kde boli intenzity prechodu odhadnuté na báze prevalenčných mier, ale tento prístup je skôr námetom pre pokračovanie vo výskume.

Uvedený štvorstavový model by sa dal využiť pre odvrátiteľné úmrtia pre ochorenia Covid-19 a SARS-CoV-2 zistením, aké percento pacientov je možné udržať v stave „zdravý“ pri správnom financovaní zdravotného systému a dostatku zdravotníckych pomôcok a personálu. V modeli by sa skúmali jednotlivé prechody medzi stavmi pre osoby vo veku 10 až 80 rokov. Týmto by model ponúkal konkrétne vyhodnotenie situácie na Slovensku s prihliadnutím na prípadné splnenie alebo nesplnenie noriem proti rozširovaniu nákazy. Množstvo nejednoznačných a nepresných údajov o Covid-19 však takýto výskum zatiaľ robí irelevantným.

**Príspevok bol spracovaný v rámci riešenia grantovej úlohy VEGA č.1/0160/20 „Stanovenie kapitálovej požiadavky na krytie vybraných katastrofických rizík v životnom a neživotnom poistení“**

**Literatúra**

- [1] Baione, F., Levantesi, S. (2014). *A health insurance pricing model based on prevalence rates: Application to critical illness insurance*. Insurance: Mathematics and Economics Vol.56. ScienceDirect: online. Dostupné na: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0167668714000912>.
- [2] [www.hpi.sk](http://www.hpi.sk). (2020).
- [3] Kádeková, Z., Récky, R., Nagyová, L., Košičiarová, I., Holienčíková, M. (2017). *Consumer's purchasing preferences towards organic food in Slovakia*. Potravinárstvo. Slovak Journal of Food Sciences 11(1). Nitra: SUA.
- [4] Lamoš, F., Potocký, R. (1998). *Pravdepodobnosť a matematická štatistika*. Bratislava: Vydavateľstvo UK.
- [5] Nagyová, L., Horská, E., Kádeková, Z. (2011). *Food quality policy and labelling*. Delhi business review 12(1). Delhi: online. Dostupné na: <http://www.delhibusinessreview.org/v12n1/v12n1g.pdf>.
- [6] Nagyová, L., Golian, J., Géci, A., Palkovič, J., Čapla, J., Kádeková, Z. (2018). *Food safety from a consumers' point of view: food quality*. Potravinárstvo. Slovak Journal of Food Sciences 12(1). Nitra: SPU. Dostupné na: <https://dx.doi.org/10.5219/918>.
- [7] Mojžišová, E., Škrovánková, P. (2009). *Transformačné kroky v zdravotnom poistení a analýza zdravotnej starostlivosti v SR*. Ekonomika a informatika 2/2009. Bratislava: ES EU.
- [8] <https://www.employment.gov.sk/sk/socialne-poistenie-dochodkovy-system/socialne-pois-tenie/legislativne-zmeny/>. (2021).
- [9] Páleš, M. (2015). *Využitie a konštrukcia úmrtnostných tabuliek v životnom poistení*. Slovenská štatistika a demografia 1/2015. Bratislava: Štatistický úrad SR.
- [10] Potocký, R. (2012). *Modely v životnom a neživotnom poistení*. Bratislava: STATIS.
- [11] Rovný, I. (2009). *Verejné zdravotníctvo*. Bratislava: Vydavateľstvo Ekonóm.
- [12] Sekerová, V., Bilíková, M. (2005). *Poistná matematika*. Bratislava: Vydavateľstvo Ekonóm.
- [13] Simonka, Zs., Škrovánková, L. (2016). *New approaches to risk assessment of critical illness*. 8<sup>th</sup> International Scientific Conference Managing and Modelling of Financial Risks, VŠB-TU of Ostrava. Ostrava: Faculty of Economics, Department of Finance.
- [14] [www.socpoist.sk](http://www.socpoist.sk). (2021).
- [15] Škrovánková, L. (2013). *Zdravotné a nemocenské poistenie*. Bratislava: Vydavateľstvo Ekonóm.
- [16] Škrovánková, L., Škrovánková, P. (2010). *Dôchodkové, zdravotné a nemocenské poistenie*. Bratislava: Vydavateľstvo Ekonóm.
- [17] Škrovánková, P. (2011). *Modely prerozdelenia poistného v zdravotnom poistení*. Ekonomika a informatika 9(1). Bratislava: ES EU.
- [18] Šoltés, M., Delina, R. (2004). *Analýza online poisťovníctva*. Ekonomie a Management 4/2004. Liberec: Technická univerzita v Liberci, Ekonomická fakulta.
- [19] <http://www.udzs-sk.sk>. (2021).

## Uplatnenie dane z pridanej hodnoty pri jednoúčelových poukazoch a ich účtovné zobrazenie

Renáta Stanley<sup>1</sup>

### Abstrakt

Poukazy predstavujú často využívaný nástroj na propagáciu a reklamu podnikateľských subjektov, alebo ako motivačný a odmeňovací nástroj pre svojich zamestnancov, či ako forma darčeka. Pri poukazoch je veľmi dôležité posúdiť hneď pri jeho vystavení o aký druh ide, pretože na základe toho sa určí vznik daňovej povinnosti pre uplatnenie dane z pridanej hodnoty (DPH). Daňová legislatíva rozlišuje dva základné druhy poukazov, a to jednoúčelové poukazy a viacúčelové poukazy. Uplatňovanie DPH pri prevode jednoúčelových poukazov je oproti viacúčelovým poukazom zložitejšie, navyše určenie vzniku daňovej povinnosti ovplyvňuje viacero faktorov. V praxi sa môže stať, že ten, kto vystaví poukaz nie je zároveň dodávateľom služby, alebo do predajného reťazca vstupuje aj sprostredkovateľ a práve tieto faktory sú dôležité pre správne vymedzenie DPH. Pri poukazoch je ďalej potrebné rozlišovať či ide o poukaz, s ktorým je spojená zľava z nákupu, alebo ide o poukaz, ktorý je potvrdením o platbe, alebo ide o poukaz s ktorým je spojené právo získať jeho výmenou konkrétnu službu alebo tovar uvedenú na poukaze. Problematika jednoúčelových poukazov bola v daňovej legislatíve upravená len nedávno a v účtovnej legislatíve stále nie je jednoznačne upravená, preto je tento príspevok veľmi aktuálny a zameraný na objasnenie tejto problematiky.

### Kľúčové slová

Jednoúčelové poukazy, DPH, emitent, sprostredkovateľ, dodávateľ

### Abstract

The Vouchers are a frequently used tool for the promotion and advertising of business entities, or as a motivational and rewarding tool for their employees, or as a form of gift. In the case of vouchers, it is very important to assess the type of voucher as soon as it is issued, as this will determine the chargeability for VAT. Tax legislation distinguishes between two basic types of vouchers, namely single-purpose vouchers and multi-purpose vouchers. Applying VAT in the transfer of single-purpose vouchers is more complex than for multi-purpose vouchers; in addition, the determination of the chargeability of tax is influenced by several factors. In practice, it may happen that the person who issues the voucher is not also a supplier of goods or services, or the intermediary also enters the sales chain, and these are factors that are important for the correct determination of VAT. For single-purpose vouchers, it is also necessary to distinguish whether it is a voucher with a purchase discount, or a voucher that is a confirmation of payment, or a voucher with which the right to obtain a specific service or goods is listed on the voucher. Single-purpose vouchers have only recently been amended in tax legislation and are still not clearly regulated in accounting legislation, so this paper is very topical and aimed at clarifying this issue.

### Key words

Single-purpose vouchers, VAT, emitent, intermediary, supplier

### JEL classification

JEL M41

---

<sup>1</sup> Ekonomická univerzita v Bratislave, Fakulta hospodárskej informatiky, Katedra účtovníctva a auditorstva, Dolnozemska cesta 1, 852 35 Bratislava, renata.stanley@euba.sk.

## 1 Úvod

S používaním poukazov alebo takzvaných voucherov sa stretávame neustále v podnikateľskom aj súkromnom prostredí. Podnikateľské subjekty využívajú rôzne formy poskytovania poukazov ako motivačný nástroj pre svojich zamestnancov alebo ako nástroj na podporu zvýšenia propagácie a predaja svojich výrobkov alebo služieb.

Využívanie poukazov v podnikateľskej praxi existuje už desiatky rokov, avšak ich formy a spôsoby využívania sa rozvíja stále viac, čo vyvoláva potrebu prispôbiť sa problematike účtovania a zdaňovania poukazov aj legislatívne. Z účtovného pohľadu možno poukazy chápať ako určitú formu cenín, avšak slovenská právna úprava v tejto oblasti nie je jednoznačná. Podobne tomu bolo aj pri určení dňa vzniku daňovej povinnosti dane z pridanej hodnoty u poukazoch na národnej i nadnárodnej úrovni, preto boli do zákona č. 222/2004 Z. z. o dani z pridanej hodnoty v znení neskorších predpisov (ďalej len "zákon o DPH") implementované usmernenia Smernice Rady (EÚ) 2016/1065, ktorou sa zmenila smernica 2006/112/ES, pokiaľ ide o zaobchádzanie s poukazmi.

K novým harmonizovaným pravidlám pristúpila Rada EÚ z dôvodu rozličného zaobchádzania a nejednotnosti uplatňovania pravidiel pri určení dňa vzniku daňovej povinnosti dane z pridanej hodnoty, čo mohlo viesť k narušeniu hospodárskej súťaže, k dvojitému zdaneniu alebo naopak k zdaneniu vôbec nedošlo. Používanie poukazov tak predstavovalo jednu z oblastí kde mohlo ľahko dôjsť k daňovým podvodom a to, či už úmyselne alebo neúmyselne. Ďalšou problematickou oblasťou je určenie hranice, kedy ide o poukaz spojený s nákupom tovaru alebo služby, kedy sa jedná o platobný prostriedok alebo o zľavu z nákupu tovaru alebo služby.

K objasneniu týchto problematik v slovenskej daňovej legislatíve prišlo vďaka zákonu č. 369/2018 Z. z., ktorým sa mení a dopĺňa zákon o DPH s účinnosťou od 1.10.2019, kedy bol do zákona zapracovaný nový § 9a s názvom **Dodanie tovaru a služby pri použití poukazu**, ktorý sa vzťahuje na jednoúčelové i viacúčelové poukazy vydané po 30.9.2019. Nové úpravy sú zamerané na konkrétne poukazy, ktoré je možné vymeniť za tovar alebo službu, netýkajú sa poukazov, ktoré poskytujú držiteľovi zľavu pri nákupe tovaru alebo služby, poukazy vystavené cestovnými kancelárkami na vopred zaplatený pobyt, cestovné lístky, poštové známky či vstupenky.

Nakoľko je využívanie poukazov v podnikateľskej praxi veľmi žiadané, ale tejto oblasti je zatiaľ málo venovaná pozornosť z účtovného i daňového hľadiska v publikáciách, nasledujúca časť článku je venovaná práve vysvetleniu zložitého systému fungovania jednoúčelových poukazov s ilustrovaním na príkladoch z daňového hľadiska a ich účtovné zobrazenie.

## 2 Definovanie poukazov

Podľa §9a ods. 1 písm. a) zákona o DPH je "**poukazom** nástroj, s ktorým je spojená povinnosť prijať ho ako protihodnotu alebo jej časť za dodanie tovaru alebo dodanie služby a na ktorom alebo v súvisiacej dokumentácii k nemu je uvedený tovar alebo služba, ktoré sa majú dodať, alebo totožnosť možných dodávateľov vrátane podmienok použitia tohto nástroja".

Zákon o DPH v ďalších dvoch bodoch § 9a ods. 1 rozlišuje dva druhy poukazov, podľa ktorého je:

- "**jednoúčelovým poukazom** poukaz, pri ktorom je v čase jeho vystavenia známe miesto dodania tovaru alebo miesto dodania služby, na ktoré sa poukaz vzťahuje, a daň splatná z tohto tovaru alebo služby,
- **viacúčelovým poukazom** poukaz iný ako jednoúčelový poukaz."

Cieľom tohoto členenia je správne určenie dňa vzniku daňovej povinnosti, teda či daňová povinnosť vznikne pri predaji poukazu alebo až pri skutočnom dodaní tovaru alebo služby,

výmenou za poukaz. Daň z pridanej hodnoty je daňou zo spotreby tovarov a služieb. Keďže poukaz a tovar alebo služba, na ktoré sa poukaz vzťahuje, predstavujú jeden celok, daňové zaobchádzanie v prípade poukazu závisí od toho, či je v čase vystavenia poukazu známe a nemenné uplatnenie DPH (miesto dodania a splatná DPH), pokiaľ ide o podkladovú transakciu.

## 2.1 Jednoúčelový poukaz

Ak už v čase vystavenia poukazu je známe a nemenné uplatnenie DPH podkladovej transakcie, t.j. tovaru alebo služby, ktoré budú poskytnuté výmenou za poukaz, ide o jednoúčelový poukaz.

Z uvedeného vyplýva, že pri **jednoúčelovom poukaze** je nutné už pri samotnom vystavení poznať:

- *miesto dodania* tovaru alebo služby, ktoré je uvedené na poukaze, ktorým rozumieme štát, v ktorom dôjde k samotnému dodaniu tovaru alebo služby,
- *sumu dane z pridanej hodnoty*, ktorá prislúcha konkrétnemu tovaru a službe na základe platnej sadzby dane pre tento tovar a službu, prípadne informáciu, že ide o oslobodenie od DPH. Výška splatnej dane nemusí byť uvedená na poukaze, v prípade ak ju vieme určiť na základe protihodnoty a poznáme sadzbu dane, ktorá prislúcha konkrétnemu tovaru alebo službe uvedenej na poukaze. Ak by sa jednoúčelový poukaz vzťahoval na tovary alebo služby, ktoré podliehajú základnej sadzbe dane, bude aj prevod poukazu podliehať základnej sadzbe dane. Ak by sa prevod jednoúčelového poukazu vzťahoval na tovary alebo služby, ktoré sú oslobodené od dane, prevod poukazu bude od dane oslobodený. V prípade vystavenia poukazu vzťahujúcom sa na tovary a služby s rôznou sadzbou dane, pôjde o jednoúčelový poukaz iba vtedy, ak je hodnota poukazu jednoznačne rozdelená a priraditeľná k jednotlivým sadzbám.

Jednoúčelový poukaz je poukaz, ktorý dáva držiteľovi právo vymeniť ho za tovar alebo službu, ktorá je na poukaze uvedená, u vopred určeného dodávateľa. Z uvedeného vyplýva, že poukaz nie je možné použiť na iný tovar alebo službu a ani u iného dodávateľa ako je uvedené na poukaze. Poukaz môžeme použiť jednorazovo, teda nie je možné jeho postupné čerpanie. Rovnako z poukazu nie je možné vydávať peniaze.

### Prípadová štúdia č. 1

Sieť wellnes hotelov poskytujúca pobytové balíčky na ubytovanie a wellnes služby, vydala poukazy v nominálnej hodnote 200 eur (166,67 eur + DPH 33,33 eur). Ide o poukaz, ktorý oprávňuje jeho držiteľa na pobyt v konkrétnej hotelovej sieti na Slovensku.

Pri tomto poukaze vieme vopred určiť miesto dodania služby, v našom prípade ide o wellnes hotely v SR. Ďalej vieme určiť sadzbu dane vzťahujúcu sa na poskytujúce služby, čo predstavuje podľa zákona o DPH základnú sadzbu 20 %, teda ide o jednoúčelový poukaz.

## 2.2 Viacúčelový poukaz

Ak nie je známe miesto dodania tovaru alebo služby alebo nepoznáme sadzbu DPH podkladovej transakcie v čase vystavenia poukazu, ide o **viacúčelový poukaz**, pri ktorom prevod poukazu nepodlieha DPH a zdaňuje sa až dodanie tovaru alebo služby za poukaz.

Pri vystavení viacúčelového poukazu tak na rozdiel od jednoúčelového poukazu nie je známe daňové zaobchádzanie. V praxi môže ísť napríklad o multifunkčnú elektronickú kartu, ktorá je spoločným nosičom viacerých benefitov, ktoré zamestnávateľ ponúka pre svojich zamestnancov. Na tejto elektronickej karte môžu byť nabité kredity na elektronické stravné lístky, benefítné poukážky, či rekreačné poukazy. Keďže nie je známe ani miesto dodania



tovaru alebo služby, ani sadzba DPH v akej sa uskutoční nákup, táto karta sa považuje za viacúčelový poukaz.

Viacúčelové poukazy sa môžu čerpať jednorázovo alebo aj postupne. Pri výmene viacúčelového poukazu môžu nastať tieto tri možnosti:

1. Viacúčelový poukaz je v **rovnakej sume** ako je hodnota nakupovaného tovaru alebo poskytnutej služby - transakcia sa považuje za vyrovnanú. V tomto momente prichádza aj k zdaňovaniu tovaru alebo služby sadzbou DPH platnou pre daný druh tovaru alebo služby;
2. Viacúčelový poukaz je v **nižšej sume** ako je hodnota nakupovaného tovaru alebo poskytnutej služby - zákazník časť sumy, ktorá prevyšuje hodnotu viacúčelového poukazu doplatí vrátane dane z pridanej hodnoty;
3. Viacúčelový poukaz je vo **vyššej sume** ako je hodnota nakupovaného tovaru alebo poskytnutej služby - zákazník stráca nárok na vrátenie rozdielu medzi hodnotou viacúčelového poukazu a hodnotu nakupovaného tovaru alebo poskytnutej služby, avšak nevyužitú sumu na poukaze môže využiť na nákup v budúcnosti počas doby platnosti daného poukazu. Uplatnenie DPH nastáva pri každom nákupe tovaru alebo služby.

#### Prípadová štúdia č. 2

Sieť obchodných centier Aupark vystavila poukaz v hodnote 50 eur na nákup tovaru alebo služby v ktorejkoľvek predajni v ich nákupnom centre. Ide o viacúčelový poukaz. Ak by poukaz bol bližšie špecifikovaný, napr. iba na nákup drogéria v DM, išlo by o jednoúčelový poukaz.

V tomto prípade je dôležité upozorniť ešte aj na vernostnú kartu, ktorú vydáva obchodné centrum Aupark. Uvedená karta sa nepovažuje za poukaz, nakoľko oprávňuje držiteľa karty len na určité benefity ako zľavy v konkrétnych obchodoch, prípadne 1h parkovania navyše zdarma a podobne, čo ale nepredstavuje získanie tovaru alebo služby za protihodnotu, preto nemôže ísť o poukaz. Nové pravidlá sa vzťahujú len na tie poukazy, ktoré je možné vymeniť za tovar alebo službu a **nie** na rôzne marketingové nástroje, ktoré oprávňujú držiteľa **na zľavu** pri nákupe tovarov alebo služieb.

### 2.3 Poukaz versus platobný prostriedok

Nová právna úprava týkajúca sa daňového zaobchádzania s poukazmi má za úlohu odlišiť poukaz od platobného nástroja. Rozdiel medzi platobným prostriedkom a poukazom spočíva predovšetkým v tom, že platobný prostriedok je možné uplatniť v zásade na akýkoľvek tovar alebo službu u ktoréhokoľvek dodávateľa tovaru alebo služby. Na rozdiel od platobného prostriedku poukaz predstavuje nástroj, s ktorým je spojené právo jeho držiteľa získať výmenou za poukaz zodpovedajúci tovar alebo službu u vopred určeného dodávateľa. To znamená, že použitie poukazu je od začiatku limitované na vybraný okruh dodávateľov tovaru alebo služby, a navyše limitovanie sa u vybraných dodávateľov môže vzťahovať len na určité tovary a služby. Poukaz ako protihodnota je oproti platobnému prostriedku od začiatku viazaný na určeného dodávateľa, prípadne aj na určené tovary alebo služby. (Metodický pokyn k uplatňovaniu DPH, 2019).

Pre lepšiu predstavu chápania poukazu v porovnaní s platobným prostriedkom sú základné rozlišovacie prvky uvedené v tabuľke č. 1.

Tab. 1: Poukaz versus platobný prostriedok - rozlišovacie prvky

Názov nástroja	Dodávateľ tovaru/služby	Poskytnutie tovaru/služby
<b>Poukaz</b>	Je určený	Vopred vymedzené
<b>Platobný prostriedok</b>	Akýkoľvek	Akékoľvek

Zdroj: Vlastné spracovanie

## 2.4 Poukaz versus potvrdenie o platbe

Rovnako je potrebné poukaz rozlišovať od potvrdenia o zaplatení, t.j. platbe vopred. Daňová povinnosť k DPH pri platbe vopred za konkrétnu dodávku tovaru alebo služby vzniká dňom prijatia platby a v rozsahu prijatia platby. Platba vopred je spravidla uskutočnená na základe vopred dohodnutého konkrétneho plnenia medzi dvoma zmluvnými stranami. Ak by išlo len o vystavenie potvrdenia o platbe vopred na známe plnenie, pre vopred známeho príjemcu tovaru alebo služby, neuplatní sa ani právna úprava vzťahujúca na poukazy.

Na druhej strane daňová povinnosť dane z pridanej hodnoty pri poukazoch vzniká buď dňom predaja poukazu alebo pri skutočnom dodaní tovaru alebo služby, výmenou za poukaz. Je preto potrebné správne posúdiť, či sa jedná o poukaz alebo potvrdenie o zaplatení vopred (na základe ktorého je v praxi často vystavený poukaz ako doklad preukazujúci nárok na vopred zaplatený tovar alebo službu), nakoľko nám táto skutočnosť ovplyvní deň vzniku daňovej povinnosti k DPH.

Rozdiel medzi poukazom a platbou vopred je, že platba vopred sa zvyčajne spája už s dojednaným plnením. S vystavením potvrdenia o platbe vopred vzniká zmluvnej strane záväzok uskutočniť konkrétne plnenie pre konkrétneho zákazníka, ktorý za to vopred zaplatil. Pri poukaze nie je známa osoba, niekedy ani samotné plnenie vzťahujúce sa na poukaz a tak vopred nevieme určiť osobu, ktorá si daný poukaz kúpi, resp. pri viacúčelovom poukaze nemusí byť vopred známy dodávateľ tovaru alebo služby. Rovnako s vystavením potvrdenia o zaplatení vopred sa nespája povinnosť prijať ho ako protihodnotu za dodanie tovaru alebo služby, ako pri poukaze. Dôležité je preto rozlišovať čo je predmetom právneho vzťahu, či sa jedná o predaj poukazu alebo o predaj tovaru alebo služby, za ktoré je zaplatené vopred.

Prehľadne spracované rozlišovacie prvky pri poukaze versus potvrdenie o zaplatení vopred je uvedené v nasledujúcej tabuľke.

Tab. 2: Poukaz versus potvrdenie o platbe vopred - rozlišovacie prvky

Názov nástroja	Vznik daňovej povinnosti	Zmluvné strany
<b>Poukaz</b>	Predaj / výmena poukazu	Známa 1 strana - dodávateľ
<b>Potvrdenie o platbe vopred</b>	Prijatím platby	Obe strany známe

Zdroj: Vlastné spracovanie

### Prípadová štúdia č. 3

Ak naviažeme na prípadovú štúdiu č. 1, kde sieť wellnes hotelov ponúka prostredníctvom cestovnej kancelárie poukazy v hodnote 200 eur vrátane DPH s termínom na pobytový balík služieb, ktorý je viazaný na konkrétny dopredu známy termín pobytu, alebo poskytuje aj poukaz otvorený, ktorý nie je viazaný na konkrétny termín a je potrebné ho dohodnúť s poskytovateľom služieb - wellnes hotelom, je nutné odlišiť z hľadiska nových pravidiel posúdenie úhrady „za poukaz“ ako platby prijatej pred dodaním služby podľa § 65 ods. 4 zákona o DPH od predaja poukazu podľa § 9a ods. 1 zákona o DPH. Pri poskytnutí pobytového balíka služieb nie je rozhodujúce, či je vopred známy termín pobytu alebo nie je, pretože ak ide o záväznú rezerváciu pre konkrétneho zákazníka, ide o právny vzťah, ktorým vzniká ubytovaciemu zariadeniu záväzok poskytnúť tomuto zákazníkovi ubytovanie, príp. ďalšie služby. Predmetom tohto vzťahu **nie je kúpa poukazu**. Ak bolo zaplatené za balík

služieb pred poskytnutím služieb a zákazník obdržal pred odchodom na pobyt tzv. voucher, ktorým je **potvrdené zaplatenie pobytu** v konkrétnom hoteli, ide o potvrdenie o platbe. Z tohto titulu vzniká cestovnej kancelárii daňová povinnosť v zmysle § 65 ods. 4 zákona o DPH.

### 3 Uplatňovanie DPH pri prevode jednoúčelových poukazov a ich účtovné zobrazenie

Tak ako bolo uvedené, pri jednoúčelovom poukaze už v čase jeho vystavenia musí byť známe miesto dodania tovaru alebo služby a rovnako vieme vopred určiť DPH vzťahujúcu sa na konkrétny tovar alebo službu, respektíve že konkrétny tovar alebo služba je od DPH oslobodená. Skutočnosť, že na jednoúčelovom poukaze má byť známa splatná DPH, znamená, že má byť známa sadzba DPH, ktorá prislúcha tovarom a službám, ktoré majú byť na základe poukazu dodané. Vznik daňovej povinnosti závisí práve od informácií uvedených na jednoúčelovom poukaze alebo v súvisiacej dokumentácii. Je preto dôležité, aby tieto informácie boli nemenné a jednoznačné od prvého momentu.

Ustanovenie § 9a ods. 2 zákona o DPH upravuje, že „*každý prevod jednoúčelového poukazu uskutočnený zdaniteľnou osobou, ktorá koná vo vlastnom mene, sa považuje za dodanie tovaru alebo dodanie služby, na ktoré sa poukaz vzťahuje.*“ Následné skutočné odovzdanie tovaru alebo skutočné dodanie služby za jednoúčelový poukaz, ktorý dodávateľ tovaru alebo dodávateľ služby prijme ako protihodnotu alebo jej časť, sa nepovažuje za samostatnú transakciu. To znamená, že je stanovená **fikcia, že každý prevod jednoúčelového poukazu uskutočnený zdaniteľnou osobou konajúcou vo svojom mene sa považuje za dodanie** tovaru alebo dodanie služby, na ktorú sa poukaz vzťahuje.

Na druhej strane **skutočné odovzdanie** tovaru alebo dodanie služby **výmenou za jednoúčelový poukaz už nepredstavuje samostatnú transakciu na účely uplatňovania dane**. DPH je odvádzaná z jednotlivých prevodov jednoúčelového poukazu, ktorými sa prevádzalo právo k tovaru alebo službám, a tie spolu s podkladovou transakciou predstavujú jediné plnenie.

V praxi môžu nastať štyri základné scenáre uplatňovania DPH pri prevode jednoúčelových poukazoch:

1. Vystavenie a prevod jednoúčelového poukazu zdaniteľnou osobou, ktorá je zároveň dodávateľom tovaru alebo služby konečným zákazníkom. Existuje tu vzťah vystaviteľ = dodávateľ, t.j.  $V=D$ ;
2. Vystavenie a prevod jednoúčelového poukazu z vystaviteľa, ktorý je zároveň dodávateľom na inú zdaniteľnú osobu - sprostredkovateľa ( $S_m$ ), ktorá koná vo svojom mene a na svoj účet. Táto transakcia predstavuje vzťah  $V=D \iff S_m$ ;
3. Vystavenie a prevod jednoúčelového poukazu z vystaviteľa, ktorý je zároveň dodávateľom na inú zdaniteľnú osobu - sprostredkovateľa ( $S_i$ ), ktorá koná v mene inej zdaniteľnej osoby, čo predstavuje vzťah  $V=D \iff S_i$ ;
4. Prevod jednoúčelového poukazu zdaniteľnou osobou, ak vystaviteľ poukazu nie je dodávateľom tovaru alebo služby predstavuje vzťah  $V \neq D$ . Tento prevod môže byť uskutočnený prostredníctvom sprostredkovateľa alebo bez.

#### 3.1 Uplatňovanie DPH pri prevode jednoúčelového poukazu vo vzťahu $V=D$ a ich účtovné zobrazenie

Vychádzajúc už z vyššie uvedeného § 9 ods. 2 zákona o DPH je nutné sledovať **každý prevod** jednoúčelového poukazu zdaniteľnou osobou, ktorá koná vo svojom mene. V skutočnosti síce nedochádza ku skutočnému odovzdaniu tovaru alebo poskytnutiu služby, ale pre účely DPH sa prevod jednoúčelového poukazu vrátane vystavenia takéhoto poukazu za dodanie tovaru alebo služby považuje. Dodanie tovaru alebo služby výmenou za poukaz, ktorý prijme dodávateľ ako protihodnotu nepredstavuje samostatnú transakciu, ktorá by podliehala

DPH. Daňová povinnosť z titulu DPH vzniká dodávateľovi, ktorý jednoúčelový poukaz vystavil a uskutočnil aj jeho prevod.

Účtovanie poukazov nie je v slovenskej účtovnej legislatíve jednoznačné, avšak existuje tu snaha o stanovenie určitého rámca pre účtovanie poukazov. V januári 2021 vydalo Finančné riaditeľstvo Slovenskej republiky pod číslom 1/Ú/2021/IM Informáciu k účtovaniu poukazov v podvojnóm účtovníctve (ďalej len "Informácia 2021"), ktorá poskytuje určitý rámec pre účtovanie poukazov pri rôznych situáciách súvisiacich s ich vystavením a prevodom. V súvislosti s tým, odporúča účtovným jednotkám vypracovať internú smernicu k účtovaniu poukazov, aby sa dodržiavali rovnaké pravidlá pre konkrétne druhy poukazov počas účtovného obdobia a zároveň navrhuje viesť dôslednú podsúvahovú a analytickú evidenciu k poukazom.

V rámci prípadových štúdií budú u vystaviteľa poukazov použité podsúvahové účty a to:

- 751 - Jednoúčelové poukazy
- 799 - Zúčtovací účet podsúvahovej evidencie.

#### Prípadová štúdia č. 4

Spoločnosť VÍNKO, ktorá je dodávateľom vína (ale nie samotným výrobcom vína), vystavila 10 ks jednoúčelových poukazov v menovitej hodnote 60 eur/1ks, z čoho základ dane (ZD) je 50 eur + DPH 10 eur. Poukaz je možné uplatniť do konca roka na nákup vína. Zákazníci si kúpili všetkých 10 ks poukazov, ktoré aj využili pri kúpe vína v plnej výške. Spoločnosť účtuje o zásobách spôsobom A.

V nasledujúcej tabuľke č. 3 je znázornené účtovanie jednoúčelového poukazu, u vystaviteľa poukazu, ktorý je zároveň dodávateľom vína, od momentu jeho vydania až po jeho uplatnenie zákazníkmi.

Tab. 3: Účtovanie predaja jednoúčelových poukazov u vystaviteľa, kde  $V=D$

P. č.	Doklad	Účtovný prípad	Suma v eur	Má dat'	Dal
1.	IÚD	Vydanie 10 kusov poukazov na nákup vína	600,00	751	799
2.	IÚD	Predaj všetkých poukazov			
		a) základ dane	500,00	-	324
		b) 20% DPH	100,00	-	343
		c) hodnota poukazov	600,00	315	-
3.	IÚD	Úbytok predaných poukazov	600,00	799	751
4.	VBÚ	Prijatie peňažných prostriedkov za predané poukazy	600,00	221	315
5.	IÚD	Uplatnenie poukazov	500,00	315	604
6.	IÚD	Zúčtovanie prevedených poukazov	500,00	324	315
7.	VÝD	Úbytok vína z predajne v obstarávacej cene	320,00	504	132

Zdroj: Vlastné spracovanie

Poukaz je vystavený na nákup vína, pri ktorom vopred poznáme sadzbu DPH aj miesto dodania, ide teda o jednoúčelový poukaz. Spoločnosť VÍNKO vznikla z titulu predaja (prevodu) poukazov povinnosť odvieť DPH do štátneho rozpočtu vo výške 100 eur. Pri uplatnení jednoúčelových poukazov už nevzniká žiadna daňová povinnosť z titulu DPH, pretože pre účely DPH sa už **prevod** jednoúčelového poukazu vrátane vystavenia takéhoto

poukazu považuje za dodanie tovaru alebo služby a nie až samotné uplatnenie jednoúčelových poukazov.

### 3.2 Uplatňovanie DPH pri prevode jednoúčelového poukazu vo vzťahu $V=D \Leftrightarrow Sm$ a ich účtovné zobrazenie

Podmienky pri uplatňovaní DPH vychádzajú v tomto prípade z rovnakého § 9 ods. 2 zákona o DPH, kde je dôležité uviesť, že zdaneniu daňou z pridanej hodnoty podlieha **každý prevod** jednoúčelového poukazu zdaniteľnou osobou, ktorá koná **vo svojom mene a na svoj účet**. To znamená, že ak vystaviteľ poukazov (ktorý je zároveň dodávateľom) predá jednoúčelový poukaz inej zdaniteľnej osobe - sprostredkovateľovi, ktorý bude ďalej predávať poukazy vo svojom vlastnom mene a na svoj účet (Sm), má aj sprostredkovateľ v tomto reťazci povinnosť odvieť DPH pri prevode.

#### Prípadová štúdia č. 5

V tejto prípadovej štúdií budeme nadväzovať na prípadovú štúdiu č. 4, kde spoločnosť VÍNKO vystavila 10 ks jednoúčelových poukazov v menovitej hodnote 60 eur/1ks, ktoré ďalej predala spoločnosti DELIVERY (zaoberajúcej sa sprostredkovateľskými službami vo svojom vlastnom mene a konajúcej na vlastný účet) za 50 eur/1ks (ZD 41,67 eur + DPH 8,33 eur). Zákazníci si kúpili všetkých 10 ks poukazov, ktoré aj využili pri kúpe vína v plnej výške.

Tab. 4: Účtovanie predaja jednoúčelových poukazov u vystaviteľa, kde  $V=D \Leftrightarrow Sm$

P. č.	Doklad	Účtovný prípad	Suma v eur	Má dať	Dal
1.	IÚD	Vydanie 10 kusov poukazov na nákup vína	600,00	751	799
2.	VFA	Predaj 10 ks poukazov sprostredkovateľovi Sm			
		a) základ dane	416,67	-	324
		b) 20% DPH	83,33	-	343
		c) hodnota poukazov	500,00	315	-
3.	IÚD	Úbytok predaných poukazov	600,00	799	751
4.	VBÚ	Prijatie peňažných prostriedkov za predané poukazy	500,00	221	315
5.	IÚD	Uplatnenie poukazov	416,67	315	604
6.	IÚD	Zúčtovanie prevedených poukazov	416,67	324	315
7.	VÝD	Úbytok vína z predajne v obstarávacej cene	320,00	504	132

Zdroj: Vlastné spracovanie

V nasledujúcej tabuľke č. 5 je znázornené účtovanie predaja jednoúčelových poukazov na nákup vína u spoločnosti DELIVERY - sprostredkovateľa, ktorý koná vo svojom vlastnom mene a na svoj účet. Kúpa jednoúčelových poukazov bude podľa Informácie 2021 pre neho predstavovať tovar, ktorý kúpi a následne predá ďalej svojim konečným zákazníkom.

Tab. 5: Účtovanie predaja jednoúčelových poukazov u sprostredkovateľa, kde  $V=D \Leftrightarrow S_m$ 

P. č.	Doklad	Účtovný prípad	Suma v eur	Má dať	Dal
1.	PFA	Kúpa 10 poukazov od spoločnosti VÍNKO a) základ dane b) 20% DPH c) hodnota poukazov	416,67 83,33 500,00	132 343 -	- - 321
2.	VBÚ	Úhrada faktúry	500,00	321	221
3.	IÚD	Predaj 10 ks poukazov zákazníkom a) základ dane b) 20% DPH c) hodnota poukazov	500,00 100,00 600,00	- - 315	604 343 -
4.	VBÚ	Prijatie peňažných prostriedkov za predané poukazy	600,00	221	315
5.	IÚD	Úbytok poukazov u sprostredkovateľa	416,67	504	132

Zdroj: Vlastné spracovanie

Daňová povinnosť k DPH vzniká v tomto prípade aj vystavovateľovi jednoúčelových poukazov aj sprostredkovateľovi, ktorý koná vo svojom mene a na vlastný účet, pretože obaja predávajú dané poukazy a podľa § 9 ods. 2 zákona o DPH je povinnosť odvieť DPH pri každom prevode. Ako vidieť dochádza ku fikcii dodania tovaru alebo služby pri prevode poukazov. Následné skutočné odovzdanie tovaru alebo poskytnutie služby za jednoúčelový poukaz sa nepovažuje už za transakciu podliehajúcu DPH. Sprostredkovateľ má však nárok na odpočítanie DPH pri kúpe týchto jednoúčelových poukazov, preto jeho daňová povinnosť je 16,67 eur.

### 3.3 Uplatňovanie DPH pri prevode jednoúčelového poukazu vo vzťahu $V=D \Leftrightarrow S_i$ a ich účtovné zobrazenie

Ustanovenie § 9a ods. 3 zákona o DPH upravuje, že "ak prevod jednoúčelového poukazu vykoná zdaniteľná osoba, ktorá pri tomto prevode koná v mene inej zdaniteľnej osoby, tento prevod sa považuje za dodanie tovaru alebo služby, na ktoré sa poukaz vzťahuje, uskutočnené touto inou zdaniteľnou osobou, v mene ktorej zdaniteľná osoba pri prevode koná." V takomto prípade ide o sprostredkovanie predaja jednoúčelového poukazu. Sprostredkovateľovi, ktorý **koná v mene inej zdaniteľnej osoby**, vzniká daňová povinnosť k DPH zo služby sprostredkovania a nie z dodania tovaru alebo služby, na ktoré sa jednoúčelový poukaz vzťahuje.

#### Prípadová štúdia č. 6

Opäť budeme nadväzovať na prípadovú štúdiu č. 4, kde spoločnosť VÍNKO vystavila 10 ks jednoúčelových poukazov v menovitej hodnote 60 eur/1ks. VÍNKO poverí predajom poukazov sprostredkovateľa na základe zmluvy, v rámci ktorej si dohodli 10 % províziu z hodnoty predaných poukazov. Sprostredkovateľ bude predaj poukazov uskutočňovať **v mene a na účet spoločnosti** zaoberajúcej sa predajom vína. Zinkasovanú sumu za predané poukazy sprostredkovateľ prevedie na bežný účet spoločnosti VÍNKO, ktorá uhradí províziu za sprostredkovanie predaja poukazov na účet sprostredkovateľa.

Tab. 6: Účtovanie predaja jednoúčelových poukazov u vystaviteľa, kde  $V=D \rightleftharpoons Si$ 

P. č.	Doklad	Účtovný prípad	Suma v eur	Má dat'	Dal
1.	IÚD	Vystavenie 10 kusov poukazov na nákup vína	600,00	751	799
2.	IÚD	Odovzdanie 10 ks vystavených poukazov sprostredkovateľovi	600,00	799	751
3.	VBÚ	Sprostredkovateľ predal všetkých 10 ks poukazov a poukázal ich na účet	600,00	221	324
4.	IUD	Povinnosť odvieť DPH z predaných 10 ks poukazov prostredníctvom sprostredkovateľa Si	500,00	-	324
		a) základ dane	100,00	-	343
		b) 20% DPH	600,00	315	-
		c) hodnota poukazov			
5.	IUD	Zúčtovanie prijatých peňazí	600,00	324	315
6.	IÚD	Uplatnenie poukazov	500,00	324	604
7.	VÝD	Úbytok vína z predajne v obstarávacej cene	350,00	504	132
8.	PFA	Prijatá faktúra za sprostredkovanie predaja			
		a) základ dane	50,00	518	-
		b) 20% DPH	10,00	343	-
		c) spolu za sprostredkovanie	60,00	-	321
9.	VBÚ	Úhrada faktúry sprostredkovateľovi	60,00	321	221

Zdroj: Vlastné spracovanie

Predajom jednoúčelových poukazov prostredníctvom sprostredkovateľa vzniká daňová povinnosť z titulu DPH spoločnosti VÍNKO zaoberajúcej sa predajom vína, pričom nezáleží na tom, že predaj uskutočnil sprostredkovateľ, pretože konal v mene a na účet spoločnosti. Spoločnosti vznikla DPH vo výške 100 eur a zároveň si nárokuje na DPH z provízie za predaj poukazov prostredníctvom sprostredkovateľa Si v sume 10 eur. Pri uplatnení samotných poukazov zákazníkmi už nevzniká žiadna daňová povinnosť z pohľadu DPH.

Tab. 7: Účtovanie predaja jednoúčelových poukazov u sprostredkovateľa, kde  $V=D \Leftrightarrow Si$ 

P. č.	Doklad	Účtovný prípad	Suma v eur	Má dať	Dal
1.	IÚD	Príjem 10 kusov poukazov na nákup vína	600,00	751	791
2.	IÚD	Odovzdanie 10 ks vystavených poukazov zákazníkom	600,00	799	751
3.	VBÚ	Prijaté platby za predané poukazy	600,00	221	324
4.	VBÚ	Prevod peňazí za predaj 10 ks poukazov na účet VÍNKA	600,00	324	221
5.	VFA	Vystavená faktúra za sprostredkovanie predaja	50,00	-	602
		a) základ dane	10,00	-	343
		b) 20% DPH	60,00	311	-
		c) spolu za sprostredkovanie			
6.	VBÚ	Inkaso faktúry	60,00	221	311

Zdroj: Vlastné spracovanie

Pri predaji jednoúčelových poukazov nevzniká sprostredkovateľovi žiadna daňová povinnosť z titulu DPH, nakoľko koná v mene a na účet inej zdaniteľnej osoby - spoločnosti VÍNKO. Sprostredkovateľovi vzniká povinnosť odvieť DPH iba za sprostredkovateľské služby na základe vopred dohodnutej provízie z predaja poukazov v sume 10 eur.

### 3.4 Uplatňovanie DPH pri prevode jednoúčelového poukazu vo vzťahu $V \neq D$ prostredníctvom sprostredkovateľa $Sm$ a ich účtovné zobrazenie

Ustanovenie § 9a ods. 4 zákona o DPH upravuje, že "ak dodávateľ tovaru alebo služby nie je zdaniteľnou osobou, ktorá vo vlastnom mene vystavila jednoúčelový poukaz, má sa za to, že tento dodávateľ dodal tovar alebo službu, na ktoré sa poukaz vzťahuje, tejto zdaniteľnej osobe." V týchto prípadoch podľa dohody medzi vystaviteľom jednoúčelového poukazu a dodávateľom tovaru alebo služby platí, že ak osoba vymení poukaz vystavený vystaviteľom dodávateľovi tovaru alebo služby za plnenie deklarované na poukaze, vystaviteľ akoby prijal deklarované plnenie a poskytne dodávateľovi dohodnutú protihodnotu.

#### Prípadová štúdia č. 7

Opäť vychádzame z prípadovej štúdie č. 4, avšak do reťazca vstupuje spoločnosť PRINTI, ktorá na základe zmluvného vzťahu so spoločnosťou VÍNKO vystavila 10 ks poukazov v menovitej hodnote 60 eur/1ks vrátane DPH. PRINTI predala tieto vystavené jednoúčelové poukazy ďalej sprostredkovateľovi - spoločnosti DELIVERY za 50 eur/1ks. Zákazníci si kúpili všetkých 10 ks poukazov, ktoré aj využili pri kúpe vína v plnej výške.



Tab. 8: Účtovanie predaja jednoúčelových poukazov u vystaviteľa, kde  $V \neq D \Rightarrow Sm$ 

P. č.	Doklad	Účtovný prípad	Suma v eur	Má dať	Dal
1.	IÚD	Vystavenie 10 kusov poukazov na nákup vína	600,00	751	799
2.	VFA	Faktúra za vystavenie poukazov sprostredkovateľovi a) suma bez DPH b) 20% DPH c) spolu	416,67 83,33 500,00	- - 311	604 343 -
3.	IÚD	Odovzdanie 10 ks vystavených poukazov sprostredkovateľovi	600,00	799	751
4.	VBÚ	Inkaso faktúry za vystavenie poukazov	500,00	221	311
5.	PFA	Prijatá faktúra za uplatnené poukazy* a) suma bez DPH b) 20% DPH c) spolu	333,33 66,67 400,00	504 343 -	- - 321
6.	VBÚ	Úhrada faktúry za uplatnené poukazy	400,00	321	221

Zdroj: Vlastné spracovanie

Vystaviteľovi vznikla daňová povinnosť k DPH z titulu predaja poukazov sprostredkovateľovi vo výške 83,33 eur. Náklad súvisiaci s výdajom poukážok nastáva fiktívne na základe faktúry od spoločnosti VÍNKO, ktorá je dodávateľom tovaru.

\*Spoločnosť PRINTI má nárok na odpočet DPH pri výmene poukazov zákazníkmi, avšak nie vo vzťahu k zákazníkovi alebo vo vzťahu k dodávateľovi. Spoločnosť VÍNKO vznikla povinnosť odvieť DPH z titulu uplatnenia poukazu, ktorý vydala iná osoba ako dodávateľ tovaru, nakoľko zákonom o DPH je **zavedená fikcia**, že dodávateľ dodal tovar vystaviteľovi poukazu. Protihodnota je určená dohodou tak aby každá zo zúčastnených strán profitovala, napríklad 400 eur (ZD 333,33 eur + DPH 66,67 eur). Dodávateľ tovaru vyhotoví pre vystaviteľa poukazu faktúru v zmysle zákona o DPH.

Tab. 9: Účtovanie predaja jednoúčelových poukazov u sprostredkovateľa, kde  $V \neq D \Rightarrow Sm$ 

P. č.	Doklad	Účtovný prípad	Suma v eur	Má dat'	Dal
1.	PFA	Kúpa 10 ks poukazov od spoločnosti PRINTI a) základ dane b) 20% DPH c) hodnota poukazov	416,67 83,33 500,00	132 343 -	- - 321
2.	VBÚ	Úhrada faktúry	500,00	321	221
3.	IÚD	Predaj 10 ks poukazov zákazníkom a) základ dane b) 20% DPH c) hodnota poukazov	500,00 100,00 600,00	- - 315	604 343 -
4.	VBÚ	Prijatie peňažných prostriedkov za predané poukazy	600,00	221	315
5.	IÚD	Úbytok poukazov	416,67	504	132

Zdroj: Vlastné spracovanie

Sprostredkovateľovi - spoločnosti DELIVERY, ktorý koná **vo vlastnom mene**, vznikla daňová povinnosť k DPH z titulu predaja poukazov zákazníkom, pretože každý prevod jednoúčelového poukazu sa považuje za dodanie tovaru alebo služby, ak sa koná vo vlastnom mene. Aj v tomto prípade hovoríme o zavedenej fikcii dodania tovaru a služby, pretože v skutočnosti nedochádza zo strany spoločnosti DELIVERY o dodanie tovaru. Sprostredkovateľovi vznikla DPH vo výške 100 eur ale zároveň má nárok na odpočet DPH z titulu prijatej faktúry za nakúpené poukazy vo výške 83,33 eur. Do štátneho rozpočtu odvedie DPH vo výške 16,67 eur.

Tab. 10: Účtovanie predaja jednoúčelových poukazov u dodávateľa, kde  $V \neq D \Rightarrow Sm$ 

P. č.	Doklad	Účtovný prípad	Suma v eur	Má dat'	Dal
1.	VFA	Faktúra za uplatnené poukazy a) suma bez DPH b) DPH c) spolu	333,33 66,67 400,00	- - 311	604 343 -
2.	VBÚ	Inkaso faktúry za vystavenie poukazov	400,00	221	311
3.	VÝD	Úbytok vína z predajne v obstarávacej cene	320,00	504	132

Zdroj: Vlastné spracovanie

Spoločnosti VÍNKO, ktorá je dodávateľom tovaru vzniká povinnosť odviest' DPH z titulu uplatnenia poukazov, ktoré vydala iná osoba v našom prípade spoločnosť PRINTI. Zákon o DPH uvádza, že pri uplatnení poukazov zákazníkmi to považujeme ako keby dodávateľ tovaru alebo služby dodal vystaviteľovi poukazu tovar alebo službu vzťahujúcu sa na poukaz. Ak by zákon o DPH nezaviedol fikciu dodania tovaru alebo služby tak spoločnosti VÍNKO by nevznikla žiadna daňová povinnosť k DPH, pretože daňová povinnosť pri jednoúčelových poukazoch vzniká pri ich prevode a nie pri ich uplatnení. Dodávateľovi na základe zavedenej fikcie dodania tovaru vznikla daňová povinnosť k DPH z titulu uplatnenia poukazov zákazníkmi vo výške 66,67 eur.

#### 4 Záver

Na základe informácií o jednoúčelových poukazoch a praktických prípadových štúdií, ktoré sú uvedené v tomto príspevku dochádzame k záveru, že pre správne zdanenie poukazov platnou DPH je dôležité rozlišovať či vystaviteľ poukazu je zároveň aj dodávateľom tovaru alebo služby vzťahujúcej sa na poukaz alebo ide o dve rozličné osoby. V prípade ak je predajom poverený sprostredkovateľ, je potrebné posúdiť či predaj poukazov uskutočňuje sprostredkovateľ, ktorý koná vo vlastnom mene alebo koná v mene a na účet inej osoby. Okrem týchto faktorov vznik daňovej povinnosti k DPH závisí od druhu poukazov, a to, či ide o jednoúčelové alebo viacúčelové poukazy. Uplatňovanie DPH pri predaji jednoúčelových poukazov je oproti viacúčelovým poukazom zložitejšie. Dôvodom sú nové pravidlá zákona o DPH, ktoré v doplnenom § 9a uvádzajú zavedenie fikcie dodania tovaru alebo služby, aby sa zabránilo kráteniu DPH. Na základe riešených prípadových štúdií možno vidieť, že zavedenie tejto fikcie zabezpečilo aby každý zo zúčastnených strán odviezol do štátneho rozpočtu DPH zo svojej poskytnutej služby alebo dodania tovaru.

**Príspevok bol spracovaný ako jeden z výstupov riešenia projektu VEGA č. 1/0517/20 *Virtuálne kryptosiete ako relevantný nástroj na elimináciu ekonomickej kriminality.***

#### Literatúra

- [1] Juhászová, Z., Markovič, P., Mokošová, D. (2014) Fair value and its importance for financial decision-making. Registrovaný: Web of Science. IFRS: global rules & local use. International scientific conference. IFRS: global rules & local use : proceedings of the 2nd International scientific conference, Prague, october 10, 2014. Prague: AngloAmerican University, 2014, 64-69.
- [2] Kubaščíková, Z., Pakšiová, R. (2015). Impact of accounting standards on the results of financial analysis. Registrovaný: Web of Science. IFRS: global rules & local use. International scientific conference. IFRS: global rules & local use : proceedings of the 3rd international scientific conference : Prague, october 8–9, 2015 : Anglo-American University, Prague - Czech Republic. Prague : Anglo-American University, 2015, 150-155.
- [3] Informácia k účtovaniu poukazov v podvojnóm účtovníctve 1/Ú/2021/IM vydaná Ministerstvom financií SR.
- [4] Máziková, K. a kol. (2019) Účtovníctvo podnikateľských subjektov I. Druhé, aktualizované a prepracované vydanie (učebnica). Bratislava : Wolters Kluwer.
- [5] Metodický pokyn k uplatňovaniu dane z pridanej hodnoty v prípade dodania tovaru a služby pri použití poukazu podľa § 9a zákona č. 222/2004 Z. z. o dani z pridanej hodnoty v znení neskorších predpisov.
- [6] Opatrenie Ministerstva financií č. 23 054/2002-92, ktorým sa ustanovujú podrobnosti o postupoch účtovania a rámcovej účtovej osnove pre podnikateľov účtujúcich v sústave podvojného účtovníctva v znení neskorších predpisov.
- [7] Smernica Rady (EÚ) 2016/1065 z 27. júna 2016, ktorou sa mení smernica 2006/112/ES, pokiaľ ide o zaobchádzanie s poukazmi.
- [8] Zákon NR SR č. 289/2008 Z. z. o používaní elektronickej registračnej pokladnice a o zmene a doplnení zákona Slovenskej národnej rady č. 511/1992 Zb. o správe daní a poplatkov a o zmenách v sústave územných finančných orgánov v znení neskorších predpisov.
- [9] Zákona č. 222/2004 Z. z. o dani z pridanej hodnoty v znení neskorších predpisov.
- [10] Zákon č. 431/2002 Z. z. o účtovníctve v znení neskorších predpisov.

---

## Vývoj a modely edukatívnych robotov

Mária Szivósová<sup>1</sup>

### Abstrakt

Technológie sa v súčasnosti stávajú čoraz sofistikovanejšie, čo má za následok nové možnosti učenia sa. Najlepší možný spôsob učenia je učenie sa hrou. V príspevku sa zameriavame na vybrané modely edukatívnych robotov a ich možností vo výučbe. Edukatívne roboty neslúžia len pre nadšencov, ktorí sa chcú dozvedieť viac o programovaní, robotike a umelej inteligencii, ale ponúka skvelý priestor aj pre študentov.

### Kľúčové slová

edukatívne roboty, vývoj edukatívnych robotov, modely edukatívnych robotov, COVID-19, pandémia

### Abstract

Technologies are becoming increasingly sophisticated today, resulting in new learning opportunities. The best possible way of learning is learning through play. In the article we focus on selected models of educational robots and their possibilities in teaching. Educational robots not only serve enthusiasts who want to learn more about programming, robotics and artificial intelligence, but also offer a great space for students.

### Key words

educational robots, development of educational robots, educational robots models, Covid-19, pandemic

### JEL classification

I 20

## 1 Úvod

V minulosti bolo slovo robot spojené najmä so žánrom science-fiction, keďže bolo pre bežného človeka nepredstaviteľné, predstaviť si niečo také, ako súčasť svojho života. No v dnešnej dobe pandémie ochorenia COVID-19 spôsobovaného vírusom SARS-CoV-2, ktorá určuje spôsob života na celom svete, môžeme vidieť, že roboty sa čím ďalej tým viac stávajú zaužívanými, či už v podnikoch, pri procese výroby, v domácnosti, pri bežnom upratovaní (vysávače Roomba), v doprave, kde sú využívané samo jazdiace autá, alebo pri vzdelávaní, pri ktorom napomáhajú edukatívne roboty.

Edukatívne roboty poskytujú deťom v materských a základných školách, no i študentom stredných a vysokých škôl prijateľné podmienky na vzdelávanie sa v oblasti robotiky a programovania. Manipulácia s edukatívnymi robotmi je jednoduchá a hravá, takže to je pre deti oveľa pochopiteľnejšie ako učenie sa formou len teórie. Škála využívania edukatívnych robotov je rozsiahla a sú využívané v školách i mimo nich. V posledných dvoch desaťročiach sa začali roboty čím ďalej, tým viac používať vo vzdelávacom systéme. Aj keď vedci zdôraznili učebný potenciál robotiky, pomalé tempo ich zavádzania je čiastočne odôvodnené nákladmi na súpravy a rôznymi prioritami škôl v prístupe k technológiám. Nedávno sa znížili náklady na súpravy, zatiaľ čo sa zvýšilo ich vybavenie a dostupnosť podporného hardvéru a softvéru. Môžeme konštatovať, že roboty sú viac dostupné ako v minulosti.

---

<sup>1</sup> Ekonomická univerzita v Bratislave, Fakulta hospodárskej informatiky, Katedra aplikovanej informatiky, Dolnozemska cesta 1, 852 35 Bratislava, maria.szivosova@euba.sk.

## 2 Vývoj edukatívnych robotov

Predchodcovia robotov, ktorými sú samoobslužné stroje alebo automaty, sa objavujú už pred 3 500 rokmi. Patria k nim napríklad vodné hodiny. Za vznik moderných samoobslužných strojov môže francúzsky vynálezca Jacques de Vaucanson, ktorý v polovici 18. storočia vytvoril „canard mécanique“ (mechanickú kačicu). Vaucansonova kačica a ďalšie mechanické humanoidné vynálezy podnietili vývoj generácie podobných automatov. Zatiaľ čo týmto prvotným mechanickým vynálezom zjavne chýbali kľúčové zložky paradigmy a to cítenie-myslenie-konanie, predsa predstavovali túžbu a vývoj strojových umelých organizmov. William Gray Walter pravdepodobne vyvinul prvého robota schopného paradigmy vycíť-mysli-konaj v roku 1948. Walter vyvinul malých robotov, ktorých nazýval korytnačky, ktoré disponovali schopnosťou reagovať na svetlo. Medzi komponenty týchto korytnačiek patria elektromotory, snímač nárazov a hlavne dve vákuové trubice používané ako spínacie prvky, ktoré robotovi dávali schopnosť reagovať na údaje snímača svetiel (Barker, 2012).

V 60. až 80. rokoch výskumníci sa zamerali nielen na roboty, ktoré pomáhali pri práci v továrňach, ale aj mimo nich. Robili ich mobilnými. V súvislosti s tým sa do popredia dostáva umelá inteligencia (AI). Roboty ako Shakey z laboratória Stanford Research Institute Artificial Intelligence Lab (SAIL) a Stanford CART sa pri dosiahnutí mobility vo veľkej miere spoliehali na počítačové programovanie. V polovici 80. rokov začali vedci vrátane Rodneyho Brooksa, zakladateľa iRobot, skúmať robotiku založenú na správaní (BBR), ktorá sa menej spoliehala na predprogramovaný výpočtový počítačový model a viac na snímače, ktoré by mohli priamo prenášať informácie motorom alebo akčným členom. Model BBR nám poskytuje modernú definíciu robota pomocou paradigmy cítenia-myslenia-konania.

Koncom 60. rokov začal Seymour Papert z laboratória umelej inteligencie MIT skúmať možnosť použitia robotickej korytnačky pripojenej k počítaču na výučbu programovania u detí. Jeho práca na MIT viedla k vývoju malých programovateľných „tehličiek“, ktoré obsahovali procesor, vstupy pre snímače a výstupy pre chod motorov. Okrem toho Papert a laboratórium MIT vytvorili programovateľné stavebné bloky Logo. V roku 1998 spoločnosť LEGO vydala svoju robotickú súpravu RCX Mindstorm a programovací kód RCX na použitie vo vzdelávaní. Aj keď bola stavebnica LEGO komerčne úspešná, nebol to prvý vzdelávací robot. (Barker, 2012)

Robot Hero-1, vyvinutý spoločnosťou Heathkit Educational Systems, bol prvým vzdelávacím robotom a bol predávaný ako súprava na začiatku 80. rokov. Dnes je k dispozícii mnoho ďalších robotických súprav a typy a rozmanitosť týchto súprav sa rýchlo rozširuje.

## 3 Edukatívna robotika

Edukatívna robotika má svoje korene v teórii konštrukcionizmu. Teória konštrukcionizmu sa stala realitou prostredníctvom Logo, počítačového programovacieho jazyka pre deti, ktorý sa stal základom pre vývoj programovateľnej tehly pre LEGO Mindstorms. Teóriu konštrukcionizmu vyvinul Seymour Papert, študent Jeana Piageta. Papert pri vývoji svojej konštrukčnej teórie vychádzal z Piagetovej konštruktivistickéj teórie. Teória konštruktivismu zdôrazňuje, že: „Znalosti nie sú komoditou, ktorá sa má prenášať. Nejde ani o informácie, ktoré sa majú doručiť z jedného konca, kódovať, uložiť a znova použiť na druhom konci. Namiesto toho sú vedomosti skúsenosťami v tom zmysle, že sa aktívne budujú a rekonštruujú prostredníctvom priamej interakcie s prostredím“ (Khine, 2017).

Deti si prostredníctvom aktívnej interakcie so svetom neustále budujú nové vedomosti, zatiaľ čo sa snažia ich pochopiť. Jednoduché alebo priame inštrukcie obsahujúce fakty a vedomosti si deti nezapamätajú, keďže si tieto vedomosti nevytvárajú samé. Odporúča sa, aby bolo budovanie vedomostí u detí podporované manipuláciou s objektmi ktoré im pomôžu myslieť. Piaget vysvetľuje, že učenie zahŕňa vytváranie nových znalostí z predchádzajúcich znalostí manipuláciou s objektmi a pozorovaním ich správania (Khine, 2017).

Edukatívna robotika, alebo robotika vo vzdelaní je fráza široko spojená s využívaním robotiky ako vzdelávacieho nástroja pri vyučovaní. Tento prístup sa úzko spája s konceptom tzv. gamifikácie vo vzdelávaní. Je to snaha o vnesenie hravých prvkov do výučby, ktoré pôsobia motivujúco a robia výučbový proces zábavnejším (Jurík, 2016). Populárny záujem o robotiku sa za ostatných niekoľko rokov ohromujúco zvýšil nielen v bežnej domácnosti, ale ešte viac vo vzdelávacej komunite. Robotická technológia, ktorá bola kedysi prístupná iba odborníkom a vedcom, je čoraz prístupnejšia pre učiteľov a študentov všetkých vekových skupín. Veľká ponuka materiálov, týkajúcich sa robotiky viedla k ich rýchlemu rozšíreniu v ročníkoch prvého stupňa základných škôl, hlavne pri mimoškolských aktivitách v robotike. Na vzdelávacích činnostiach v oblasti robotiky sa teraz zúčastňujú ešte oveľa mladší študenti ako v minulých rokoch. Študenti predškolského veku a deti v materských škôlkach teraz používajú robotické nástroje, ako sú KIBO od spoločnosti KinderLab Robotics, Dash and Dot od spoločnosti Wonder Workshop a BeeBot od spoločnosti Terrapin Software (Khine, 2017).

Cena robotických súprav bola v minulosti jedným z faktorov, ktoré bránili implementácii robotiky do učební. Cena robotických komponentov sa však v posledných rokoch stáva dostupnejšou. Arduino a Raspberry Pi sú ľahko použiteľné riadiace dosky / mikropočítače pre študentov druhého stupňa základných škôl a stredných škôl. Arduino UNO Rev 3, jedna zo sérií Arduino, stojí 25 dolárov. Nadácia Raspberry Pi predstavila na konci roka 2015 Raspberry Pi ZERO iba za 5 dolárov. Jeho najnovšia verzia, Raspberry Pi 3, je dostupná za 35 dolárov.

#### 4 Modely edukatívnych robotov

K dostupným modelom edukatívnych robotov patrí:

##### *Thymio II*

Thymio II je malý 10 centimetrový mobilný robot určený pre deti. École Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL) vyvinula svoju koncepciu v spolupráci s dizajnérmi z École Cantonal d'Arts de Lausanne (écal). Projekt využil výhody jednoduchej štruktúry Aseba, ktorú na EPFL vyvinul Dr. Stéphane Magnenat, spolu s Eidgenössische Technische Hochschule Zürich (ETH). Obe, Aseba aj Thymio II sú naďalej zdokonaľované, vďaka spoločnému úsiliu spoločností ETH, EPFL a Mobsya (združenie zodpovedné za výrobu a distribúciu produktu Thymio II). Robot má predprogramované správanie pre začiatočníkov a pokročilejší používatelia ho môžu programovať prostredníctvom jazyka Visual Programming Language (VPL) alebo bežnejšieho skriptovacieho jazyka.

Predprogramované správanie zahŕňa napríklad vyhýbanie sa prekážkam, nasledovanie čiar, reakcia na voľný pád alebo otrasy, atď. Okrem množiny predprogramovaných správání prevádzkuje Thymio aj Aseba Virtual Machine, ktorý dokáže prijímať kód používateľa. Aseba ponúka tri programovacie rozhrania: textové na priame zadávanie skriptov Aseba, rozhranie Blockly, kde je kód reprezentovaný grafickými blokmi, a VPL, vizuálny programovací jazyk, ktorý je prístupnejší pre začiatočníkov, a to aj pre tých, ktorí zatiaľ nedokážu čítať. VPL umožňuje používateľom programovať priradovaním kariet, ktoré predstavujú udalosti, ku kartám, predstavujúcim akcie, ktoré sa vykonávajú. Aj keď tento grafický jazyk poskytuje viac možností ako predprogramované správanie, v porovnaní so skriptovacím jazykom Aseba má stále obmedzenia. Vďaka jazyku Aseba môžu používatelia vykonávať aj pokročilejšie programovanie. Tento softvér je open-source a je k dispozícii pre rôzne platformy: Linux, Windows a Mac OS. Jedinečnou vlastnosťou týchto prostredí je vzájomné prepojenie. Vďaka tomu môže používateľ programovať s VPL a potom sledovať zodpovedajúci textový skript. (Riedo, 2013)

Na svojom povrchu a na kolesách má upevnenia, ktoré sú kompatibilné s LEGO, aby sa mohlo umožniť budovanie a rozvíjanie tvorivosti. Thymio má veľmi neutrálny vzhľad; celé biele a s veľmi čistým, ale funkčným tvarom, vďaka čomu je Thymio vysoko neutrálny z hľadiska pohlavia a veku.

Aby bolo programovanie zaujímavé, Thymio II má zabudovanú širokú škálu senzorov a akčných členov:

- infračervené snímače priblíženia, vpredu, vzadu a pod robotom,
- 3-osový akcelerometer,
- 5 kapacitných dotykových tlačidiel,
- infračervený prijímač na diaľkové ovládanie,
- mikrofón,
- slot na kartu micro-SD,
- teplotný senzor,
- dva motory na jednosmerný prúd,
- reproduktor,
- 39 LED diód umiestnených po celom robotovi.

Táto sada komponentov, aj keď je obmedzená, aby sa dodržala nízka cena, umožňuje mnoho zaujímavých experimentov. Tento robot sa v súčasnosti predáva za menej ako 100 CHF (približne 90 €). Hardvér Thymio II je otváraťelný, na povzbudenie používateľov, aby sa učili a skúmali, ako veci fungujú. Začalo ho používať niekoľko škôl v regióne EPFL a mnoho ľudí si ho získalo aj pre svoju osobnú potrebu. Do roku 2013 bolo vyrobených a predaných viac ako 2 000 kusov (Riedo, 2013).

*Obr. 1: Thymio II*



zdroj: <https://www.robot-advance.com/EN/art-thymio-1194.htm>

### *Lego Mindstorms EV3*

Lego Mindstorms je robotická súprava vytvorená spoločnosťou Lego pre deti vo veku nad 10 rokov. Je zameraná na to, aby si študenti osvojili programovanie, základný dizajn a robotické princípy. Roboty pripevnené k tehľám v sade sú programované pomocou Robotic Invention System-RIS, čo je vizuálny softvérový jazyk, alebo pomocou softvéru RoboLab, ktorý sa potom ovláda načítaním do LEGO RCX programovateľnej tehly pomocou kábla USB alebo infračerveného žiarenia. Tehla EV3 nahradila RCX od roku 2013. Táto tehla má štyri porty pre motor, jeden slot pre mikro SD kartu, USB slot a operačný systém Linux. Ďalej je v systéme viac tlačidiel, ktoré majú obrazovku LCD vo väčšej veľkosti a vyššom rozlíšení. V programovacích rozhraniach EV3 je viac programovacích nástrojov.

LEGO Mindstorms bola integrovaná do učebných osnov na mnohých vysokých školách po celom svete vrátane MIT, Brown University, University of Maryland, Tufts University, University of Aarhus v Dánsku, University of Utrecht v Holandsko, Trinity College v Dubline v Írsku a University of Manchester vo Veľkej Británii. Pre ročníky prvého stupňa je väčšina robotických aktivít mimo učebných plánov (t. j. súčasťou mimo školských aktivít a letných kempov) (Korkmaz, 2016).

Robotické systémy Lego pozostávajú z kociek Lego, programovacieho jazyka, mikroprocesora, koliesok a trecích prevodov. Logo navyše vyvinulo programovací jazyk, ktorý dokáže pracovať v spolupráci s Lego kockami. Vizuálny programovací jazyk založený na

systeme Lego sa za tie roky pretransformoval na RoboLab. Programovanie sa považovalo za nudnú a opakujúcu sa činnosť pre veľa ľudí z dôvodu nedostatku motivácie, nevhodných vyučovacích metód a nízkej interakcie, no vďaka používaniu vývojových diagramov namiesto písaného textu sa z neho stal ucelený a zábavný predmet. Preto sa senzory, motory, lego kocky a programovateľné kocky stali základom Lego Mindstorms (Chevalier et al., 2016).

Softvér Mindstorms EV3 bol vyvinutý spoločnosťou National Instruments, tvorcami vývojového prostredia LabVIEW. Jazyk EV3 je založený na svojom vlastnom programovacom jazyku vizuálneho toku údajov s názvom G. Spoločnosť National Instruments vyvinula aj programovací jazyk NXT-G pre predchádzajúcu generáciu LEGO Mindstorms NXT.

*Obr. 2: LEGO Mindstorms EV3*



Zdroj: lego.com , from <https://www.lego.com/en-us/product/lego-mindstorms-ev3-31313>

### *Dash & Dot*

Oproti predchádzajúcim modelom, Dash & Dot sú dva roboty a ich dizajn je viac zameraný na to, aby bol veľmi pekne vyzerajúcou hračkou pre deti vo veku od 5 do 15 rokov. Technicky majú tieto systémy obmedzenú sadu senzorov, ale vykazujú pôsobivé správanie a atraktívnym spôsobom kombinujú zvukové, pohybové a svetelné efekty. Na tablete sa môže dieťa pohrať s veľkou skupinou atraktívnych preddefinovaných spôsobov správania.

Roboty Dash and Dot, ktoré sú vyrábané spoločnosťou Wonder Workshop obsahujú mobilné aplikácie pre robota Dash a robota Dot. Existujú štyri druhy mobilných aplikácií dostupné pre týchto robotov: Go, Path, Blockly a Xylo. Go je mobilná aplikácia pre Android a iOS, ktorá interaguje s oboma robotmi, vďaka nej je možné voľne pohybovať robotom, meniť farbu LED robotov a prehrávať zvuk. Path je mobilná aplikácia pre iOS, ktorá funguje iba s robotom Dash. Dash sa pohybuje podľa nakreslených ciest na obrazovke. Xylo je mobilná aplikácia pre iOS, ktorá pracuje s robotom Dash a doplnkom Xylophone for Dash. Táto aplikácia slúži na zostavovanie jednoduchej hudby. Blockly je mobilná aplikácia založená na iOS, ktorá umožňuje naprogramovať Dash a Dot spojením kódu, ktorý je v tvare puzzle. Blockly je pre deti nad 8 rokov, ale ostatné Xylo, Go and Path sú pre deti nad 5 rokov (Benedettelli, 2014).



Dash má zabudovanú širokú škálu senzorov a akčných členov:

- užívateľom programovateľné LED a tlačidlá,
- IR prijímače + vysielače,
- potenciometre + duálne motory,
- 3 snímače priblíženia,
- real-time bluetooth,
- 3x mikrofóny + reproduktory,
- 3 procesory + spojenie senzorov,
- 2 poháňané kolesá.

Obr. 3: Dash



zdroj: <https://www.makewonder.com/robots/dash-creativity-kit/>

Obr. 4:Dot



zdroj: <https://www.makewonder.com/robots/dot-creativity-kit/>

## 6 Záver

Záverom môžeme konštatovať, že v dnešnej dobe pandémie ochorenia COVID-19 spôsobovaného vírusom SARS-CoV-2, ktorá určuje a ovplyvňuje spôsob života na celom svete, roboty sa čím ďalej, tým viac stávajú bežnou súčasťou našich životov. V podnikoch, pri procese výroby, v domácnostiach, pri bežnom upratovaní, v doprave, kde sú využívané samo jazdiace autá, alebo pri vzdelávaní, pri ktorom napomáhajú edukatívne roboty.

V príspevku sme sa venovali histórii, vývoju a vybraným modelom edukatívnych robotov, ktoré nás veľmi zaujali, nakoľko tieto roboty nepredstavujú len hračky pre deti, ale je to seriózny programovateľný systém, ktorý umožňuje vzdelávanie v oblasti programovania a oslovuje tým obrovskú masu ľudí a tiež možno prebudí záujem študentov o odvetvie robotiky v budúcnosti.

**Literatúra**

- [1] Barker, B. S. (2012). *Robots in K-12 Education: A New Technology for Learning*. Hershey: IGI Global, 406.
- [2] Benedettelli, D. (2014). *The LEGO Mindstorms EV3 Laboratory*. San Francisco: No Starch Press, c., 436.
- [3] Besari, A., Sukaridhoto, S., Wibowo, I., Berlian, M. H., Akbar, M., Yohanie, F., & Bayu, K. (2016). Preliminary design of interactive visual mobile programming on educational robot ADROIT V1. 2016 International Electronics Symposium (IES). doi:10.1109/ELECSYM.2016.7861057.
- [4] Chevalier, M., Riedo, F., & Mondada, F. (2016). Pedagogical Uses of Thymio II: How Do Teachers Perceive Educational Robots in Formal Education? *IEEE Robotics & Automation Magazine*, 23(2), 16-23. doi:10.1109/MRA.2016.2535080.
- [5] Jurík, P. (2016). Rozvíjajúce sa trendy a budúcnosť e-learningu. *Ekonomika a Informatika*, 14(2), 59-67.
- [6] Khine, M. S. (2017). *Robotics in STEM Education: Redesigning the Learning Experience*. Springer International Publishing AG.
- [7] Korkmaz, Ö. (2016). The Effect of Lego Mindstorms Ev3 Based Design Activities on Students' Attitudes towards Learning Computer Programming, Self-Efficacy Beliefs and Levels of Academic Achievement. *Baltic Journal Modern Computing*, 4(4), 994-1007.
- [8] Riedo, F., Chevalier, M., Magnenat, S., & Mondada, F. (2013). Thymio II, a robot that grows wiser with children. *2013 IEEE Workshop on Advanced Robotics and Its Social Impacts (ARSO)*, 187-193. doi:https://doi.org/10.3929/ethz-a-010007928.

---

## **EXTERNÍ RECENZENTI**

Peter Ďurka  
Katarína Gazáreková  
Mariana Hevierová  
Dušan Huťka  
Alžbeta Kanáliková  
Silvia Megyesiová  
Ingrid Potisková  
Andrej Ralbovský  
Kútiková Segéňová  
Miloš Sklenka  
Petra Uhrinová

## POKYNY PRE AUTOROV

### **Rozsah:**

- vedecké state a diskusie 10 až 15 strán. Základnou požiadavkou je originalita príspevku a komplexnosť jeho spracovania. Prijímame príspevky v slovenskom, českom a anglickom jazyku (uprednostňujú sa príspevky v anglickom jazyku);
- informácie maximálne 2 strany;
- recenzie maximálne 2 strany.

### **Forma:**

Použite textový editor MS WORD, verzia 2 000 a vyššia. Šablóna pre písanie článkov je na webovej stránke:

<https://fhi.euba.sk/veda-a-vyskum/vedecke-casopisy/ekonomika-a-informatika/o-casopise>

a v elektronickom systéme na stránke:

<http://ei.fhi.sk/index.php/EAI>

Príspevky predkladajú autori elektronicky vo formáte .doc/.docx do systému na stránke <http://ei.fhi.sk/index.php/EAI>. Príspevky sú recenzované. Redakčná rada zabezpečí interné a externé posúdenie textu príspevku. Autor príspevku je povinný zapracovať pripomienky z posudkov najneskôr do 2 týždňov od doručenia e-mailov so žiadosťou o vykonanie oponentských posudkov v elektronickom systéme časopisu a zaslať príspevok so zapracovanými pripomienkami vo formáte .doc/.docx prostredníctvom elektronického systému časopisu *Ekonomika a informatika*. Konečné rozhodnutie o publikovaní príspevku urobí redakčná rada časopisu. Autor pred zverejnením príslušného čísla časopisu *Ekonomika a informatika* odsúhlasí formátovanie elektronickej verzie článku. Fakulta hospodárskej informatiky si vyhradzuje právo zverejniť príspevky schválené redakčnou radou v elektronickej forme časopisu *Ekonomika a informatika*.

**Autorské honoráre** sa neplatia. Predložením príspevku do elektronického systému vedeckého časopisu *Ekonomika a informatika* dáva autor príspevku vydavateľovi právo, aby bezplatne publikoval text príspevku v časopise *Ekonomika a informatika* v elektronickej forme vo formáte .pdf.

## **EKONOMIKA A INFORMATIKA**

Vedecký časopis Fakulty hospodárskej informatiky Ekonomickej univerzity v Bratislave a občianskeho združenia Slovenská spoločnosť pre hospodársku informatiku.

Poslaním vedeckého časopisu je publikovať teoretické a aplikačné poznatky získané v ekonomickom výskume a hospodárskej praxi z oblastí hospodárskej informatiky, účtovníctva a audítorstva, ekonometrie a operačného výskumu, aplikovanej štatistiky a aktuárstva, s akcentom na aktuálne otázky harmonizácie, integrácie a kompatibility s európskou a svetovou metodológiou a praxou.

Uverejňuje vedecké state a diskusie, recenzie a informácie o dizertačných a habilitačných prácach, inauguračných prednáškach a vedeckých podujatiach v slovenskom, českom alebo anglickom jazyku, ktoré sú výsledkom vedeckovýskumnej činnosti autorov, vedeckých aktivít doktorandov, medzinárodnej výskumnej a pedagogickej spolupráce a ich aplikácie v ekonomickej praxi.

## **ECONOMICS AND INFORMATICS**

A scientific journal of the Faculty of Economic Informatics of University of Economics in Bratislava and the Slovak Economic Informatics Association.

Mission of the scientific journal is to publish theoretical and application knowledge acquired in economic research and practice in the areas of economic informatics, accounting and auditing, applied statistics, actuarial science, econometrics and operations research, with emphasis on the current issues of harmonization, integration and compatibility with the European and global methodology and practice.

The journal publishes scientific articles and paper discussions, reviews and information on doctoral and habilitation theses, inauguration lectures and scientific events in Slovak, Czech or English language, which are results of scientific and research activity of authors, scientific activities of doctoral students, international research and educational cooperation and their application in the economic practice.

## **EKONOMIKA A INFORMATIKA**

**Vydáva:** Fakulta hospodárskej informatiky Ekonomickej univerzity v Bratislave a Slovenská spoločnosť pre hospodársku informatiku

**Vychádza:** 2x ročne