

ŽILINSKÁ UNIVERZITA V ŽILINE

AUTOREFERÁT
DIZERTAČNEJ PRÁCE

Žilina, 2025

Ing. Martin Baláž

Žilinská univerzita v Žiline
Fakulta prevádzky a ekonomiky dopravy a spojov
Katedra spojov

Ing. Martin Baláž

Autoreferát dizertačnej práce

**METODIKA POSUDZOVANIA EKONOMICKÝCH PRÍNOSOV
IMPLEMENTÁCIE PRVKOV INTERNETU VECÍ V POŠTOVÝCH
SLUŽBÁCH A PROCESOCH**

na získanie akademického titulu **d o k t o r**
(„philosophiae doctor“, v skratke „PhD.“)
v študijnom odbore Ekonomia a manažment,
v študijnom programe Ekonomika dopravy spojov a služieb.
Žilina 2025

Dizertačná práca bola vypracovaná v dennej forme doktorandského štúdia na Fakulte prevádzky a ekonomiky dopravy a spojov Žilinskej univerzity v Žiline.

Predkladateľ: Ing. Martin Baláž
FPEDAS, Žilinská univerzita v Žiline,
Katedra spojov

Školiteľ: prof. Ing. Juraj Vaculík, PhD.
FPEDAS, Žilinská univerzita v Žiline,
Katedra spojov

Oponenti:
.....
.....

.....
.....
.....

Autoreferát bol rozoslaný dňa:

Obhajoba dizertačnej práce sa koná dňa o h.
v pred komisiou pre obhajobu dizertačnej práce schválenou
odborovou komisiou v študijnom odbore Ekonomía a manažment, v študijnom programe
Ekonomika dopravy spojov a služieb, vymenovanou dekanom Fakulty prevádzky a
ekonomiky dopravy a spojov Žilinskej univerzity v Žiline.

prof. Ing. Tomáš Klieštík, PhD.
predseda odborovej komisie
študijného odboru Ekonomía a manažment

OBSAH

Abstrakt.....	5
Abstract	6
Úvod.....	7
1. Súčasný stav riešenej problematiky na Slovensku a v zahraničí	8
1.1 Analýza spoločností poskytujúcich poštové služby na Slovensku.....	10
1.2 Zhrnutie	18
2. Cieľ práce.....	20
3. Metodika práce a metódy skúmania.....	22
4. Výsledky práce.....	25
4.1 Hodnotiaci model IoTRIM	25
4.2 Interpretácia výsledkov pre vybraný podnik	31
4.3 Scenáre možného vývoja a predikcia výsledkov.....	40
4.4 Overenie stanovených hypotéz	50
5. Diskusia	54
6. Teoretické a praktické prínosy dizertačnej práce.....	58
Záver.....	61
Zoznam použitej literatúry.....	62
Publikačná činnosť.....	68
Účasť na projektoch.....	72

ABSTRAKT

BALÁŽ, Martin, Ing.: Metodika posudzovania ekonomických prínosov implementácie prvkov internetu vecí v poštových službách a procesoch [Dizertačná práca]. Žilinská univerzita v Žiline. Fakulta prevádzky a ekonomiky dopravy a spojov; Katedra spojov. Vedúci diplomovej práce: VACULÍK, Juraj, prof. Ing. PhD.; Stupeň odbornej kvalifikácie: Doktor (PhD). Žilina: FPEDAS, UNIZA, Rok. 2025. 105 s.

Dizertačná práca sa zaoberá metodikou posudzovania ekonomických prínosov implementácie prvkov IoT v poštových službách a procesoch. Cieľom práce je preskúmať, ako môže IoT prispieť k optimalizácii procesov, zvýšeniu prevádzkovej efektívnosti a zlepšeniu kvality služieb v podmienkach digitálnej transformácie. Súčasťou práce je návrh a overenie hodnotiaceho modelu IoTRIM, ktorý umožňuje komplexne zhodnotiť úroveň pripravenosti a integrácie IoT riešení v podnikoch. Model je zostavený na základe identifikovaných dimenzií, ktorými sú digitálna infraštruktúra, zber a spracovanie dát, integrácia a interoperabilita a strategická orientácia. Na kvantifikáciu ekonomického prínosu IoT je využitá rozšírená forma Cobb-Douglasovej produkčnej funkcie, ktorá obsahuje aj špeciálny parameter reprezentujúci úroveň implementácie IoT. Prostredníctvom analýzy vybraného podniku je preukázané, že IoT má štatisticky významný a pozitívny vplyv na výstup (pridanú hodnotu), aj pri relatívne nízkej hodnote koeficientu. Výsledky potvrdzujú, že IoT vystupuje ako doplnkový produkčný faktor, ktorý umožňuje efektívnejšie využívať existujúce zdroje. Práca zároveň identifikuje výzvy súvisiace s dátovou interoperabilitou, štandardizáciou ukazovateľov a digitálnou pripravenosťou organizácií. Použitá metodika kombinuje analytický prístup s prípadovou štúdiou a simulačnou analýzou s využitím metódy Monte Carlo. Výsledky poskytujú praktické odporúčania pre manažérov, tvorcov politík a odbornú verejnosť zameranú na digitálny rozvoj poštového sektora. Dizertačná práca tak prispieva k lepšiemu pochopeniu potenciálu IoT a jeho integrácie do tradičných služieb v podmienkach prebiehajúcej digitalizácie.

Kľúčové slová: Internet vecí. Poštové procesy a služby. Hodnotiaci model. Produkčná funkcia. Digitálna transformácia..

ABSTRACT

BALÁŽ, Martin, Ing.: Methodology for Assessing the Economic Benefits of Implementing Internet of Things Elements in Postal Services and Processes [Dissertation thesis]. University of Zilina. Faculty of Operation and Economics of Transport and Communications; Department of Communications. Tutor: VACULÍK, Juraj, prof. Ing. PhD.; Degree: Doctor of Philosophy (PhD). Žilina: FPEDAS, UNIZA, Year. 2025. 105 p.

The dissertation focuses on the methodology for assessing the economic benefits of implementing IoT elements in postal services and processes. The primary objective is to examine how IoT can contribute to process optimization, increased operational efficiency, and improved service quality within the context of digital transformation. The study includes the design and validation of the IoTRIM evaluation model, which enables a comprehensive assessment of IoT readiness and impact levels in organizations. The model is built upon key dimensions such as digital infrastructure, data collection and processing, integration and interoperability, and strategic orientation. To quantify the economic contribution of IoT, an extended form of the Cobb-Douglas production function is employed, which incorporates a specific parameter representing the level of IoT implementation. An analysis of a selected enterprise demonstrates that IoT has a statistically significant and positive effect on output (value added), even when the coefficient value is relatively low. The findings confirm that IoT functions as a complementary production factor, allowing for more efficient use of existing resources. The research also identifies challenges related to data interoperability, indicator standardization, and organizational digital readiness. The methodology combines an analytical approach with a case study and simulation analysis using the Monte Carlo method. The results provide practical recommendations for managers, policymakers, and professionals involved in the digital development of the postal sector. This dissertation thus contributes to a deeper understanding of the potential of IoT and its integration into traditional services under conditions of ongoing digitalization.

Keywords: Internet of Things. Postal processes and services. Evaluation model. Production function. Digital transformation.

ÚVOD

Poštové služby zohrávajú dôležitú úlohu v infraštruktúre každej krajiny – ako nositelia komunikácie, ako logistický článok elektronického obchodu a zároveň ako poskytovatelia verejných a komerčných služieb. Rýchly rozvoj digitálnych technológií v posledných rokoch však zásadne mení tradičný charakter sektora. V prostredí rastúcej konkurencie, meniaceho sa spotrebiteľského správania a neustále sa vyvíjajúcich očakávaní vzniká potreba transformovať poštové služby smerom k efektívnejším, flexibilnejším a technologicky pokročilejším riešeniam.

Jedným z najvýznamnejších trendov v oblasti riešenej v dizertačnej práci je implementácia prvkov internetu vecí, ktorý prostredníctvom prepojených zariadení a senzorov umožňuje automatizovať procesy, získavať dáta v reálnom čase a optimalizovať rozhodovanie v celom dodávateľskom reťazci. Internet vecí predstavuje potenciálne revolučný nástroj na zvyšovanie efektivity a kvality poštových služieb, či už v oblasti triedenia, sledovania zásielok, správy infraštruktúry alebo zákaznickej interakcie.

Predkladaná dizertačná práca sa zameriava na metodiku posudzovania ekonomických prínosov implementácie prvkov internetu vecí do poštových služieb a procesov. Práca sleduje nielen technologický potenciál internetu vecí, ale aj jeho ekonomický a manažérsky rozmer. Cieľom je vytvoriť komplexný hodnotiaci model, ktorý umožní kvantifikovať úroveň integrácie prvkov internetu vecí v poštových podnikoch a identifikovať oblasti s vysokým inovačným a produktívnym potenciálom. V rámci výskumu je zároveň aplikovaná produkčná funkcia Cobb-Douglas a jej rozšírenie o parameter reprezentujúci internet vecí, čím sa analyzuje vplyv investícií do digitálnej transformácie na výkonnosť podnikov.

Dizertačná práca je štruktúrovaná do šiestich kapitol, ktoré postupne analyzujú súčasný stav problematiky digitalizácie a internetu vecí v poštovom sektore, predstavujú výskumné ciele a metodiku, uvádzajú výsledky aplikácie hodnotiaceho modelu a ekonomickej analýzy, diskutujú ich význam a vyúsťujú do záverov s teoretickými a praktickými implikáciami. Výsledky práce môžu slúžiť ako nástroj strategického rozhodovania pre manažment poštových podnikov, ale aj ako podklad pre tvorbu politik podporujúcich digitálnu transformáciu poštových a logistických služieb.

1. SÚČASNÝ STAV RIEŠENEJ PROBLEMATIKY NA SLOVENSKU A V ZAHRANIČÍ

Digitálna transformácia je proces poháňaný digitálnymi technológiami. Digitálna transformácia podnietila vznik nových obchodných modelov a má významný vplyv na globálne trhy a priemysel [1, 2]. Najčastejšie využívanými digitálnymi technológiami sú internet vecí (IoT), analýza veľkých dát, cloud computing, mobilné technológie a umelá inteligencia (UI) [1-3].

Prienik nových digitálnych technológií na trh vedie spoločnosti k digitálnej transformácii svojho podnikania [1]. Termínom digitálna transformácia sa označuje použitie nových digitálnych technológií na umožnenie veľkých obchodných zlepšení v prevádzke a na trhoch, ako je zlepšenie zákaznickej skúsenosti, zefektívnenie činností alebo vytváranie nových obchodných modelov [2]. Digitálna transformácia nie je jediným krokom vykonaným na modernizáciu špecifických funkcií organizácií, ale je to skôr proces, ktorý prináša zásadné zmeny v organizáciách a vedie k vytváraniu ďalších príležitostí na zlepšenie [3]. Navyše digitálna transformácia nie je proces zameraný na spoločnosť, ale skôr jav, ktorý spúšťa zmeny v priemysle a spoločnosti [4].

Digitálna transformácia je integrácia digitálnej technológie do všetkých oblastí podnikania, ktorá zásadným spôsobom mení spôsob fungovania a prináša hodnotu zákazníkovi [5]. Je to tiež kultúrna zmena, ktorá vyžaduje, aby organizácie neustále technologicky napredovali a experimentovali [5]. Digitálna transformácia je hlboká transformácia obchodných a organizačných činností, procesov, kompetencií a modelov na plné využitie zmien a príležitostí digitálnych technológií a ich urýchlujúceho vplyvu na spoločnosť strategickým a prioritným spôsobom so zreteľom na súčasné a budúce zmeny [6].

Digitálna transformácia je proces založený na neustálom zlepšovaní s konečným cieľom dosiahnuť digitálnu vyspelosť – bod, kedy sú inteligentné systémy plne nasadené a integrované [1, 5]. Digitálna transformácia sa často považuje za cestu, ktorá si vyžaduje strategický plán a vyžaduje si veľké investície v rámci organizácie, najmä z technologického hľadiska [5].

V súčasnej dobe sa základy tradičných poštových služieb rýchlo menia a presúvajú sa na digitálnu platformu. Digitalizácia, ktorá je hlavným hnacím motorom tejto zmeny, prináša nové možnosti a výzvy pre všetky sektory, vrátane poštových služieb [7]. Digitalizácia mení tradičný model doručovania pošty a výmeny informácií, a to predovšetkým vďaka technologickým inováciám, ktoré umožňujú efektívnejšie a pohodlnejšie spracovanie a sledovanie zásielok [8].

V kontexte poštových služieb je digitalizácia proces, ktorý sa využíva na vytvorenie nových alebo na vylepšenie existujúcich služieb pomocou digitálnych technológií [8]. Digitalizácia v poštových službách môže zahŕňať rôzne aspekty, ako je digitalizácia procesov doručovania pošty, sledovanie zásielok v reálnom čase, používanie digitálnej pošty pre bezpečnú výmenu dokumentov či implementácia IoT, UI a robotiky pre automatizáciu triedenia a doručovania pošty [9].

Digitálnu transformáciu poštového sektora možno kategorizovať do niekoľkých fáz, z ktorých každá predstavuje inú úroveň digitálnej vyspelosti a vplyvu na poštové služby [8].

I. Poštová automatizácia

Prvou fázou digitálnej transformácie v poštovom sektore je poštová automatizácia. Ide o implementáciu technológií, ako je skenovanie čiarových kódov, triediace stroje a systémy automatizovaného spracovania pošty. Poštová automatizácia zlepšuje prevádzkovú efektívnosť, znižuje manuálnu prácu a zvyšuje presnosť a rýchlosť spracovania pošty [8].

II. Digitálne služby generujúce príjmy

Druhá fáza sa zameriava na vývoj a implementáciu digitálnych služieb generujúcich príjmy. Poštové podniky využívajú svoju existujúcu infraštruktúru a zákaznícku základňu, aby mohli ponúkať celý rad digitálnych služieb, ako je elektronická fakturácia, online platobné riešenia a overovanie digitálnej identity. Tieto služby generujú nielen dodatočné toky príjmov, ale tiež poskytujú pohodlie a bezpečnosť zákazníkom [8].

III. Zlepšovanie digitálnych poštových služieb

Tretia fáza zahŕňa rozvoj základných digitálnych poštových služieb. To zahŕňa digitalizáciu tradičných poštových služieb, ako je sledovanie zásielok v reálnom čase, overovanie elektronickej adresy a digitálne poštové schránky. Tieto digitálne vylepšenia zlepšujú zákaznícku skúsenosť, zvyšujú prevádzkovú efektívnosť a umožňujú poštovým podnikom ponúkať služby s pridanou hodnotou [8].

IV. Digitálna transformácia

Záverečná fáza predstavuje úplnú digitálnu transformáciu poštových služieb. Táto fáza presahuje rámec digitalizácie existujúcich služieb a zahŕňa zásadný posun v obchodnom modeli a prevádzke poštových podnikov. Zahŕňa prijatie nových technológií, ako je UI, blockchain a IoT, s cieľom vytvoriť inovatívne riešenia a nové zdroje príjmov. Príklady iniciatív digitálnej transformácie v poštovom sektore zahŕňajú inteligentné poštové schránky, automatizované triediace linky a systémy optimalizácie doručovacích trás [8].

1.1 Analýza spoločností poskytujúcich poštové služby na Slovensku

Podkapitola sa zameriava na proces aplikácie produkčnej funkcie Cobb-Douglas, výpočet odhadovaných výnosov a ich analýzy v kontexte technickej a technologickej substitúcie. Taktiež sú analyzované rozdiely medzi skutočnými a odhadovanými výnosmi prostredníctvom percentuálnej odchýlky. V práci sú definované aj faktory ovplyvňujúce výkonnosť spoločností a diskusia o limitáciách a identifikovanie možností pre ďalší výskum.

V rámci ekonometrického hodnotenia výkonnosti podnikov sa Cobb-Douglasova produkčná funkcia radí medzi najčastejšie používané analytické nástroje. Ide o model, ktorý umožňuje skúmať vzťah medzi množstvom vstupov a dosiahnutým výstupom pri výrobe, pričom poskytuje prehľad o efektívnosti využívania jednotlivých produkčných faktorov [69]. Funkcia predpokladá, že výstup podniku je výsledkom kombinácie dvoch základných vstupov – kapitálu a práce – a že každý z týchto vstupov prispieva k výstupu podľa svojej elasticity. Výhodou modelu je jeho jednoduchosť, interpretovateľnosť a možnosť logaritmickej transformácie na lineárnu formu, čo výrazne uľahčuje ekonometrickú analýzu [70, 71]. Zároveň poskytuje priestor na rozšírenie o ďalšie premenné, čo umožňuje lepšie zachytenie reálnych podmienok modernej produkcie, vrátane vplyvu technológií, ako je IoT. Cobb-Douglasova produkčná funkcia má nasledujúci tvar:

$$y = A * K^{\alpha} * L^{\beta}$$

kde:

- A je celková faktorová produktivita, ktorá meria efektívnosť, s akou sú vstupné faktory transformované na výstup,
- K reprezentuje množstvo kapitálu,
- α je elasticita výstupu vo vzťahu ku kapitálu, teda percentuálna zmena výstupu spôsobená percentuálnou zmenou kapitálu,
- L reprezentuje množstvo práce,
- β je elasticita výstupu vo vzťahu k práci, teda percentuálna zmena výstupu spôsobená percentuálnou zmenou pracovnej sily [72, 73].

Je to jeden z najčastejšie používaných modelov produkčnej funkcie [74]. Tento model je populárny pre svoju jednoduchosť a flexibilitu [75]. Model predpokladá, že oba vstupy majú pozitívny vplyv na výstup. Funkcia je často logaritmicky transformovaná na lineárnu formu, čo umožňuje jednoduchšiu analýzu pomocou regresných techník [76-78]. Jednou z kľúčových vlastností funkcie Cobb-Douglas je jej schopnosť modelovať technickú substitúciu.

Údaje použité v analýze sú získané z verejne dostupných zdrojov, predovšetkým z portálu Finstat, ako aj z doplnkových analýz zverejnených finančných výkazov analyzovaných spoločností. Zber údajov sa vzťahuje na obdobie rokov 2013 až 2023 a zameriava sa na určenie základných premenných použitých v Cobb-Douglasovej produkčnej funkcii. Základné premenné boli definované nasledovne:

- Y – pridaná hodnota (ako hodnota výstupu),
- K – odpisy dlhodobého majetku (ako kapitálový vstup),
- L – osobné náklady (ako reprezentácia práce).

Z týchto údajov sú vypočítané príslušné logaritmické hodnoty $\ln(Y)$, $\ln(K)$ a $\ln(L)$, ktoré slúžia ako vstupy pre lineárnu regresiu v logaritmickej forme Cobb-Douglasovej rovnice. Cieľom regresnej analýzy je stanoviť hodnoty koeficientov α (elasticita kapitálu) a β (elasticita práce) a posúdiť tak technologickú efektívnosť, predikované výnosy, ako aj percentuálne odchýlky medzi modelovanými a skutočnými údajmi. Výber podnikov na analýzu bol realizovaný na základe spoločných kvantitatívnych a kvalitatívnych kritérií:

- podnik nesmie byť poskytovateľom univerzálnej poštovej služby,
- klasifikácia ekonomickej činnosti podniku – SK NACE 53.20.0 Ostatné poštové služby a služby kuriérov,
- viac ako 100 zamestnancov,
- ročné výnosy presahujúce 30 miliónov eur.

Prostredníctvom daných kritérií tak bola zabezpečená ich vzájomná porovnateľnosť. Na základe uvedených kritérií bolo na analýzu vybraných nasledujúcich 6 spoločností:

- DHL Express (Slovakia), spol. s r.o.
- Direct Parcel Distribution SK s.r.o.
- GLS General Logistics Systems Slovakia s.r.o.
- Packeta Slovakia s.r.o.
- Slovak Parcel Service s.r.o.
- TNT Express Worldwide spol. s r.o.

Dáta sú spracované a analyzované v prostredí Microsoft Excel, pričom je využitý doplnok „Analýza údajov“ na zostavenie regresných modelov. Celkovo je použitých 11 pozorovaní pre väčšinu podnikov (roky 2013 – 2023), pričom niektoré spoločnosti majú mierne kratší časový rad v dôsledku ich neskoršieho vstupu na trh. Výsledkom sú čiastkové regresie pre každú spoločnosť, ako aj agregovaný model pre celý súbor. Jednotlivé hodnoty v € pre všetky analyzované roky a spoločnosti sú uvedené v Tabuľke 1.

Tabuľka 1. Údaje o podnikoch za obdobie 2013-2023 (v €)

Rok	Ukazovateľ	DHL	DPD	GLS	Packeta	SPS	TNT
2023	Pridaná hodnota	11 291 662	10 111 992	13 777 646	16 349 784	15 916 723	7 423 298
	Odpisy dlhodobého majetku	408 977	5 023 976	1 892 383	2 101 620	2 353 803	391 826
	Osobné náklady	8 930 155	9 129 287	3 794 784	10 637 779	9 127 136	5 555 967
2022	Pridaná hodnota	10 277 805	14 344 365	13 346 954	12 802 781	16 880 425	7 638 450
	Odpisy dlhodobého majetku	421 384	5 022 144	1 670 691	1 332 280	2 190 273	362 735
	Osobné náklady	8 037 161	8 847 057	3 417 158	9 952 463	8 375 364	5 343 558
2021	Pridaná hodnota	9 303 671	17 233 049	15 527 240	5 671 571	21 310 695	7 856 724
	Odpisy dlhodobého majetku	381 031	4 429 951	1 137 585	259 572	2 108 308	391 107
	Osobné náklady	7 679 866	8 188 716	3 266 850	5 772 589	8 027 272	5 803 525
2020	Pridaná hodnota	11 686 195	12 759 616	14 001 784	3 321 381	16 741 418	7 905 314
	Odpisy dlhodobého majetku	446 563	2 258 263	787 662	108 018	1 452 453	388 167
	Osobné náklady	9 336 851	7 053 391	2 804 670	3 127 292	7 313 342	6 702 058
2019	Pridaná hodnota	10 112 445	7 537 502	7 764 485	1 967 390	10 906 808	7 393 680
	Odpisy dlhodobého majetku	384 167	1 054 501	553 350	34 207	1 410 029	367 982
	Osobné náklady	8 230 165	4 405 005	2 224 718	1 581 651	6 487 771	5 923 786
2018	Pridaná hodnota	9 265 163	7 257 248	5 787 258	1 166 197	9 512 892	6 990 754
	Odpisy dlhodobého majetku	360 794	858 278	493 986	5 247	1 330 231	381 487
	Osobné náklady	7 654 259	3 940 427	1 736 359	696 432	6 040 150	5 206 766
2017	Pridaná hodnota	9 234 347	6 547 346	4 652 223	689 629	9 033 275	6 266 420
	Odpisy dlhodobého majetku	346 845	815 752	284 121	2 851	1 247 358	382 008
	Osobné náklady	7 475 335	3 655 445	1 402 968	376 570	5 478 587	4 648 415
2016	Pridaná hodnota	9 219 094	6 016 300	4 794 741	-	8 190 725	8 233 991
	Odpisy dlhodobého majetku	347 237	709 358	166 101	-	979 841	333 013
	Osobné náklady	7 159 819	3 372 086	1 306 962	-	5 062 519	4 166 085
2015	Pridaná hodnota	8 239 283	5 499 973	4 194 063	-	8 154 301	9 488 342
	Odpisy dlhodobého majetku	362 521	588 669	147 951	-	990 774	241 618
	Osobné náklady	6 990 809	3 048 683	1 140 847	-	5 083 474	3 706 610
2014	Pridaná hodnota	7 139 467	5 506 471	4 071 889	-	8 199 833	8 656 223
	Odpisy dlhodobého majetku	400 475	438 686	130 190	-	883 519	420 273
	Osobné náklady	6 693 181	2 466 705	1 090 503	-	5 019 919	3 504 718
2013	Pridaná hodnota	8 050 234	5 484 201	3 614 259	-	-	8 437 615
	Odpisy dlhodobého majetku	331 268	352 661	115 242	-	-	475 176
	Osobné náklady	7 215 250	2 506 306	968 515	-	-	3 506 593

Zdroj: [82-87], vlastné spracovanie.

Hodnoty výstupu, kapitálu a práce sa medzi spoločnosťami a rokmi významne líšia, čo reflektuje odlišné podmienky, v ktorých sú spoločnosti prevádzkované. Rozdiely v údajoch poskytujú zaujímavý kontext pre analýzu a umožňujú skúmať, ako sa faktory odlišne premietajú do výstupu v rámci rôznych podnikov a časových období.

Regresné analýzy pre jednotlivé spoločnosti priniesli komplexný pohľad na elasticitu výstupu voči kapitálovým a pracovným vstupom v sektore poštových a kuriérskych služieb na Slovensku. Výsledky ukazujú značné rozdiely medzi podnikmi, a to nielen v miere vysvetlenej variability výstupu, ale aj v štatistickej významnosti jednotlivých vstupov. Spoločnosti ako GLS, DHL a SPS dosahujú vysoké hodnoty R^2 a ich modely sú ako celok štatisticky významné, pričom najmä vstup práce sa v ich prípade ukazuje ako kľúčový determinant výstupu. Naopak, pri spoločnostiach DPD, Packeta a predovšetkým TNT sú výsledky menej jednoznačné. Koeficienty často nie sú štatisticky významné, alebo vykazujú

neštandardné hodnoty, čo poukazuje na vplyv externých faktorov alebo neštandardnú štruktúru rastu, ktorá nie je zachytená tradičnými vstupmi.

Celkovo sa dá konštatovať, že práca ako vstup má vo väčšine modelov silnejší a častejšie štatisticky významný vplyv na výstup než kapitál. To môže naznačovať dôležitosť ľudského faktora, procesného riadenia a prevádzkovej flexibility v tomto sektore. Záporné alebo nevýznamné koeficienty kapitálu v niektorých prípadoch môžu signalizovať neefektívne investície alebo oneskorený efekt návratnosti kapitálových výdavkov. Tieto rozdiely sú dôležité pri uvažovaní o implementácii inovácií a technológií, vrátane IoT, keďže vypovedajú o tom, ktoré podniky môžu byť lepšie pripravené absorbovať nové technológie, a ktoré budú možno potrebovať komplexnejší prístup k optimalizácii.

Celková faktorová produktivita

Cieľom tejto časti analýzy je vyhodnotiť efektívnosť využívania vstupov pri tvorbe výstupu vo vybraných spoločnostiach pôsobiacich v oblasti poštových a kuriérskych služieb na Slovensku. Kým regresné modely odhalili elasticitu jednotlivých vstupov, celková faktorová produktivita poskytuje pohľad na nepozorované faktory, ktoré ovplyvňujú výstup, ako napríklad technologická úroveň, efektívnosť procesov, organizácia práce, inovatívnosť a pod.

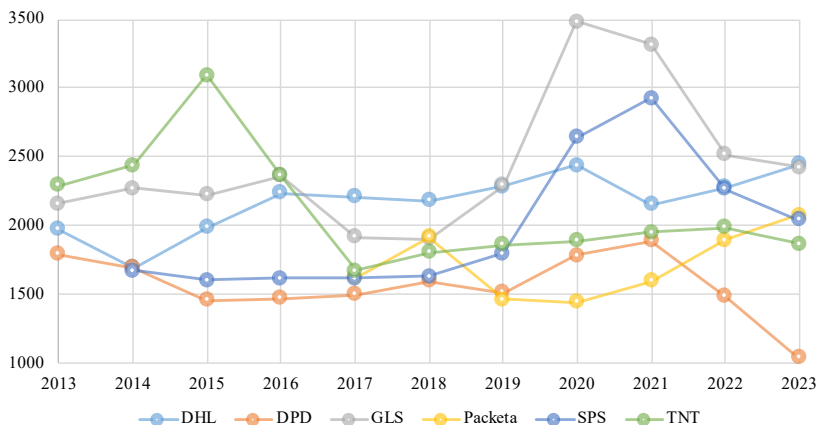
Výpočet celkovej faktorovej produktivity je realizovaný dosadením získaných hodnôt koeficientov z agregovaného modelu regresnej analýzy (Obrázok 7) do logaritmickej formy Cobb-Douglasovej produkčnej funkcie. Práve táto regresia je využitá z toho dôvodu, aby boli hodnoty A, teda celkovej faktorovej produktivity, porovnateľné medzi jednotlivými spoločnosťami. Hodnota celkovej faktorovej produktivity je vypočítaná vyjadrením premennej A zo základného tvaru Cobb-Douglasovej produkčnej funkcie podľa nasledujúceho vzorca:

$$A = \frac{Y}{K^{\alpha} * L^{\beta}}$$

Vyššia produktivita naznačuje vyššiu technologickú vyspelosť a organizačnú efektívnosť. Porovnanie celkovej faktorovej produktivity medzi spoločnosťami za analyzované obdobie sa nachádza na Obrázku 1.

Spoločnosti GLS a SPS dosahovali v niektorých rokoch najvyššiu úroveň produktivity, čo naznačuje veľmi efektívne prevádzkové modely a silnú technologickú základňu. Ich výkonnosť bola stabilná a nadpriemerná vo väčšine sledovaného obdobia. DHL si udržiavala konzistentne vysokú produktivitu, pričom vývoj jej efektívnosti bol vyrovnaný, bez výrazných výkyvov. Packeta preukázala strmý nárast v rokoch 2020 až 2022, čo korešponduje s jej dynamickým rastom a intenzívnym investovaním do automatizácie a digitálnych platforiem. V roku 2023

došlo k miernemu poklesu efektívnosti, pravdepodobne v dôsledku dobiehania predchádzajúceho expanzného rastu. DPD vykazuje vysokú variabilitu produktivity, s výraznými odchýlkami medzi rokmi. To naznačuje menej stabilné využívanie zdrojov, prípadne externé faktory ovplyvňujúce výkonnosť. TNT dosiahlo najnižšiu úroveň produktivity spomedzi všetkých analyzovaných spoločností, čo odráža dlhodobu nižšiu efektívnosť premeny vstupov na výstup a môže súvisieť s reštrukturalizačnými zmenami alebo nedostatočnou modernizáciou.

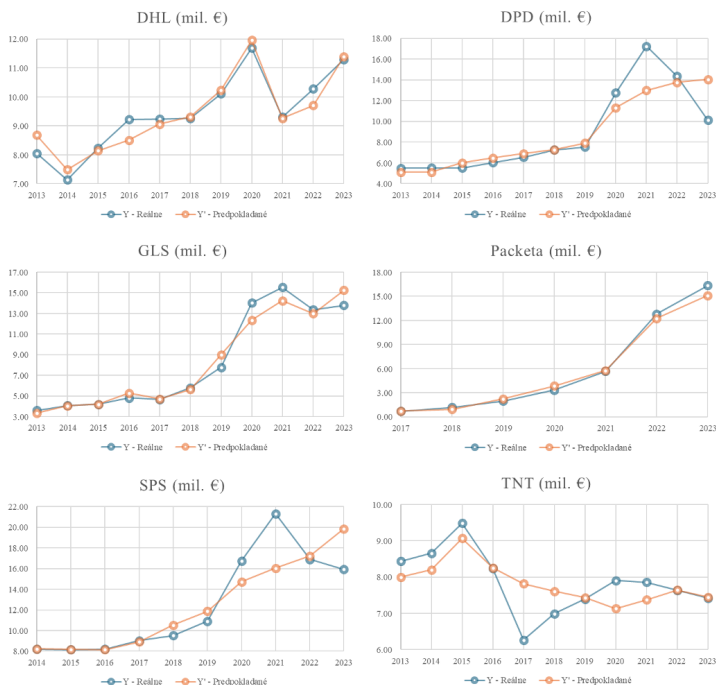


Obrázok 1: Celková faktorová produktivita (Zdroj: Vlastné spracovanie)

Odhadované výnosy

Z porovnania medzi skutočnými výnosmi a modelom predpokladaných výnosov jednotlivých spoločností vyplýva, že vo viacerých prípadoch dochádza k významným odchýlkam, ktoré poukazujú na limity modelu Cobb-Douglas pri zachytávaní všetkých determinantov výkonnosti.

Rozdiely medzi skutočnými a predpokladanými hodnotami môžu byť spôsobené faktormi, ktoré nie sú súčasťou Cobb-Douglasovej produkčnej funkcie. Môže ísť napríklad o zmeny v obchodných stratégiách, externé šoky, legislatívne zmeny či výkyvy v dopyte a ponuke. Na lepšie pochopenie dynamiky odhadovaných a skutočných výnosov jednotlivých spoločností slúži vizualizácia výsledkov, ktorá je zobrazená na Obrázku 2.



Obrázok 2: Grafické znázornenie výnosov (Zdroj: Vlastné spracovanie)

Na základe údajov z Obrázku 2, v prípade spoločnosti DHL v roku 2021 model podhodnotil výnosy, pričom predikovaná hodnota bola nižšia ako skutočná o viac než 1,7 milióna eur. Naopak, v roku 2020 boli skutočné výnosy nižšie ako očakávané, čo môže súvisieť s pandemickým vplyvom a nestabilitou vstupov. Spoločnosť DPD vykazuje v niektorých rokoch výrazné nadhodnotenie modelom, napríklad v roku 2019, kedy skutočné výnosy zaostávali za predikciou o vyše 3 milióny eur. V iných obdobiach je však predikcia presnejšia, najmä v posledných troch rokoch. GLS preukazuje pomerne vyrovnaný súlad medzi reálnymi a predpokladanými hodnotami, pričom rozdiely sú väčšinou marginálne. To naznačuje stabilitu výkonov a konzistentnosť vzťahov medzi vstupmi a výstupom.

U spoločnosti Packeta je viditeľný rastúci rozdiel v posledných rokoch, kde najmä v období 2022 a 2023 sú skutočné výnosy výrazne vyššie než modelom predpokladané. Tento jav je pravdepodobne dôsledkom expanzie a nelineárneho rastu, ktorý model založený na historických vstupoch nezachytáva dostatočne presne. SPS dosahuje veľmi presnú predikciu vo väčšine rokov, s výnimkou rokov

2020 a 2021, kde sa objavujú mierne nadhodnotenia výnosov. Naopak, TNT dlhodobo vykazuje najväčšie odchýlky, čo len potvrdzuje výsledky regresnej analýzy, podľa ktorých tento model nie je pre TNT vhodný nástroj predikcie.

Percentuálna odchýlka

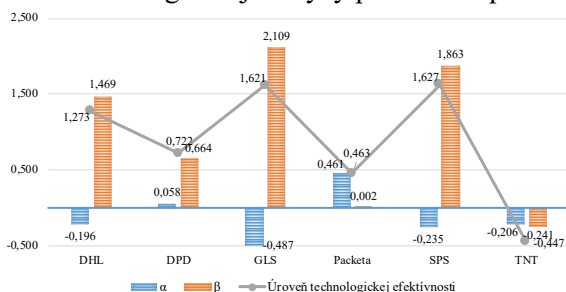
Percentuálna odchýlka je dôležitá metrika, ktorá umožňuje kvantifikovať rozdiel medzi odhadovanými a skutočnými výnosmi. Je to pomerne vyjadrenie odchýlky, ktoré umožňuje porovnávať presnosť odhadov naprieč rôznymi súbormi dát alebo modelmi. Pre výpočet je potrebné najskôr odčítať odhadovanú hodnotu od skutočnej hodnoty. Výsledný rozdiel potom predeliť skutočnou hodnotou a výsledok vynásobiť číslom 100.

DHL Express zaznamenáva v sledovanom období relatívne stabilné pozitívne odchýlky v rokoch 2017 až 2020, čo poukazuje na mierne podhodnotenie modelom. Najväčšia kladná odchýlka sa objavila v roku 2018 (1,84%). V roku 2021 model takmer presne vystihol realitu (-0,07%), no v roku 2023 je zaznamenaná mierne negatívna odchýlka (-1,36%). DPD vykazuje vyššiu volatilitu odchýlok. Napríklad v roku 2018 bola skutočná hodnota o 1,98% vyššia, zatiaľ čo v roku 2020 model výnosy preceňoval o 3,24%. V rokoch 2022 a 2023 sa predikcie modelu priblížili k reálnym hodnotám, s minimálnymi odchýlkami do $\pm 1\%$. GLS dosahuje veľmi nízke percentuálne odchýlky počas celého obdobia. Výnimkou je rok 2020 s miernou pozitívnou odchýlkou 1,12%, inak sa rozdiely pohybujú v rámci $\pm 0,5\%$. To potvrdzuje vysokú presnosť predikcie a stabilitu vývoja.

Packeta vykazuje najvyššiu dynamiku odchýlok, najmä v dôsledku rýchleho rastu. V roku 2019 bola skutočná hodnota o 4,21% nižšia ako očakávaná, no už v roku 2021 model výrazne podhodnotil výnosy, ktoré boli o 4,20% vyššie než predikcia. V roku 2023 odchýlka dosahuje až 6,48%, čo potvrdzuje, že tradičný model nedokáže zachytiť dynamiku rastu v takto rýchlo expandujúcom podniku. SPS má veľmi konzistentné výsledky, pričom percentuálne rozdiely sa pohybujú väčšinou v intervale $\pm 1\%$. Výnimkou je rok 2020 s odchýlkou -1,43%, čo môže súvisieť s pandemickými výkyvmi. Naopak, TNT zaznamenáva počas celého obdobia menšie odchýlky, bez výraznejšieho trendu. Najväčšia kladná odchýlka sa objavila v roku 2018 (4,73%), zatiaľ čo v roku 2017 to bola najväčšia záporná odchýlka (-3,61%). Celkovo však model pre TNT ukazuje nižšiu presnosť a predikčnú schopnosť, čo korešponduje aj s výsledkami regresnej analýzy. Tieto odchýlky poukazujú na mieru spoľahlivosti regresného modelu pri kvantifikácii výnosov, ako aj na to, ktoré spoločnosti sú z pohľadu modelu predvídateľné a ktoré vykazujú nelineárny alebo turbulentný rast.

Analýza výsledkov v kontexte technickej a technologickej substitúcie

Porovnanie výsledkov realizovanej analýzy s teoretickými východiskami technickej a technologickej substitúcie umožňuje lepšie pochopenie dynamiky využívania rôznych typov vstupov pri tvorbe výstupu v sektore poštových a kuriérskych služieb. Technická substitúcia popisuje nahrádzanie jedného vstupu druhým – napríklad práce kapitálom – s cieľom optimalizácie nákladov. Technologická substitúcia sa zameriava na využitie nových technológií, ktoré umožňujú dosahovať vyšší výstup bez primeraného rastu tradičných vstupov. Na Obrázku 3 je znázornená úroveň technologickej efektívnosti, vyjadrená prostredníctvom koeficientov regresnej analýzy pre každú spoločnosť.



Obrázok 3: Úroveň technologickej efektívnosti (Zdroj: Vlastné spracovanie)

DHL Express dosahuje negatívny koeficient kapitálu (-0,196) a výrazne pozitívny koeficient práce (1,469). To signalizuje silnú závislosť výstupu na práci a zároveň neefektívne využívanie kapitálu, ktoré by mohlo byť zlepšené prostredníctvom technologickej modernizácie a optimalizácie investičných procesov. DPD má koeficienty 0,058 pre kapitál a 0,664 pre prácu, pričom ani jeden z nich nie je štatisticky významný. To poukazuje na slabý a nejasný vzťah medzi vstupmi a výstupom, čo môže naznačovať, že produktivita závisí od iných, nekvantifikovaných faktorov. Efektivita by mohla byť posilnená lepším zacielením technologických investícií. GLS dosahuje výrazne pozitívny a významný vplyv práce (2,109), ale negatívny a zároveň štatisticky významný koeficient kapitálu (-0,487). To naznačuje, že kapitál môže byť v niektorých obdobiach nadmerne viazaný bez primeraného príspevku k výstupu, čo poukazuje na potrebu jeho efektívnejšej alokácie. Packeta má mierne pozitívny koeficient kapitálu (0,461), avšak s veľmi vysokou p-hodnotou, a takmer nulový vplyv práce (0,002), ktorý nie je štatisticky významný. Napriek tomu spoločnosť dosahuje prudký rast výstupu, čo naznačuje, že jej výkonnosť je viac závislá od digitálnych a procesných inovácií než od tradičných vstupov. SPS vykazuje kladný koeficient pre prácu (1,863), ktorý

je hranične nevýznamný, a záporný koeficient pre kapitál (-0,235). Aj keď model ako celok vykazuje vysokú presnosť, tieto koeficienty naznačujú priestor pre optimalizáciu kapitálových výdavkov a ďalšie zefektívnenie práce prostredníctvom digitalizácie. TNT Express má oba koeficienty negatívne a zároveň štatisticky nevýznamné. Táto kombinácia naznačuje, že spoločnosť nevyužíva svoje vstupy efektívne a mala by zvážiť revíziu svojho prevádzkového modelu, vrátane možností technickej a technologickej transformácie.

Návrhy na ďalší výskum

Pre budúci výskum sa otvára viacero možných smerov, ktoré by mohli prispieť k lepšiemu zachyteniu komplexnej problematiky výkonnosti poštových a kuriérskych spoločností. Jedným z nich je rozšírenie existujúceho modelu o ďalšie premenné, ako napríklad intenzita implementácie inovatívnych technológií, úroveň automatizácie alebo miera digitalizácie procesov, ktoré by mohli pomôcť lepšie odrážať technologické rozdiely medzi jednotlivými podnikmi. Ďalšou možnosťou je využitie panelových dát a viacúrovňových modelov, ktoré by umožnili zohľadniť charakteristiky špecifické pre podniky a lepšie zachytiť dynamiku vývoja v priebehu času. Rovnako dôležité je aj kombinovať číselné dáta s kvalitatívnym pohľadom, napríklad pri posudzovaní úrovne inovácií, schopnosti podnikov prispôbovať sa zmenám a miery, do akej zavádzajú technológie do svojich procesov. Z tohto pohľadu by bolo vhodné rozšíriť analýzu práve o premenné reprezentujúce úroveň aplikácie IoT, čo by umožnilo lepšie pochopiť vplyv technologickej vyspelosti na výkonnosť, efektívnosť a dlhodobú udržateľnosť poštových a logistických procesov.

1.2 Zhrnutie

Prvá kapitola dizertačnej práce analyzuje súčasný stav problematiky digitalizácie, inovácií a využívania technológií IoT v sektore poštových služieb, pričom vytvára analytický základ pre praktickú časť práce. Na základe teoretických východísk, ktoré sú v rámci kapitoly popísané, je pre účely dizertačnej práce stanovená definícia IoT nasledovne: ***„Internet vecí predstavuje súčasť digitálnej infraštruktúry, ktorá umožňuje prepojenie zariadení a systémov s cieľom zberu a spracovania dát prostredníctvom integrácie a interoperability technológií, pričom jeho využitie odráža strategickú orientáciu organizácií na efektívnosť a digitalizáciu procesov.“*** V podkapitole 1.4 je prostredníctvom analýzy databázy Web of Science identifikovaný rýchly nárast vedeckého záujmu o oblasť IoT, čo poukazuje na jej rastúci význam naprieč rôznymi sektormi hospodárstva. Podkapitola 1.5 následne obsahuje komparáciu úrovne digitalizácie a inovačnej

výkonnosti vybraných krajín susediacich so Slovenskom s dôrazom na hodnotiace indexy (DESI, EIS, GII), ktoré ilustrujú silné a slabé stránky jednotlivých štátov v oblasti prijímania technologických riešení. Tieto poznatky poukazujú na relatívne zaostávanie Slovenska v oblasti inovácií, čo môže ovplyvňovať aj pripravenosť na adopciu IoT riešení v poštových službách. Hlavnou časťou prvej kapitoly dizertačnej práce je aplikácia Cobb-Douglasovej produkčnej funkcie, vďaka čomu je analyzovaný vzťah medzi pracou, kapitálom a výstupom v šiestich kľúčových poštových a kuriérskych spoločnostiach na Slovensku. Väčšina modelov naznačuje silnejší vplyv práce než kapitálu, čo poukazuje na význam ľudského faktora v sektore.

Súčasťou analýzy sú aj výpočty celkovej faktorovej produktivity, ktoré poskytujú komplexnejší pohľad na efektívnosť, vrátane vplyvu nepozorovaných faktorov. Zistenia poukazujú na to, že firmy ako GLS či SPS vykazujú nadpriemernú výkonnosť, zatiaľ čo Packeta preukazuje dynamiku nelineárneho rastu. V rámci porovnania predpokladaných a skutočných výnosov sa identifikujú významné rozdiely, čo odhaľuje limity Cobb-Douglasovho modelu v zachytávaní komplexnosti podnikových procesov. Percentuálna odchýlka medzi predikciou a realitou ďalej zvyrazňuje spoločnosti, ktoré sa vymykajú štandardným trendom, predovšetkým Packeta a TNT. Analýza výsledkov je tiež rozšírená o diskusiu v kontexte technickej a technologickej substitúcie, kde je hodnotený potenciál podnikov zvýšiť výstup nielen prostredníctvom práce a kapitálu, ale aj prostredníctvom technologických inovácií. Ďalej sú identifikované faktory ovplyvňujúce výkonnosť spoločností – od interného manažmentu a zručností až po trhové a regulačné podmienky. V závere kapitoly sú uvedené limitácie použitého modelu, ktoré otvárajú priestor pre budúci výskum.

Kapitola systematicky mapuje existujúci výskum a úroveň digitalizácie v sektore poštových služieb, ale zároveň odhaľuje významnú výskumnú medzeru, ktorou je absencia analytického prístupu, ktorý by okrem tradičných vstupov, ako sú kapitál a práca, explicitne zohľadňoval vplyv technológií IoT na výkonnosť podnikov. Doterajšie modely v prevažnej miere vychádzajú z klasických ekonomických premenných, čím nepostačujúco reflektujú dynamiku technologických zmien, ktoré zásadným spôsobom transformujú spôsob poskytovania poštových a kuriérskych služieb. Táto medzera zároveň poukazuje na potrebu rozšíriť existujúce analytické rámce o premenné, ktoré by umožnili zachytiť technologickú vyspelosť, mieru automatizácie, alebo úroveň integrácie smart riešení do interných procesov. Práve takýto prístup by mohol lepšie vysvetliť rozdiely vo výkonnosti medzi podnikmi a zároveň priniesť nové poznatky pre oblasť hodnotenia digitálnej transformácie v službách.

2. CIEĽ PRÁCE

Hlavným cieľom dizertačnej práce je **vytvoriť metodiku posudzovania ekonomických prínosov implementácie prvkov internetu vecí v poštových službách a procesoch**. Navrhnutá metodika bude obsahovať návrh hodnotiaceho modelu úrovne IoT a následné rozšírenie Cobb-Douglasovej produkčnej funkcie o ďalší parameter, čo poskytne rámec pre kvantitatívne vyhodnocovanie vplyvu technológií na výkonnosť podnikov.

Identifikovaná výskumná medzera spočíva v absencii kvantitatívneho modelu, ktorý by umožňoval hodnotiť mieru implementácie a využívania IoT v podnikoch a zároveň preskúmať ekonomický dopad implementácie IoT na výkonnosť podnikov. Na základe poznatkov zo súčasného výskumu a analýzy realizovanej aplikáciou Cobb-Douglasovej produkčnej funkcie vznikla potreba doplnenia tradičného ekonomického modelu o nový vysvetľujúci parameter – IoT ako technologickú premennú.

Pre naplnenie hlavného cieľa práce je potrebné definovať a splniť čiastkové ciele práce.

Čiastkové ciele práce:

1. Preskúmať súčasný stav vedeckého poznania v oblasti digitálnej transformácie, so zameraním na jej aplikáciu v poštových a logistických službách.
2. Analyzovať výkonnosť vybraných spoločností poskytujúcich ostatné poštové služby a služby kuriérov na Slovensku prostredníctvom základného modelu Cobb-Douglasovej produkčnej funkcie, a identifikovať rozdiely v efektívnosti využívania vstupov.
3. Navrhnuť a vytvoriť hodnotiaci model úrovne pripravenosti, implementácie a využívania IoT v podnikoch.
4. Overiť použiteľnosť navrhnutého modelu v reálnych podnikových podmienkach.
5. Integrovať IoT ako premennú do rozšíreného modelu Cobb-Douglasovej produkčnej funkcie a vyhodnotiť jeho vplyv na výstup v porovnaní s klasickým modelom.
6. Na základe rozšíreného modelu vytvoriť simulácie a scenáre možného vývoja v závislosti od úrovne IoT, ako podkladu pre strategické rozhodovanie v praxi.
7. Vypracovať odporúčania pre spoločnosti poskytujúce ostatné poštové služby a služby kuriérov v oblasti hodnotenia prínosov IoT a efektívnej implementácie technológií.

Pre dosiahnutie stanoveného hlavného cieľa je potrebné zodpovedať niekoľko výskumných otázok, ktoré pomáhajú identifikovať kľúčové súvislosti medzi IoT a ekonomickou výkonnosťou podnikov.

Výskumné otázky (VO):

- **VO1:** Aký potenciál majú jednotlivé oblasti poštových služieb na uplatnenie technológií IoT?
- **VO2:** Je možné kvantitatívne vyjadriť úroveň IoT v podniku prostredníctvom hodnotiaceho modelu a použiť ju v ekonomickej analýze?
- **VO3:** Má implementácia IoT potenciál ekonomicky ovplyvniť výkonnosť spoločností poskytujúcich ostatné poštové služby a služby kuriérov?
- **VO4:** Zvyšuje pridanie IoT ako vysvetľujúcej premennej výpovednú hodnotu Cobb-Douglasovej produkčnej funkcie?
- **VO5:** Aké môžu byť potenciálne vývojové scenáre výkonnosti poštových podnikov v závislosti od úrovne IoT?

Na základe výskumných otázok sú formulované hypotézy, ktoré budú overené v praktickej časti dizertačnej práce.

Hypotézy (H):

- **H1:** Implementácia IoT má pozitívny vplyv na výstup spoločností poskytujúcich ostatné poštové služby a služby kuriérov.
- **H2:** Model Cobb-Douglas rozšírený o premennú úroveň IoT vykazuje vyššiu mieru vysvetlenia variability výstupu než tradičný model.

Na účely overenia stanovených hypotéz bude v nasledujúcej kapitole predstavená metodika práce, opis použitých nástrojov a spôsob zberu a analýzy dát.

3. METODIKA PRÁCE A METÓDY SKÚMANIA

Zdroje informácií

Dizertačná práca vychádza z kombinácie primárneho a sekundárneho výskumu. Sekundárne zdroje predstavujú základ pre teoretické ukotvenie problematiky a zahŕňajú vedecké články, monografie, analytické správy a odborné štúdie publikované v databázach ako Web of Science, Scopus, ScienceDirect, IEEE Xplore či Google Scholar. Dôležitými výstupmi sú aj dáta a publikácie od relevantných inštitúcií pôsobiacich v oblasti poštových služieb, logistiky a digitalizácie. Primárny výskum zahŕňa:

- zber dát od vybraných spoločností poskytujúcich ostatné poštové služby a služby kuriérov na Slovensku,
- expertné rozhovory s odborníkmi,
- zostavenie a aplikáciu hodnotiaceho modelu úrovne IoT,
- návrh a testovanie rozšírenej Cobb-Douglasovej produkčnej funkcie.

Získané dáta budú následne analyzované kvantitatívnymi metódami a výsledky využité na overenie hypotéz.

Metódy skúmania

V práci sú použité viaceré výskumné metódy, ktoré umožňujú kombinovať teoretické poznatky s empirickými dátami:

- Analýza a syntéza – použité pri spracovaní vedeckých zdrojov a zostavení teoretického rámca hodnotenia IoT.
- Indukcia a dedukcia – využité pri formulovaní výskumných otázok, hypotéz a interpretácii výsledkov.
- Matematicko-štatistické metódy – aplikované pri tvorbe a validácii Cobb-Douglasovej produkčnej funkcie, ako aj pri spracovaní údajov z hodnotiaceho modelu.
- Testovanie hypotéz pomocou štatistických testov – využité na overenie významnosti vzťahov medzi premennými prostredníctvom F-testu a korelačnej analýzy.
- Modelovanie a simulácia – použité v záverečnej časti výsledkov práce na tvorbu scenárov vývoja výkonnosti poštových podnikov podľa úrovne IoT, s využitím Monte Carlo simulácií a predikčných modelov.
- Dopytovanie a expertné rozhovory – slúžia ako podklad pre tvorbu indikátorov hodnotiaceho modelu a pre kvalitatívnu validáciu získaných výstupov.

- Komparácia – využitá pri porovnávaní vybraných krajín z hľadiska digitálnej transformácie a inovácií, a pri porovnávaní vybraných spoločností v rámci prvej a štvrtej kapitoly práce.

Metodika vypracovania dizertačnej práce

Metodika pozostáva z troch hlavných fáz:

- Analytická fáza – zmapovanie súčasného stavu, identifikácia výskumnej medzery, spracovanie vstupov z literatúry a praxe.
- Návrhová fáza – návrh hodnotiaceho modelu úrovne IoT, jeho testovanie v praxi a rozšírenie Cobb-Douglasovej produkčnej funkcie.
- Aplikačná fáza – výpočty, analýza ekonomických dopadov, tvorba simulácií a formulácia odporúčaní pre prax.

Metodika tvorby hodnotiaceho modelu úrovne IoT

Na základe definovanej výskumnej medzery je v práci vytvorený hodnotiaci model úrovne IoT, ktorého cieľom je kvantifikovať úroveň implementácie IoT v podnikoch poskytujúcich ostatné poštové služby a služby kuriérov, zabezpečiť porovnateľnosť medzi hodnotenými spoločnosťami a vytvoriť vstupný parameter pre rozšírenú produkčnú funkciu.

1. Definovanie cieľa a štruktúry: Model sa opiera o piliere ako digitálna transformácia, zber a spracovanie dát, integrácia a interoperabilita a strategická orientácia. Každý pilier je tvorený hodnotiacimi kritériami a indikátormi, ktoré sú merateľné a škálovateľné.
2. Zber a overenie dát: Dáta je možné získať prostredníctvom expertných rozhovorov, analýzy firemných dokumentov alebo výročných správ. Na zabezpečenie validity môžu byť využité viaceré zdroje údajov, ktoré umožnia ich vzájomné overenie a doplnenie.
3. Škálovanie a váhovanie: Rôzne typy údajov sú prevedené na spoločnú škálu (0–100), aby bola zabezpečená porovnateľnosť a každý indikátor je ohodnotený na základe jeho významu. Váhy sú určené kombináciou expertných odhadov, historických dát a analytických metód.
4. Výpočet celkového skóre: Kombináciou váh a hodnotených indikátorov sa získava agregované skóre úrovne IoT pre hodnotené podniky.
5. Validácia: Model je potrebné overiť v praxi, kde je získaná spätná väzba od expertov. Následne je model upravený pre zvýšenie spoľahlivosti a použiteľnosti.

Rozšírenie základného modelu Cobb-Douglasovej produkčnej funkcie

Na základe vytvoreného hodnotiaceho modelu bude IoT zaradený ako dodatočný vstupný faktor do Cobb-Douglasovej produkčnej funkcie v tvare:

$$y = A * K^{\alpha} * L^{\beta} * I^{\gamma} ,$$

kde:

Y - výstup,

A - celková faktorová produktivita/technologická úroveň (konštanta),

K - kapitál,

L - práca,

α, β, γ - elasticita vstupov.

Model bude empiricky testovaný pomocou dát z vybraného podniku a výsledky budú porovnané s klasickým modelom bez IoT premennej.

Tvorba scenárov a simulácií

Na základe modelu bude možné vytvoriť niekoľko scenárov vývoja:

- pri rôznych úrovniach implementácie IoT,
- pri rôznych kombináciách vstupov,
- pri rôznych stratégiách digitalizácie.

Vytvorené scenáre budú slúžiť ako vstup pre kvantitatívnu analýzu pomocou rozšíreného regresného modelu Cobb-Douglas, kde sú testované predpoklady vplyvu IoT na výkonnosť podnikov v rozdielnych podmienkach vývoja. Taktiež budú scenáre slúžiť ako podklad pre strategické rozhodovanie manažmentu podnikov a pre odporúčania v oblasti investícií do technológií.

4. VÝSLEDKY PRÁCE

V štvrtej kapitole dizertačnej práce sú predstavené výsledky práce. Postupne je predstavený návrh hodnotiaceho modelu pripravenosti a vplyvu IoT, aplikácia navrhnutého modelu v praxi, rozšírenie Cobb-Douglasovej produkčnej funkcie o parameter IoT reprezentovaný úrovňou z hodnotiaceho modelu, simulácie vývoja jednotlivých premenných pre spoločnosti poskytujúce ostatné poštové služby a služby kuriérov analyzované v rámci prvej kapitoly a overenie hypotéz stanovených v rámci dizertačnej práce. Podkapitola 4.1 najskôr teda približuje návrh a vytvorenie hodnotiaceho modelu „IoT Readiness & Impact Model“ (IoTRIM).

4.1 Hodnotiaci model IoTRIM

Hlavným cieľom podkapitoly je predstaviť a opísať tvorbu hodnotiaceho modelu, ktorého pracovný názov je pre potreby dizertačnej práce stanovený na „IoT Readiness & Impact Model“. Model bude slúžiť ako univerzálny nástroj na hodnotenie úrovne implementácie a ekonomického dopadu technológií IoT v rôznych odvetviach hospodárstva. IoTRIM je navrhnutý ako komplexný, modulárne štruktúrovaný index, ktorý umožňuje objektívne a štandardizované hodnotenie pripravenosti podnikov na zavádzanie IoT riešení, ako aj identifikáciu potenciálnych prínosov v oblasti efektivity, produktivity a celkovej výkonnosti. Pre účely dizertačnej práce ide o poštové a kuriérske podniky, no metodika umožňuje jeho využitie v rôznych oblastiach.

Definovanie cieľa a štruktúry

Vzhľadom na absenciu štandardizovaného a všeobecne akceptovaného nástroja pre hodnotenie úrovne IoT v podnikoch, je navrhnutá vlastná metodika, ktorá má potenciál byť adaptovaná v rôznych oblastiach hospodárstva, vrátane oblasti poštových služieb a služieb kuriérov. Hlavným cieľom hodnotiaceho modelu IoTRIM je teda hodnotiť úroveň implementácie a ekonomického dopadu a využívania IoT v podnikoch. Pri tvorbe štruktúry hodnotiaceho modelu je uplatnená kombinácia expertných vstupov, analýzy literatúry a testovania v praxi. Hodnotiaci model je postavený na trojúrovňovej hierarchii:

- Piliere hodnotenia (hlavné oblasti pripravenosti a dopadu)
- Hodnotiace kritériá (kľúčové oblasti v rámci pilierov)
- Indikátory (merateľné ukazovatele pre zber a vyhodnocovanie dát)

Hodnotiaci model IoTRIM je navrhnutý ako viacúrovňový nástroj na hodnotenie miery pripravenosti a ekonomického dopadu implementácie IoT v

podnikoch. Model je členený do 4 hlavných pilierov, ktoré reflektujú kľúčové oblasti ovplyvňované implementáciou IoT riešení. Každý pilier je rozpracovaný do konkrétnych hodnotiacich kritérií a tie sú ďalej členené na merateľné indikátory. Celkovo model obsahuje 8 hodnotiacich kritérií a 24 indikátorov.

Štyri hlavné piliere hodnotiaceho modelu vyplývajú z definície IoT, ktorá bola stanovená pre túto dizertačnú prácu v Kapitole 1 a to: „Internet vecí predstavuje súčasť digitálnej infraštruktúry, ktorá umožňuje prepojenie zariadení a systémov s cieľom zberu a spracovania dát prostredníctvom integrácie a interoperability technológií, pričom jeho využitie odráža strategickú orientáciu organizácií na efektívnosť a digitalizáciu procesov.“ Štyrmi hlavnými piliermi sú teda: digitálna infraštruktúra, zber a spracovanie dát, integrácia a interoperabilita a strategická orientácia.

Každý pilier obsahuje dve hodnotiace kritériá (prepojenosť zariadení, dostupnosť konektivity, automatizácia zberu dát, využitie dátovej analytiky, prepojenosť systémov, adaptabilita riešení, investície do IoT, riadenie a plánovanie) a každé hodnotiace kritérium je pokryté dvoma a viac indikátormi. Každý indikátor je navrhnutý tak, aby bolo možné jeho hodnotu získať cez expertné rozhovory s kompetentnými osobami, z dostupných záznamov hodnoteného podniku alebo z výročných správ. Indikátory slúžia ako vstup pre hodnotenie a následnú integráciu IoT ako premennej do rozšírenej Cobb-Douglasovej produkčnej funkcie. Hodnotiaci model IoTRIM je navrhnutý tak, aby bol adaptovateľný na špecifiká podnikateľského sektora a aby indikátory odrážali dostupnosť a reálnu možnosť zberu potrebných dát. Prehľad hlavných pilierov, hodnotiacich kritérií a jednotlivých indikátorov sa nachádza v Tabuľke 2.

Tabuľka 2. Štruktúra hodnotiaceho modelu IoTRIM

Pilier	Hodnotiace kritérium	Indikátor
Digitálna infraštruktúra	Prepojenosť zariadení	Podiel IoT zariadení na jedného zamestnanca Podiel zariadení pripojených v reálnom čase
	Dostupnosť konektivity	Podiel pokrytia podniku sieťou s vysokou priepustnosťou Počet výpadkov pripojenia za mesiac
	Automatizácia zberu dát	Podiel senzoričky získavaných údajov na celkových dátach Frekvencia zberu dát
Zber a spracovanie dát	Využitie dátovej analytiky	Podiel analytických reportov generovaných mesačne Podiel automatického spracovania údajov Pritomnosť platformy na správu IoT údajov Podiel oddelení využívajúcich IoT dáta pri rozhodovaní Podiel systémov prepojených cez API / middleware
Integrácia a interoperabilita	Prepojenosť systémov	Podiel integrovaných IoT systémov s ERP / CRM / SCM Podiel IoT zariadení prepojených cez cloudové služby Pritomnosť jednotného dátového rozhrania pre IoT dáta
	Adaptabilita riešení	Pritomnosť štandardizovaného protokolu (napr. MQTT, CoAP) Podiel zariadení podporujúcich vzdialený update Podiel možnosti centrálného manažmentu IoT zariadení v rámci celej siete
	Investície do IoT	Podiel výdavkov na IoT z celkových investícií Počet IoT projektov implementovaných za posledné 2 roky
Strategická orientácia	Riadenie a plánovanie	Pritomnosť IoT stratégie na úrovni manažmentu Pritomnosť zohľadňovania dát z IoT pri rozhodovaní Podiel zamestnancov preškolených v oblasti IoT Pritomnosť systému na monitorovanie výkonnosti IoT projektov (napr. dashboards, KPI monitoring) Pritomnosť pravidelných interných auditov / hodnotení IoT

Vlastné spracovanie.

Zber a overenie dát

Spôľahlivý a systematický zber dát predstavuje kľúčový predpoklad pre úspešnú aplikáciu hodnotiaceho modelu IoTRIM, ktorý je navrhnutý ako univerzálne aplikovateľný rámec, ktorý možno prispôbiť rôznym sektorom hospodárstva – vrátane priemyselnej výroby, dopravy, logistiky, energetiky, zdravotníctva, ale aj verejného sektora. Primárne dáta predstavujú základný zdroj informácií pre vyhodnotenie úrovne IoT v konkrétnom podniku. Sekundárne dáta slúžia ako podpora, validácia alebo náhrada v prípade nedostupnosti primárnych dát. Ide najmä o výročné správy, investičné plány a stratégie firiem z verejne dostupných dát z obchodných registrov, finančných databáz, odborných článkov, prípadových štúdií a výskumných publikácií. Každý indikátor má priradený zdroj údajov a v prípade, že to je možné, aj viacero zdrojov údajov, vďaka čomu je zabezpečená spoľahlivosť a relevantnosť dát, keďže je možné vzájomne verifikovať správnosť uvedených údajov. Pri chýbajúcich údajoch sa aplikujú podporné metódy – odhad vývoja na základe historických trendov alebo kvalifikovaný expertný odhad. V Tabuľke 3 sa nachádza prehľad jednotiek a zdrojov dát jednotlivých indikátorov.

Tabuľka 3. Zdroje dát hodnotiaceho modelu

Indikátor	Jednotka	Zdroj údajov
Podiel IoT zariadení na jedného zamestnanca	%	Expertné rozhovory / interné databázy / výročné správy
Podiel zariadení pripojených v reálnom čase	%	Expertné rozhovory / interné databázy
Podiel pokrytia podniku sieťou s vysokou priepustnosťou	%	Expertné rozhovory / interné databázy
Počet výpadkov pripojenia za mesiac	skóre 0-100	Expertné rozhovory
Podiel senzoričky získavaných údajov na celkových dátach	%	Expertné rozhovory / interné databázy
Frekvencia zberu dát	záznam / deň	Expertné rozhovory / interné databázy
Podiel analytických reportov generovaných mesačne	%	Expertné rozhovory / interné databázy
Podiel automatického spracovania údajov	%	Expertné rozhovory / interné databázy
Pritomnosť platformy na správu IoT údajov	áno/nie	Expertné rozhovory / interné databázy / výročné správy
Podiel oddelení využívajúcich IoT dáta pri rozhodovaní	%	Expertné rozhovory / interné databázy
Podiel systémov prepojených cez API / middleware	%	Expertné rozhovory / interné databázy
Podiel integrovaných IoT systémov s ERP / CRM / SCM	%	Expertné rozhovory / interné databázy
Podiel IoT zariadení prepojených cez cloudové služby	%	Expertné rozhovory / interné databázy
Pritomnosť jednotného dátového rozhrania pre IoT dáta	áno/nie	Expertné rozhovory / interné databázy / výročné správy
Pritomnosť štandardizovaného protokolu (napr. MQTT, CoAP)	áno/nie	Expertné rozhovory / interné databázy / výročné správy
Podiel zariadení podporujúcich vzdialený update	%	Expertné rozhovory / interné databázy
Pritomnosť možnosti centrálneho manažmentu IoT zariadení v rámci celej siete	áno/nie	Expertné rozhovory / interné databázy / výročné správy
Podiel výdavkov na IoT z celkových investícií	%	Expertné rozhovory / interné databázy / výročné správy
Počet IoT projektov implementovaných za posledné 2 roky	%	Expertné rozhovory / interné databázy / výročné správy
Pritomnosť IoT stratégie na úrovni manažmentu	áno/nie	Expertné rozhovory / výročné správy
Pritomnosť zohľadňovania dát z IoT pri rozhodovaní	áno/nie	Expertné rozhovory (samohodnotenie)
Podiel zamestnancov preškolených v oblasti IoT	%	Expertné rozhovory / interné databázy
Pritomnosť systému na monitorovanie výkonnosti IoT projektov (napr. dashboardy, KPI monitoring)	áno/nie	Expertné rozhovory / interné databázy / výročné správy
Pritomnosť pravidelných interných auditov / hodnotení IoT	áno/nie	Expertné rozhovory / interné databázy / výročné správy

Vlastné spracovanie.

Pre každý indikátor sú určené potenciálne zdroje dát, a je zabezpečené krížové overovanie medzi primárnymi a sekundárnymi údajmi v prípade, že je to možné. V návrhu modelu boli zohľadnené praktické možnosti zberu – indikátory boli konzultované s odborníkmi z praxe z hľadiska ich zberateľnosti a ochoty podnikov uvedený údaj poskytnúť.

Škálovanie a váhovanie

Z dôvodu umožnenia objektívneho porovnávania podnikov na základe údajov rôznej povahy a jednotiek, je nevyhnutné transformovať pôvodné hodnoty indikátorov do jednotnej škály. Táto transformácia sa realizuje pomocou škálovania jednotlivých hodnôt indikátorov, po čom nasleduje váhovanie jednotlivých pilierov, kritérií a indikátorov, čím sa zabezpečí rovnomerné a spravodlivé zastúpenie významu každého prvku v celkovom hodnotení.

Aby bolo možné uskutočniť zmysluplné porovnanie medzi podnikmi na základe rôznych typov indikátorov, je nevyhnutné transformovať všetky vstupné údaje na spoločnú škálu. V hodnotiacom modeli IoTRIM je preto použitý prístup priameho škálovania všetkých indikátorov na jednotnú škálu 0-100, čím sa eliminuje potreba klasickej matematickej normalizácie. Cieľom škálovania je zabezpečiť porovnateľnosť údajov s rozdielnou jednotkou alebo typom (percento, frekvencia, skóre, binárna premenná), umožniť agregáciu výsledkov do vyšších úrovní modelu bez toho, aby boli určité indikátory zvýhodnené len na základe svojej pôvodnej škály a zachovať zrozumiteľnosť výsledkov, keďže skóre v rozsahu 0-100 je intuitívne a ľahko interpretovateľné. Transformácia na škálu 0-100 je realizovaná na základe povahy jednotlivých indikátorov nasledovne:

Priame škálovanie (percentuálne údaje)

Indikátory, ktoré sú prirodzene vyjadrené v percentách (napr. „podiel IoT zariadení na zamestnanca“, „podiel automaticky spracovaných údajov“), už majú hodnotu v rozmedzí 0-100%. Tieto hodnoty preto nie je potrebné ďalej upravovať a sú priamo použité ako skóre.

Skórovacia stupnica (kategorizované hodnoty)

Niektoré indikátory nie je možné merať priamo v percentách, no je možné ich rozdeliť do kategórií podľa výkonnostných úrovní (napr. počet výpadkov, frekvencia zberu dát). Pre tieto ukazovatele je vytvorená expertná skórovacia stupnica, ktorá každej kategórii priradzuje zodpovedajúce skóre v rozsahu 0-100. Zvolený prístup umožňuje zachytiť kvalitatívne rozdiely medzi podnikmi, aj keď údaj nie je vyjadrený v percentuálnom tvare.

Binárne skórovanie (áno/nie)

Pre indikátory, ktoré sa týkajú prítomnosti alebo absencie určitého prvku (napr. existencia IoT stratégie, platformy na správu údajov, pravidelných auditov), je použitý binárny prístup. Hodnota „áno“ je transformovaná na 100%, „nie“ na 0%. Tento spôsob je jednoduchý, zrozumiteľný a vhodný pre indikátory, ktoré majú jednoznačný význam pre hodnotenie pripravenosti podniku.

Flexibilita pre rozšírenie

Vzhľadom na možnú aplikáciu modelu v rôznych sektoroch hospodárstva je škálovanie navrhnuté flexibilne. V prípade potreby môže byť skórovacia stupnica doplnená o viac úrovní, alebo môže byť prispôbena špecifikám konkrétneho odvetvia. Prispôbitelnosť je jedným zo základných princípov hodnotiaceho modelu IoTRIM.

V prípade nedostupných údajov môže byť použitý odhad, ak sa tým neohroží validita výpočtu, prípadne sa pri chýbajúcich dátach daný indikátor vylúči z výpočtu príslušného kritéria a skóre sa upraví proporcionálne podľa počtu dostupných indikátorov.

Model je tvorený 4 hlavnými piliermi, pričom každý pilier reprezentuje kľúčovú oblasť hodnotenia úrovne IoT v podniku. Každému pilieru je priradená rovnaká váha 25%, čím sa zabezpečuje rovnomerné zastúpenie v celkovom výpočte skóre modelu. Každý pilier obsahuje 2 hodnotiace kritériá. V rámci jedného piliera sú všetkým kritériám priradené rovnaké váhy. Hodnotiace kritériá sú ďalej rozpracované do indikátorov, ktorým je v rámci daného kritéria taktiež priradená rovnaká váha. Výpočet je proporčný a zohľadňuje prípadné nedostupné indikátory.

Pri stanovovaní váh pilierov, hodnotiacich kritérií a indikátorov prebehla konzultácia s odborníkmi z praxe, pričom ich poznatky a pripomienky boli zohľadnené v konečnom nastavení váh. Cieľom bolo zabezpečiť objektívne a relevantné ohodnotenie jednotlivých aspektov podnikov. Hoci súčasný návrh hodnotiaceho modelu používa rovnomerné váhovanie pre zabezpečenie transparentnosti a jednoduchosti, jeho štruktúra umožňuje aj alternatívne váhovanie podľa expertov, napríklad využitím Delphi metódy, kde sú váhy určené na základe expertného konsenzu. V budúcnosti môže byť táto flexibilita využitá pre zvýšenie presnosti modelu v špecifických sektoroch.

Výpočet celkového skóre

Hodnotiaci model IoTRIM využíva pre výpočet celkového skóre agregačnú metódu „bottom-up“.

Validácia

Proces návrhu hodnotiaceho modelu IoTRIM prebieha v niekoľkých fázach a je založený na kombinácii teoretického výskumu, analýzy vedeckých a aplikačných prístupov a spätnej väzby z praxe. Prvá verzia hodnotiaceho modelu bola vytvorená na základe rešerše literatúry, štúdií implementácie IoT riešení a benchmarkingových prístupov. Táto verzia bola štruktúrovaná do štyroch hlavných oblastí – technická vybavenosť, digitálna infraštruktúra, zber a spracovanie dát a integrácia a interoperabilita. Obsahovala však niekoľko nedostatkov, na ktoré poukázali odborníci z praxe počas expertných rozhovorov.

Expertné rozhovory boli realizované ako kvalitatívny výskum zameraný na validáciu návrhu hodnotiaceho modelu. Rozhovory prebehli podľa vopred definovaného scenára a zameriavali sa na identifikáciu silných a slabých stránok modelu, návrhy na doplnenie alebo úpravu štruktúry a posúdenie aplikačného potenciálu modelu v ďalších oblastiach hospodárstva. Scenár rozhovoru pozostával z desiatich otvorených otázok. Na základe žiadosti respondentov sú ich mená a názvy podnikov, ktoré zastupujú, v rámci práce nezverejnené. Ich pracovné pozície a veľkosť a zameranie príslušných podnikov sa nachádzajú v Tabuľke 4.

Tabuľka 4. Respondenti

Respondent	Pracovná pozícia	Veľkosť podniku	Zameranie podniku
Expert č. 1	Riaditeľ logistiky	Stredný	Výroba, logistika, servis
Expert č. 2	IT manažér	Veľký	Výroba, logistika, služby
Expert č. 3	Výkonný riaditeľ	Malý	Poskytovanie IT služieb

Vlastné spracovanie.

Na základe expertných rozhovorov s odborníkmi z praxe bola identifikovaná potreba rozšírenia modelu o ďalšie rozmery, ktoré reflektujú nielen technologický, ale aj organizačný a dátový rozmer. Zároveň, bolo odporúčané prehodnotiť logiku modelu tak, aby nebol úzko viazaný len na poštové podniky, ale aby mohol byť všeobecne aplikovateľný aj v iných sektoroch, ktoré zvažujú alebo realizujú implementáciu IoT.

Vybrané pripomienky odborníkov:

- Odporúčanie na doplnenie piliera „Strategická orientácia“, ktorý v pôvodnej verzii chýbal. Experti poukázali na to, že akékoľvek technologické riešenie bude neefektívne bez pripravenosti ľudí, procesov a vnútropodnikovej kultúry.
- Odporúčanie na zvýšenie dôrazu na analytické a dátové schopnosti podniku, teda nie len zber, ale aj využitie údajov v rozhodovaní, čo bolo v pôvodnej verzii zastúpené len okrajovo.

- Preformulovanie vybraných indikátorov na zjednodušenie dostupnosti údajov a ochoty ich poskytovania tretím stranám z dôvodu bezpečnosti.

Na základe získaných podnetov je vytvorená druhá, finálna verzia hodnotiaceho modelu IoTRIM, ktorá má 4 hlavné piliere, 8 hodnotiacich kritérií a 24 kvantifikovateľných indikátorov. Model je koncipovaný tak, aby bol:

- Flexibilný – prispôsobiteľný rôznym typom organizácií a sektorov,
- Zberateľný – zameraný na indikátory, ktoré je realisticky možné získať z podnikovej praxe (interné reporty, výročné správy, manažérske rozhovory),
- Porovnateľný – umožňujúci benchmarking medzi podnikmi, regiónmi alebo odvetvami,
- Reprezentatívny – pokrývajúci technologické, prevádzkové, dátové, ekonomické aj sociálne aspekty IoT pripravenosti.

Finálna verzia modelu bola spätne overená aj formou konzultácií Expertom č. 1, ktorý potvrdil zrozumiteľnosť indikátorov a možnosť zberu dát z hľadiska ich dostupnosti. Na základe tohto overenia je model využitý v ďalších častiach výskumu na kvantitatívnu analýzu vzťahu medzi úrovňou IoT a výkonnosťou podnikov prostredníctvom rozšírenej Cobb-Douglasovej produkčnej funkcie.

4.2 Interpretácia výsledkov pre vybraný podnik

V podkapitole je realizované overenie navrhnutého hodnotiaceho modelu IoTRIM a rozšírenej verzie Cobb-Douglasovej produkčnej funkcie na dátach vybraného podniku. Ide o medzinárodnú spoločnosť pôsobiacu v oblasti výroby, logistiky a poskytovania servisných služieb. Na základe požiadavky zástupcov spoločnosti nebude jej názov v práci zverejnený. Overenie sa vykonáva s cieľom posúdiť mieru použiteľnosti navrhnutých metodických prístupov v praxi a overiť, do akej miery možno kvantifikovať vzťah medzi pripravenosťou na implementáciu IoT riešení a výkonnosťou podniku. Na základe zozbieraných údajov je zistená úroveň technologickej vyspelosti prostredníctvom modelu IoTRIM. Získané hodnoty sú následne doplnené ako samostatný vstup do rozšírenej produkčnej funkcie, vďaka čomu je možné zhodnotenie ekonomického významu digitalizácie v kontexte tvorby pridanej hodnoty. Overenie zároveň slúži ako praktická ukážka spôsobu aplikácie vytvorených modelov pri analýze technologického rozvoja.

Základný model Cobb-Douglasovej produkčnej funkcie

Na základe údajov poskytnutých vybraným podnikom je zostavený základný model Cobb-Douglasovej produkčnej funkcie. Model vyjadruje závislosť medzi výstupom, kapitálom a prácou. V Tabuľke 5 sa nachádzajú vstupné údaje:

Tabuľka 5. Vstupné údaje základného modelu Cobb-Douglasovej funkcie

Rok	Pridaná hodnota	Odpisy dlhodobého majetku	Osobné náklady
2015	3 951 482	681 104	2 301 879
2016	4 083 907	722 537	2 394 751
2017	4 051 199	741 688	2 298 172
2018	4 349 418	791 511	2 472 689
2019	4 593 821	810 346	2 485 994
2020	4 703 179	771 264	2 454 411
2021	4 682 109	759 383	2 430 178
2022	5 004 568	853 910	2 543 628
2023	5 002 311	943 207	2 582 742
2024	5 905 823	1 083 661	2 701 884

Vlastné spracovanie.

Ďalej je pre získanie hodnôt koeficientov aplikovaná regresná analýza cez prirodzené logaritmy údajov z Tabuľky 5, a jej výstup sa nachádza na Obrázku 4.

SUMMARY OUTPUT

Regression Statistics					
Multiple R	0.953597123				
R Square	0.909347474				
Adjusted R Square	0.883446752				
Standard Error	0.041644389				
Observations	10				

ANOVA					
	df	SS	MS	F	Significance F
Regression	2	0.121775796	0.060887898	35.10896272	0.0002243
Residual	7	0.012139786	0.001734255		
Total	9	0.133915582			

	Coefficients	Standard Error	t Stat	P-value	Lower 95%	Upper 95%	Lower 95.0%	Upper 95.0%
Intercept	-10.71302803	8.551967051	-1.252697533	0.250541593	-30.93521672	9.509160659	-30.93521672	9.509160659
ln(K)	0.327446729	0.305555994	1.071642304	0.31943141	-0.395078383	1.049971842	-0.395078383	1.049971842
ln(L)	1.467701372	0.839890365	1.747491618	0.124046136	-0.518323752	3.453726497	-0.518323752	3.453726497

Obrázok 4. Regresná analýza – Základný model CDF (Zdroj: Vlastné spracovanie)

Výsledky regresnej analýzy pre obdobie 2015-2024 potvrdzujú, že tradičné výrobné vstupy majú výrazný vplyv na tvorbu pridanej hodnoty v podniku. Hodnota koeficientu determinácie R^2 dosiahla úroveň 0,909, čo naznačuje, že približne 91% variability výstupu možno vysvetliť prostredníctvom práce a kapitálu. Elasticita práce sa v základnom modeli prejavila ako dominantná s hodnotou 1,4677, čo poukazuje na vysokú závislosť výkonu podniku od ľudských zdrojov. Elasticita kapitálu je na úrovni 0,3274, čo zodpovedá menej intenzívnemu, ale stále pozitívnemu vplyvu investícií na výstup. Súčet koeficientov je vyšší ako 1 ($\alpha + \beta = 1,7951$), čo indikuje rastúce výnosy z rozsahu. To znamená, že proporcionálne zvýšenie oboch vstupov vedie k viac než proporcionálnemu zvýšeniu výstupu. Takýto výsledok môže byť charakteristický pre podnik v štádiu rastu, ktorý ešte nevyčerpal potenciál vnútropodnikovej efektívnosti. Napriek týmto zisteniam však nie je isté, nakoľko tradičné faktory vstupov zachytávajú technologickú dimenziu výkonnosti.

Výpočet hodnotiaceho modelu pre vybraný podnik

Pre posúdenie technologickej vyspelosti a úrovne implementácie IoT vo vybranom podniku je využitý navrhnutý hodnotiaci model IoTRIM. Každý indikátor je vyhodnotený na škále 0-100% v súlade s metodickými pravidlami, s výnimkou niektorých indikátorov v staršom období, kde bolo potrebné hodnoty odhadnúť zástupcom vybraného podniku. Postupuje sa metódou „bottom-up“, teda najskôr je potrebné vypočítať hodnoty pre hodnotiace kritériá, ktoré sú uvedené v Tabuľke 6.

Tabuľka 6. Hodnotiace kritériá

Hodnotiace kritérium	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Prepojenosť zariadení	3.50	5.00	6.50	11.00	17.50	21.50	25.00	33.50	41.50	52.50
Dostupnosť konektivity	54.00	56.00	58.00	47.50	51.50	42.50	44.00	63.50	70.50	75.00
Automatizácia zberu dát	2.50	3.00	14.50	17.50	31.00	45.00	46.00	64.00	68.00	72.00
Využitie dátovej analytiky	0.75	1.00	3.75	33.25	38.00	43.25	47.00	55.25	60.50	66.75
Prepojenosť systémov	0.00	0.00	1.25	3.25	34.00	37.25	38.00	45.50	51.75	57.50
Adaptabilita riešení	0.00	0.00	0.00	0.00	1.67	70.00	73.33	77.33	80.67	83.33
Investície do IoT	0.00	0.00	0.00	2.50	7.50	9.50	12.50	24.00	30.50	39.00
Riadenie a plánovanie	0.00	0.00	0.00	1.00	2.40	1.00	1.60	83.60	85.60	87.20

Vlastné spracovanie.

Ďalej sú z hodnotiacich kritérií podľa určených váh vypočítané hodnoty jednotlivých pilierov v rámci hodnotiaceho modelu podľa vzorca uvedeného v podkapitole 4.1.4:

$$pilier_i = \sum_{j=1}^m kritérium_j * \frac{1}{m},$$

a to pre každý pilier a rok, napríklad pre rok 2015:

$$Digitálna \text{ infraštruktúra} = (3,50 + 54,00) * \frac{1}{2} = 28,75,$$

$$Zber \text{ a spracovanie dát} = (2,50 + 0,75) * \frac{1}{2} = 1,63,$$

$$Integrácia \text{ a interoperabilita} = (0,00 + 0,00) * \frac{1}{2} = 0,00,$$

$$Strategická \text{ orientácia} = (0,00 + 0,00) * \frac{1}{2} = 0,00,$$

a analogicky následne pre všetky ostatné roky v rámci analyzovaného obdobia, ktorým sú roky 2015 až 2024. Výsledné hodnoty pilierov Digitálna infraštruktúra, Zber a spracovanie dát, Integrácia a interoperabilita a Strategická orientácia sú uvedené v Tabuľke 7, pri čom na základe výsledkov je možné pozorovať výraznejší

nárast po roku 2020, a to predovšetkým pre piliere Integrácia a interoperabilita a Strategická orientácia.

Tabuľka 7. Piliere

Pilier	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Digitálna infraštruktúra	28.75	30.50	32.25	29.25	34.50	32.00	34.50	48.50	56.00	63.75
Zber a spracovanie dát	1.63	2.00	9.13	25.38	34.50	44.13	46.50	59.63	64.25	69.38
Integrácia a interoperabilita	0.00	0.00	0.63	1.63	17.83	53.63	55.67	61.42	66.21	70.42
Strategická orientácia	0.00	0.00	0.00	1.75	4.95	5.25	7.05	53.80	58.05	63.10

Vlastné spracovanie.

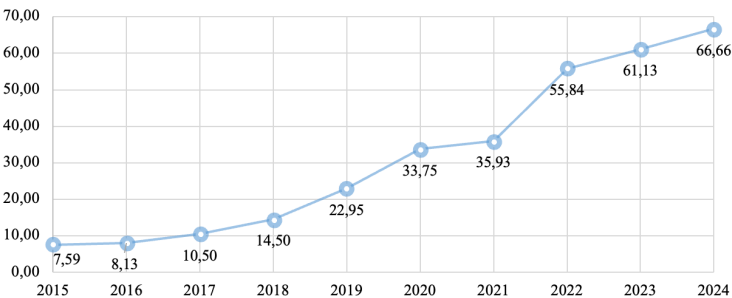
Posledným krokom je záverečný výpočet celkového skóre hodnotiaceho modelu IoTRIM za obdobie rokov 2015 až 2024 podľa nasledujúceho vzorca, ktorý je uvedený aj na strane 65 v časti dizertačnej práce, ktorá sa venuje metodike tvorby hodnotiaceho modelu:

$$IoTRIM_r = \sum_{i=1}^p pilier_i * \frac{1}{p},$$

pre každý rok v rámci analyzovaného obdobia, napríklad pre rok 2015:

$$IoTRIM_{2015} = (28,75 + 1,63 + 0,00 + 0,00) * \frac{1}{4} = 7,59$$

a analogicky potom nasleduje výpočet pre ostatné roky. Získané hodnoty sú graficky znázornené na Obrázku 5.



Obrázok 5. Vývoj úrovne hodnotiaceho modelu (Zdroj: Vlastné spracovanie)

Vývoj modelu jednoznačne ukazuje, že podnik v počiatočných rokoch prakticky nevykazoval žiadnu výraznú pripravenosť na implementáciu IoT riešení. Výraznejší nárast je možné pozorovať až po roku 2020, kedy došlo k systematickejšej integrácii digitálnych technológií. Kľúčovým bodom zlomu bol rok 2022, po ktorom nasledovalo zrýchlené tempo rozvoja najmä v oblasti

efektívnosti zberu a spracovania dát, interoperability a prítomnosti IoT stratégie na úrovni manažmentu.

Rozšírený model Cobb-Douglasovej produkčnej funkcie o parameter IoT

V súlade s hlavným cieľom práce, ktorým je vytvorenie metodiky posudzovania ekonomických prínosov pre oblasť nasadenia prvkov IoT, a na základe vypočítaných hodnôt modelu IoTRIM, je pôvodná verzia Cobb-Douglasovej produkčnej funkcie rozšírená o ďalšiu nezávislú premennú označenú ako I, teda úroveň využívania a implementácie IoT. Cieľom je zistiť, či pridanie technologického parametra zlepši schopnosť modelu vysvetliť variabilitu výstupu a zároveň posúdiť, či IoT vystupuje ako samostatný produkčný faktor. Rozšírený model má nasledujúci tvar:

$$y = A * K^{\alpha} * L^{\beta} * I^{\gamma},$$

kde premenná I predstavuje úroveň využívania a implementácie IoT a γ je jej koeficient reprezentujúci elasticitu výstupu. Po doplnení údajov z hodnotiaceho modelu je opäť realizovaná regresná analýza, ktorej výstup sa nachádza na nasledujúcom obrázku.

SUMMARY OUTPUT

Regression Statistics								
Multiple R	0.979061804							
R Square	0.958562017							
Adjusted R Square	0.937843025							
Standard Error	0.030411598							
Observations	10							

ANOVA								
	df	SS	MS	F	Significance F			
Regression	3	0.12836639	0.042788797	46.26489707	0.000153209			
Residual	6	0.005549192	0.000924865					
Total	9	0.133915582						

	Coefficients	Standard Error	t Stat	P-value	Lower 95%	Upper 95%	Lower 95.0%	Upper 95.0%
Intercept	1.431654492	7.726632793	0.185288279	0.859107762	-17.47473486	20.33804384	-17.47473486	20.33804384
ln(K)	0.285878069	0.223680702	1.278063181	0.248442206	-0.261448891	0.833205029	-0.261448891	0.833205029
ln(L)	0.667389007	0.68269688	0.977577352	0.366036987	-1.003110078	2.337888093	-1.003110078	2.337888093
ln(I)	0.062799516	0.023525196	2.66945772	0.037053372	0.005235435	0.120363597	0.005235435	0.120363597

Obrázok 6. Regresná analýza – Rozšírená verzia CDF (Zdroj: Vlastné spracovanie)

Výsledky rozšírenej regresie naznačujú významný posun oproti pôvodnému modelu. Hodnota koeficientu determinácie R^2 sa zvýšila zo 0,909 na 0,959, čo znamená, že nový model vysvetľuje takmer 96% variability výstupu. Taktiež hodnota upraveného koeficientu determinácie R^2 vzrástla z 0,883 na 0,938, čo potvrdzuje, že zlepšenie nie je spôsobené len pridaním ďalšej premennej, ale má skutočnú výpovednú hodnotu. Zároveň je na základe výsledkov regresnej analýzy možné zhodnotiť, že nová premenná je štatisticky významná ($p = 0,037$) a má

pozitívny koeficient 0,0628, čo znamená, že vyššia úroveň integrácie IoT má merateľný a priaznivý dopad na tvorbu pridanej hodnoty.

Overenie závislosti medzi premennými kapitál a úroveň IoT

Vzhľadom na model rozšírenej Cobb-Douglasovej produkčnej funkcie, ktorá zahŕňa kapitál, prácu a úroveň IoT z hodnotiaceho modelu ako vysvetľujúce premenné, je potrebné overiť mieru vzájomnej lineárnej závislosti medzi týmito premennými. Osobitná pozornosť je venovaná dvojici premenných kapitál a úroveň IoT z hodnotiaceho modelu, keďže zavádzanie technológií IoT môže byť do istej miery kapitálovo náročné, a teda potenciálne naviazané na úroveň investovaného kapitálu. Cieľom analýzy je zhodnotiť, či medzi premennými existuje štatisticky významná závislosť, ktorá by mohla indikovať výskyt multikolinearity v rámci regresného modelu.

Regresná analýza závislosti premenných K a I

V prvom kroku bola realizovaná jednoduchá lineárna regresia, v ktorej boli prirodzené logaritmy premennej I považované za závislú premennú a prirodzené logaritmy premennej K za nezávislú. Na výpočty je použitá lineárna regresia v prostredí Excel s využitím doplnku „Analýza údajov“. Vzorka pozostáva z 10 pozorovaní za roky 2015 až 2024. Výstup realizovanej regresie sa nachádza na Obrázku 7.

SUMMARY OUTPUT

Regression Statistics								
Multiple R	0.820814054							
R Square	0.673735712							
Adjusted R Square	0.632952675							
Standard Error	0.508725569							
Observations	10							

ANOVA

	df	SS	MS	F	Significance F			
Regression	1	4.275403871	4.275403871	16.51999892	0.003610939			
Residual	8	2.070413633	0.258801704					
Total	9	6.345817504						

	Coefficients	Standard Error	t Stat	P-value	Lower 95%	Upper 95%	Lower 95.0%	Upper 95.0%
Intercept	-65.32609357	16.85353486	-3.876106355	0.004700582	-104.1904147	-26.4617725	-104.1904147	-26.4617725
ln(K)	5.035409108	1.23888146	4.064480153	0.003610939	2.178543338	7.892274879	2.178543338	7.892274879

Obrázok 7. Regresná analýza – premenné ln(K) a ln(I) (Zdroj: Vlastné spracovanie)

Z výstupu vyplýva, že odhadnutý koeficient pri premennej ln(K) nadobúda hodnotu 5,035, pričom jeho p-hodnota je 0,0036, čo poukazuje na štatistickú významnosť koeficientu na hladine významnosti $\alpha = 0,05$. Koeficient determinácie $R^2 = 0,6737$ znamená, že približne 67,4% variability v úrovni IoT možno vysvetliť variabilitou v kapitáli. F-test významnosti modelu dosiahol hodnotu $F = 16,52$ s $p = 0,0036$, čo potvrdzuje, že model je celkovo štatisticky významný.

Farrar-Glauberov test multikolinearity

Na overenie štatistickej významnosti lineárnej závislosti medzi premennými $\ln(K)$ a $\ln(I)$ je použitý Farrar–Glauberov test multikolinearity, ktorý je využívaný na detekciu korelácie medzi vysvetľujúcimi premennými pomocou transformácie korelačnej matice. V prvom kroku je v prostredí Microsoft Excel zostavená korelačná matica medzi premennými $\ln(K)$ a $\ln(I)$ cez funkciu „Correlation“ v rámci doplnku „Analýza údajov“. Korelačný koeficient medzi premennými je $r = 0,820814$. Na výpočet determinantu matice je použitá funkcia =MDETERM(), a výsledkom je hodnota determinantu korelačnej matice $|R| = 0,326264$. Následne je vypočítaná hodnota testovacej štatistiky χ^2 podľa vzorca:

$$\chi^2 = -\left(n - 1 - \frac{2p + 5}{6}\right) * \ln(|R|)$$

kde n je počet pozorovaní a p je počet premenných v korelačnej matici. Pri počte pozorovaní $n = 10$ (analyzované obdobie 2015-2024) a počte premenných $p = 2$, nasleduje výpočet:

$$\chi^2 = -\left(10 - 1 - \frac{2 * 2 + 5}{6}\right) * \ln(|0,326264|)$$

Kritická hodnota z tabuľky pre hladinu významnosti $\alpha = 0,05$ a 1 stupeň voľnosti je 3,841. Keďže vypočítaná testovacia štatistika je vyššia ako kritická hodnota z tabuľky, nulová hypotéza o absencii korelácie sa zamietá. To znamená, že medzi premennými $\ln(K)$ a $\ln(I)$ existuje štatisticky významná korelácia.

Výpočet inflačného faktora rozptylu a tolerancie

Na vyhodnotenie dopadu závislosti na stabilitu modelu sú následne vypočítané diagnostické ukazovatele multikolinearity: inflačný faktor rozptylu a jeho inverzná hodnota – tolerancia. Vzhľadom na to, že regresia poskytla hodnotu $R^2 = 0,674$, sú ukazovatele vypočítané nasledovne:

$$\text{Inflačný faktor rozptylu} = \frac{1}{1 - R^2} = \frac{1}{1 - 0,674} = 3,065$$

$$\text{Tolerancia} = \frac{1}{IFR} = \frac{1}{3,065} = 0,326$$

Podľa štandardných odporúčaní sa hodnoty inflačného faktora rozptylu nižšie ako 5 a tolerancie vyššie ako 0,2 považujú za akceptovateľné, a neindikujú vážny problém multikolinearity. V tomto prípade obe hodnoty spadajú do uvedených intervalov, čo naznačuje, že identifikovaná korelácia medzi premennými sice

existuje, no výsledky nenaznačujú existenciu takej multikolinearity, ktorá by spôsobovala infláciu smerodajných odchýlok odhadovaných koeficientov alebo znižovala spoľahlivosť modelu.

V súlade s vyššie uvedenými výpočtami bola medzi premennými $\ln(K)$ a $\ln(I)$ identifikovaná štatisticky významná lineárna závislosť, ktorá bola potvrdená regresnou analýzou aj Farrar–Glauberovým testom. Výsledky výpočtu inflačného faktora rozptylu a tolerancie však potvrdzujú, že miera tejto korelácie nepresahuje odporúčané metodologické limity a nespôsobuje destabilizáciu regresného modelu. Z tohto dôvodu sú obe premenné ponechané v modeli rozšírenej Cobb-Douglasovej produkčnej funkcie, pričom je v ďalšej interpretácii zohľadnená ich štatistická previazanosť.

Porovnanie koeficientov pre základný a rozšírený model

Pre komplexné zhodnotenie vplyvu IoT na výkonnosť podniku je vhodné analyzovať, ako sa zmenili hodnoty koeficientov vstupných premenných po rozšírení Cobb-Douglasovej produkčnej funkcie o premennú reprezentujúcu úroveň IoT. Porovnanie základného a rozšíreného modelu umožňuje posúdiť, či a do akej miery prítomnosť technológií IoT ovplyvňuje význam tradičných výrobných faktorov, kapitálu a práce. Porovnanie koeficientov sa nachádza v Tabuľke 8.

Tabuľka 8. Porovnanie koeficientov

Premenná	Pôvodný model	Rozšírený model	Rozdiel
$\ln(K)$	0.33	0.29	-0.04
$\ln(L)$	1.47	0.67	-0.80

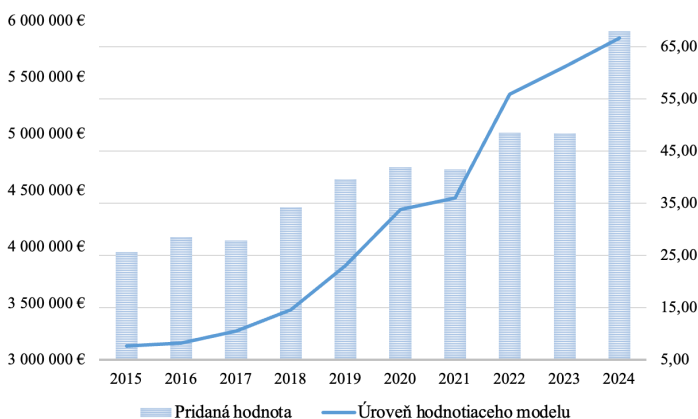
Vlastné spracovanie.

Z porovnania koeficientov vyplýva, že po zaradení premennej I do modelu došlo k poklesu elasticity práce, čo indikuje, že určitá časť vplyvu pôvodne prisudzovaná ľudskému kapitálu je v rozšírenom modeli lepšie vysvetlená úrovňou digitalizácie a technologickej pripravenosti podniku v rámci IoT. Elasticita kapitálu sa znížila len mierne, čo je konzistentné so zistením, že medzi kapitálom a IoT existuje istá miera štatistickej závislosti. V tomto kontexte je premenná reprezentujúca IoT interpretovaná ako samostatný doplnkový produkčný faktor, ktorý vysvetľuje časť variability výstupu a prispieva k jeho rastu najmä v kombinácii s efektívnym využitím tradičných vstupov.

Ekonomické prínosy IoT a posúdenie jeho vplyvu na výstup

Rozšírenie Cobb-Douglasovej produkčnej funkcie o premennú reprezentujúcu úroveň IoT umožňuje kvantifikovať ekonomický prínos IoT z pohľadu zvyšovania výkonnosti podniku. Výsledky regresnej analýzy preukazujú, že aj relatívne nízka hodnota koeficientu pre $\ln(I) = 0,0628$, má štatisticky významný vplyv na výstup, pričom p-hodnota, ktorá je menšia ako 0,05 potvrdzuje významnosť vzťahu na hladine významnosti α .

Vývoj úrovne hodnotiaceho modelu IoTRIM, ktorý odráža úroveň pripravenosti a využívania IoT, koreluje s rastom výstupu, teda pridanej hodnoty podniku, a to najmä po roku 2020. To naznačuje, že implementácia IoT riešení môže prispievať k efektívnejšiemu využívaniu zdrojov. Na Obrázku 8 je znázornený vývoj pridanej hodnoty podniku a úroveň hodnotiaceho modelu IoTRIM za obdobie 2015 až 2024.



Obrázok 8. Vzťah úrovne hodnotiaceho modelu a pridanej hodnoty (Zdroj: Vlastné spracovanie)

Výsledky zároveň ukazujú, že príspevok IoT sa neprejavuje len ako pasívny doplnok tradičných faktorov, ale ako aktívny činiteľ formujúci výkonnosť. Ide však o účinok, ktorý pôsobí v kombinácii s ostatnými vstupmi a nie izolovane. Digitalizácia tak umožňuje zvyšovať výstup predovšetkým prostredníctvom optimalizácie, automatizácie a dátovej integrácie, a tým zvyšovať efektívnosť podnikových procesov.

Zhrnutie

Analýza údajov od vybraného podniku ukazuje, že zaradenie IoT ako samostatného vysvetľujúceho faktora do produkčnej funkcie zvyšuje schopnosť modelu vysvetliť variabilitu výstupu. Hodnota R^2 sa po zaradení IoT zvýšila zo

0,909 na 0,959, čo poukazuje na zvýšenie výpovednej hodnoty modelu. Zároveň sa znížila elasticita práce, čo naznačuje, že určitá časť efektu, ktorý bol predtým pripisovaný tomuto faktoru, súvisí skôr s technologickými zmenami. IoT sa tak javí ako samostatný, hoci čiastočne previazaný produkčný faktor, ktorý rozširuje tradičnú štruktúru vstupov o digitálny rozmer.

Vypočítaná úroveň IoTRIM reflektuje postupný prechod podniku k vyššiemu stupňu digitálnej vyspelosti v oblasti IoT, najmä po roku 2020. Tento vývoj sa zhoduje s rastom pridanej hodnoty podniku, čo poukazuje na to, že digitálna transformácia môže mať kvantifikovateľný vplyv na efektivitu podniku. Model rozšírený o IoT parameter zároveň nevykazuje známky nadmernej multikolinearity, čo potvrdzuje jeho metodickú stabilitu. Na základe uvedeného možno konštatovať, že začlenenie IoT do produkčného modelovania je odôvodnené, a že digitalizácia predstavuje významný determinant výkonnosti v kontexte digitálnej transformácie.

4.3 Scenáre možného vývoja a predikcia výsledkov

Predikcia budúceho vývoja výkonnosti poštových podnikov v prostredí digitalizácie a implementácie technológií IoT predstavuje kľúčový krok pri hodnotení dlhodobého dopadu inovácií na ekonomické výsledky. Vzhľadom na vysokú mieru neistoty a variabilitu vývoja jednotlivých vstupných premenných je vhodné pristúpiť k analytickému rámcu, ktorý umožňuje zohľadniť viaceré možné trajektórie vývoja a vyhodnotiť ich dôsledky v širšom časovom horizonte.

Podkapitola sa zameriava na simuláciu budúceho vývoja vybraných ekonomických premenných pomocou metódy Monte Carlo, a to pre šesť spoločností pôsobiacich v oblasti poštových služieb na Slovensku. Výsledkom je analýza možných trendov vývoja výstupu a jeho vstupov, ktoré sú modelované na základe troch vopred definovaných scenárov – pesimistického, realistického a optimistického. Cieľom analýzy je kvantifikovať potenciálne rozdiely medzi scenármi a zároveň identifikovať faktory, ktoré majú najvýraznejší vplyv na výkonnosť podnikov, a navrhnúť odporúčania na strategické rozhodovanie v podmienkach meniaceho sa technologického prostredia.

Definovanie možných scenárov

Vzhľadom na dynamické zmeny v oblasti poštových služieb a logistiky, spôsobené technologickým pokrokom, digitalizáciou a meniacimi sa požiadavkami trhu, je predikcia budúceho vývoja spojená s vysokou mierou neistoty. Z tohto dôvodu je zvolená metodika tvorby scenárov, čo umožňuje vytvoriť viaceré alternatívy vývoja ekonomických premenných a ich následný dopad na výstup spoločností poskytujúcich poštové služby.

Cieľom scenárov nie je predpovedať konkrétnu budúcnosť, ale identifikovať možné trajektórie vývoja, ktoré môžu ovplyvniť strategické rozhodovanie podnikov. V rámci práce sú definované tri základné scenáre, ktoré odrážajú rôzne makroekonomické, technologické a podnikateľské podmienky, pričom každý z nich predpokladá odlišnú mieru rastu štyroch hlavných premenných.

Pesimistický scenár vychádza z predpokladu nepriaznivého vývoja ekonomického prostredia a nízkej úrovne investícií, pričom očakáva stagnáciu alebo pokles výstupu, minimálny rast kapitálu a IoT, a len mierne zvýšenie pracovnej sily. V tomto prípade môže ísť o dôsledok technologického dlhu, pomalej implementácie inovácií alebo externých ekonomických šokov.

Realistický scenár predstavuje rovnovážny vývoj, ktorý reflektuje súčasné trendy a odhady rastu založené na historických údajoch. Predpokladá mierny pozitívny vývoj vo všetkých premenných, pričom rast kapitálu a výstupu je stabilný, pracovná sila môže byť mierne volatilná a miera IoT sa postupne zvyšuje v súlade s predpokladanými iniciatívami digitalizácie.

Optimistický scenár modeluje situáciu, v ktorej dochádza k výrazným investíciám do technológií a digitálnej transformácie. Rast kapitálu a výstupu je intenzívny, no najvýraznejší posun je pozorovaný v oblasti IoT. Tento scenár zároveň predpokladá pokles potreby pracovnej sily v dôsledku automatizácie, čo je v súlade s trendmi v oblasti inteligentnej logistiky a digitalizácie procesov.

Trojica definovaných scenárov tak vytvára rámec pre simuláciu rôznych budúcich situácií, ktoré sú následne využité v simuláciách metódou Monte Carlo uvedených v nasledujúcej časti. Výber týchto scenárov umožňuje nielen posúdenie citlivosti modelu na zmenu vstupov, ale aj formuláciu odporúčaní na mieru technologických a kapacitných investícií, ktoré môžu pozitívne ovplyvniť výkonnosť podnikov poskytujúcich ostatné poštové služby a služby kuriérov.

Metóda Monte Carlo

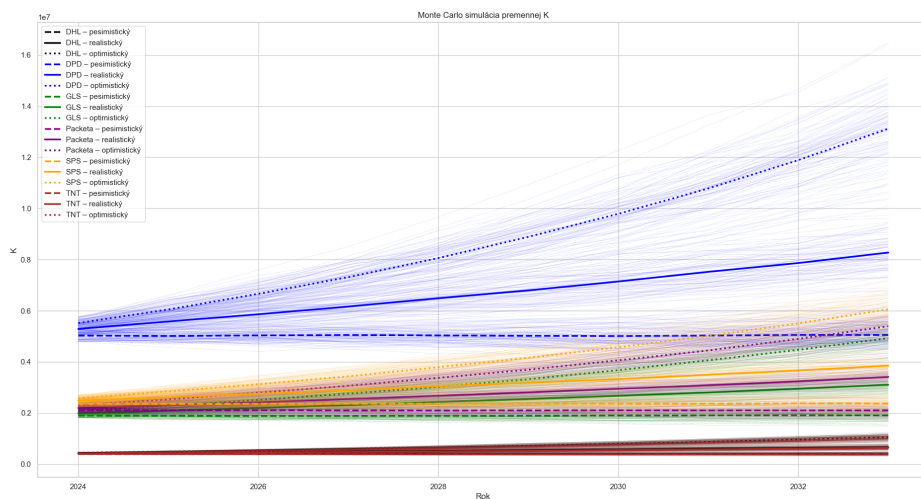
Na kvantifikáciu možného budúceho vývoja výstupu spoločností poskytujúcich ostatné poštové služby a služby kuriérov je zvolená metóda Monte Carlo. Metóda je vhodná najmä v prípadoch, kde vstupné premenné podliehajú neistote a existuje potreba modelovať ich variabilitu v čase. Využitie metódy v práci umožňuje zachytiť priemerné očakávané hodnoty a rozsah možných odchýlok, čím poskytuje rámec pre hodnotenie vývoja výkonnosti podnikov.

Simulácie sú realizované pre šesť spoločností analyzovaných v prvej kapitole dizertačnej práce: DHL, DPD, GLS, Packeta, SPS a TNT. Pre každú spoločnosť sú ako východiskové hodnoty použité reálne údaje za rok 2023, ktoré reprezentujú posledný známy stav premenných. Následne je na základe troch scenárov

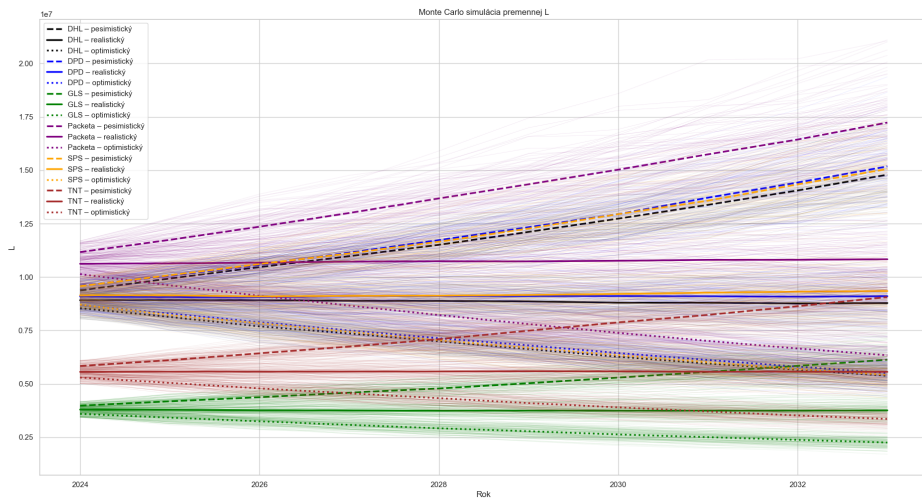
simulovaný vývoj premenných počas desaťročného obdobia rokov 2024 až 2033. Každý scenár je definovaný ako interval medziročného rastu (alebo poklesu), z ktorého sú pre každú premennú vygenerované náhodné hodnoty poklesu alebo rastu. Pre každý podnik a scenár je realizovaných 1000 nezávislých simulácií. V rámci každej simulácie bola počiatočná hodnota pre danú premennú aktualizovaná na základe náhodne vybranej medziročnej miery rastu z definovaného intervalu. Z výsledkov simulácií je vypočítaná priemerná trajektória vývoja, ktorá následne slúži ako základ pre ďalšiu analýzu. Paralelne sú zo simulovaných údajov zostavené regresné modely rozšírenej verzie Cobb-Douglasovej produkčnej funkcie, ktoré umožňujú posúdenie elasticity výstupu voči jednotlivým vstupom v rámci každého scenára. Regresné modely sú použité ako doplnkový analytický nástroj na vyhodnotenie citlivosti výstupu na zmeny vstupných faktorov. Výsledné regresné koeficienty poskytujú dodatočný pohľad na význam jednotlivých parametrov v kontexte definovaných scenárov.

Výsledky simulácie a analýza vývoja

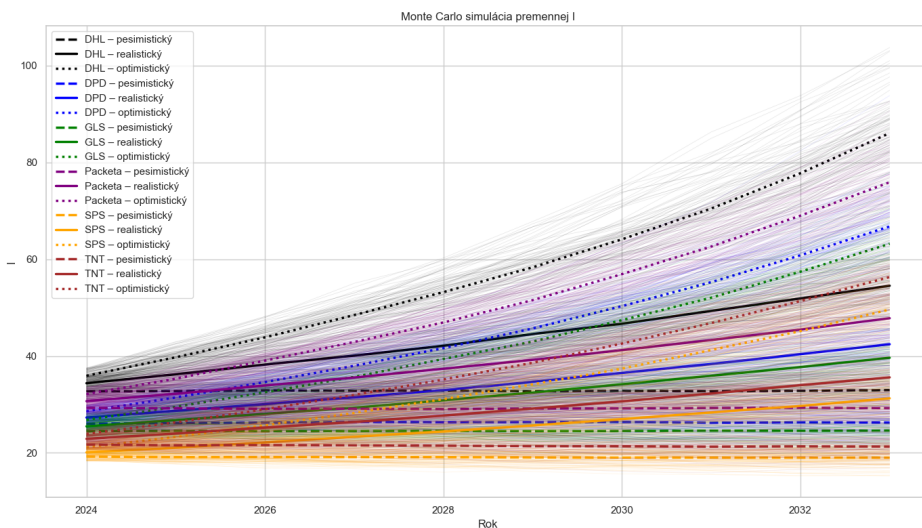
Na základe definovaných scenárov a vykonaných simulácií metódou Monte Carlo sú získané predikcie vývoja premenných K, L, I a Y pre obdobie rokov 2024 až 2033. Vizualizácia výstupov simulácií pre jednotlivé premenné sa nachádzajú na Obrázku 9, Obrázku 10, Obrázku 11 a Obrázku 12.



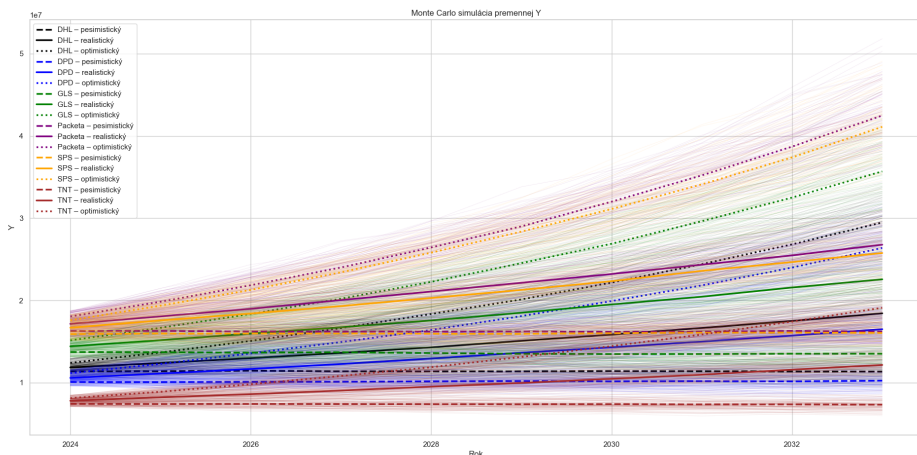
Obrázok 9. Simulovaný vývoj premennej K (Zdroj: Vlastné spracovanie)



Obrázok 10. Simulovaný vývoj premennej L (Zdroj: Vlastné spracovanie)



Obrázok 11. Simulovaný vývoj premennej I (Zdroj: Vlastné spracovanie)



Obrázok 12. Simulovaný vývoj premennej Y (Zdroj: Vlastné spracovanie)

Najvyššie hodnoty pri simulácii vývoja kapitálových vstupov vykazuje DPD, ktoré v optimistickom scenári dosahuje viac ako 13 miliónov eur v roku 2033, čo je takmer trojnásobok oproti pôvodnej úrovni. Vysoký rast je prítomný aj v realistickom scenári, čo poukazuje na potenciálne vysoké investičné kapacity spoločnosti. Ostatné spoločnosti zaznamenávajú podstatne nižšie hodnoty kapitálu, pričom najstabilnejší vývoj vykazujú TNT a DHL, kde je aj v optimistickom scenári vývoj kapitálu konzervatívny. V prípade SPS, Packeta a GLS sa kapitál v optimistickom scenári zvyšuje výraznejšie, pričom realistický scenár ukazuje približne lineárny rast.

Pri simulácii vývoja pracovnej sily je možné vo vizualizácii pozorovať značne rozdielne trendy. Kým Packeta a SPS vykazujú nárast práce vo všetkých scenároch, niektoré spoločnosti, ako napríklad GLS a TNT, v optimistickom scenári zaznamenávajú mierny pokles osobných nákladov. Tento jav možno interpretovať ako dôsledok predpokladanej automatizácie procesov a vyššej technologickej efektívnosti. DHL a DPD udržiavajú stabilný alebo mierne rastúci trend v realistickom scenári, zatiaľ čo v pesimistickom scenári zostáva vývoj práce prakticky stagnujúci. Pozoruhodný je rozdiel medzi optimistickým a pesimistickým scenárom v prípade SPS, kde môže rozdiel v pracovnej sile dosahovať až 5 miliónov eur v osobných nákladoch.

V rámci predpokladaného vývoja úrovne hodnotiaceho modelu IoTRIM sú rozdiely medzi scenármi obzvlášť výrazné. V optimistickom scenári dosahuje úroveň pri viacerých spoločnostiach hodnotu nad 90 bodov, čo reprezentuje vysokú mieru digitalizácie procesov. Najvýraznejší rast zaznamenávajú Packeta a DHL,

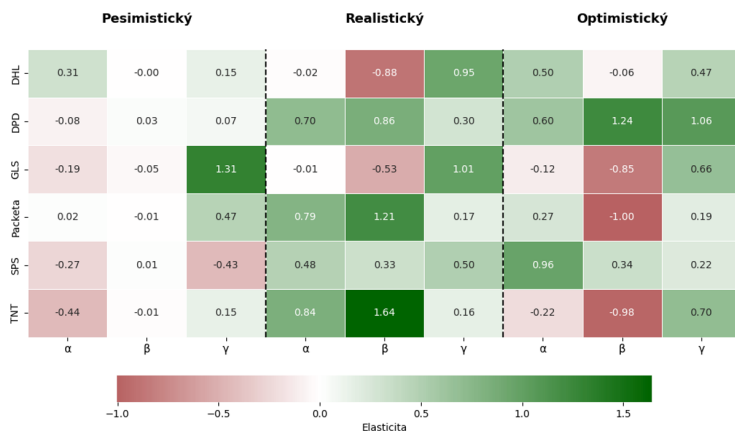
ktoré takmer zdvojnásobujú úroveň IoT oproti pôvodnému stavu. V realistickom scenári je rast plynulejší, pričom rozdiel oproti pesimistickému scenáru je výrazný. V pesimistickom scenári sa IoT úroveň u väčšiny spoločností zvyšuje len mierne, čo signalizuje slabú digitálnu transformáciu.

Pre predpokladaný vývoj výstupu zastúpeného pridanou hodnotou podniku dochádza pri optimistickom scenári k najvyššiemu nárastu vo všetkých spoločnostiach. Najvýraznejší rast dosahuje Packeta, kde sa výstup pohybuje v roku 2033 nad úrovňou 42 miliónov eur, čo predstavuje nárast o viac ako 160% oproti východiskovej hodnote. Podobný trend je pozorovaný aj pri spoločnosti SPS a GLS, kde optimistický scenár prináša výrazné zrýchlenie tempa rastu. V realistickom scenári sa krivky vývoja pohybujú stabilne so stredne dynamickým rastom, pričom najvyššie hodnoty dosahuje opäť Packeta. V pesimistickom scenári sú všetky trajektórie výrazne nižšie, čo poukazuje na závislosť výkonnosti od miery investícií a digitalizácie. Pri niektorých spoločnostiach, ako napríklad TNT a DHL, sa výstup v pesimistickom scenári zvyšuje len mierne, pričom rozdiel oproti optimistickému scenáru je výrazný, v prípade DHL približne 18 miliónov eur.

Vyhodnotenie výsledkov rozšíreného modelu Cobb-Douglasovej produkčnej funkcie

Predikčné modely vychádzajúce z rozšírenej Cobb-Douglasovej produkčnej funkcie umožňujú formulovať závery týkajúce sa potenciálneho vývoja výkonnosti analyzovaných spoločností pri rôznych scenároch. Výsledky sú zobrazené na Obrázku 13, ktorý vizualizuje vplyv jednotlivých vstupov (kapitál, práca, IoT) na výstup. Interpretácia vychádza z predpokladu naplnenia jednotlivých scenárov a má charakter hypotetického odhadu možného vývoja.

Farba jednotlivých buniek reflektuje silu a smer vplyvu daného vstupu. Kladné hodnoty (zelená) indikujú pozitívnu elasticitu, záporné hodnoty (červená) poukazujú na negatívny dopad daného faktora na výstup. Pre interpretáciu výsledkov je potrebné brať do úvahy výsledky analýzy multikolinearity medzi premennými K a I realizovanej v podkapitole 4.2.4. Na základe toho je možné interpretovať jednotlivé koeficienty elasticity ako samostatné a informatívne, pričom sa odporúča výsledky vnímať ako hypotetický rámec s prihliadnutím na zistenú závislosť premenných kapitál a úroveň IoT z hodnotiaceho modelu.



Obrázok 13. Heatmapa koeficientov (Zdroj: Vlastné spracovanie)

Farba jednotlivých buniek reflektuje silu a smer vplyvu daného vstupu. Kladné hodnoty (zelená) indikujú pozitívnu elasticitu, záporné hodnoty (červená) poukazujú na negatívny dopad daného faktora na výstup. Pre interpretáciu výsledkov je potrebné brať do úvahy výsledky analýzy multikolinearity medzi premennými K a I realizovanej v podkapitole 4.2.4. Na základe toho je možné interpretovať jednotlivé koeficienty elasticity ako samostatné a informatívne, pričom sa odporúča výsledky vnímať ako hypotetický rámec s prihliadnutím na zistenú závislosť premenných kapitál a úroveň IoT z hodnotiaceho modelu.

DHL

V prípade spoločnosti DHL výsledky naznačujú, že v prostredí priaznivého technologického rozvoja by najväčší vplyv na zvyšovanie výkonnosti mohol mať práve vstup reprezentujúci IoT. V takomto scenári sa tradičné vstupy ako kapitál a práca javia ako menej rozhodujúce. V scenároch s nižším rozvojom technológií je však tento efekt podstatne slabší, čo poukazuje na závislosť spoločnosti od ďalšieho rozvoja inovácií. Výsledky tým podporujú hypotézu o význame IoT pre zefektívnenie poštových procesov v modernom podnikateľskom prostredí.

DPD

Predikcia pre DPD ukazuje rovnomerný vplyv všetkých troch vstupov, pričom v optimálnom scenári možno očakávať ich vzájomné posilňovanie. Spoločnosť je podľa modelu schopná efektívne využiť kapitál, ľudské zdroje aj digitálne technológie, čo vytvára dobrý predpoklad pre udržateľný rast. Tento typ výsledkov

podporuje predpoklad, že kombinácia technologickej pripravenosti a stabilného organizačného zázemia môže vytvárať výraznú pridanú hodnotu.

GLS

Spoločnosť GLS podľa predpokladov zatiaľ nedosahuje úroveň, pri ktorej by sa vplyv IoT prejavil výraznejším spôsobom. Najmä v realistickom scenári sa však ukazuje potenciál zlepšenia prostredníctvom implementácie digitálnych inovácií. Tradičný vplyv práce na výstup zostáva v popredí, čo naznačuje potrebu ďalšej modernizácie procesov, aby sa naplno prejavil účinok digitálnych technológií.

Packeta

Model pre Packetu naznačuje, že podnik by mohol výrazne profitovať z rozširovania používania digitálnych nástrojov. Práve úroveň implementácie a využívania IoT sa zdá byť kľúčovým ukazovateľom výkonnosti, zatiaľ čo ostatné vstupy zohrávajú doplnkovú úlohu. Tento výsledok poukazuje na silnú technologickú orientáciu spoločnosti a na to, že rast efektivity je v jej prípade viac závislý od inovácií ako od tradičných zdrojov, ako je manuálna práca.

SPS

Predikované výsledky pre spoločnosť SPS naznačujú, že v súčasnom nastavení má na výkonnosť výraznejší vplyv najmä ľudská práca, zatiaľ čo prínos digitálnych riešení je obmedzený. V scenári predpokladajúcim pokročilejší technologický rozvoj sa však začína čoraz výraznejšie prejavovať vplyv IoT, čo naznačuje, že spoločnosť by mohla v budúcnosti zefektívniť svoje procesy práve prostredníctvom intenzívnejšej technologickej modernizácie. Tieto výsledky podporujú predpoklad, že digitálne technológie majú potenciál stať sa dôležitým faktorom rastu výkonnosti.

TNT

V prípade TNT sa predpokladá, že výkon by aj v budúcnosti zostával viac naviazaný na tradičné vstupy – najmä kapitál a prácu. Digitálne inovácie zatiaľ nepredstavujú významný zdroj zvýšenia výkonnosti, čo môže poukazovať na konzervatívnejší prístup k ich implementácii. To zároveň zdôrazňuje potrebu technologickej obnovy v prípade ambícií zvyšovať produktivitu prostredníctvom digitálnej transformácie.

Celková faktorová produktivita

V rámci rozšíreného modelu Cobb-Douglas, aplikovaného na dáta získané prostredníctvom simulácií Monte Carlo, predstavuje hodnota interceptu regresnej rovnice prirodzený logaritmus celkovej faktorovej produktivity. Tento parameter predstavuje mieru výstupu, ktorá nie je vysvetlená vstupmi daného modelu produkčnej funkcie. Intercept teda vystupuje ako ukazovateľ zvyškového výkonu, ktorý možno pripísať efektívnosti procesov, riadeniu, inováciám či organizačnej kultúre podniku.

Hodnotu je možné odvodiť aj zo základnej formy Cobb-Douglasovej rovnice podľa vzorca:

$$A = \frac{Y}{K^{\alpha} * L^{\beta} * I^{\gamma}}$$

pri čom po logaritmickej transformácii vznikne rovnica:

$$\ln(A) = \ln(Y) - \alpha \ln(K) - \beta \ln(L) - \gamma \ln(I)$$

Z toho vyplýva, že parameter A, teda celkovú faktorovú produktivitu, je možné z interceptu regresie odvodiť ako exponenciálnu hodnotu $A=e^{\text{intercept}}$.

V nasledujúcej časti práce sa porovnávajú hodnoty celkovej faktorovej produktivity medzi jednotlivými spoločnosťami a scenármi na základe výstupov z regresie v rozšírenej Cobb-Douglasovej produkčnej funkcii. Cieľom porovnania je identifikovať podniky, ktoré pri rovnakých alebo porovnateľných vstupoch dosahujú vyššiu výkonnosť, čo môže indikovať ich technologickú vyspelosť, efektívnejšie interné procesy či schopnosť lepšie integrovať prvky digitalizácie do prevádzky.

Na Obrázku 14 sú vizualizované hodnoty celkovej faktorovej produktivity v závislosti od elasticity IoT vstupu a regresné čiary, ktoré reflektujú všeobecný trend medzi premennými v rámci každého scenára.

V realistickom scenári je možné vidieť najvýraznejší a pozitívny vzťah medzi elasticitou IoT vstupu a celkovou faktorovou produktivitou. To naznačuje, že pri stabilnom a vyváženom vývoji podmienok by podniky dokázali efektívne využívať investície do digitalizácie a pretaviť ich do vyššej výstupnej výkonnosti. Naopak, v optimistickom scenári je vzťah mierne negatívny, čo môže indikovať, že s rastúcou intenzitou implementácie IoT nemusí automaticky dochádzať k zvyšovaniu produktivity. To môže byť spôsobené buď limitmi efektívneho využitia technológií, alebo nesúlalom medzi technologickými inováciami a ostatnými vnútropodnikovými faktormi. V pesimistickom scenári je vzťah medzi

Figure 1 is a scatter plot showing the relationship between $\ln(A)$ (Y-axis) and v (X-axis) for three different scenarios: pesimistický (red circles), realistický (blue squares), and optimistický (green diamonds). The X-axis ranges from -0.50 to 1.25, and the Y-axis ranges from -20 to 60. Three regression lines are plotted, each with a shaded confidence interval. The pesimistický scenario shows a negative correlation, the realistický scenario shows a positive correlation, and the optimistický scenario shows a positive correlation. Data points are labeled with codes: SPB, NT, JKL, JLS, JPS, JKS, JKD, JKE, JKF, JKG, JKH, JKI, JKL, JKM, JKN, JKO, JKP, JKS, JKT, JKV, JKW, JKY, JKZ.

Zhrnutie

Výsledky ukazujú, že v optimistickom scenári, ktorý predpokladá intenzívne investície do technológií a vyššiu mieru digitálnej transformácie, väčšina spoločností vykazuje potenciál výrazného rastu výstupu. To podporuje predpoklad, že IoT môže predstavovať významný faktor transformačnej zmeny v sektore. V realistickom scenári sa tento efekt prejavuje predovšetkým v podnikoch s vyššou pripravenosťou a schopnosťou zosúladiť nové technológie so svojou prevádzkovou štruktúrou. Naopak, pesimistický scenár poukazuje na riziká, ktoré môžu nastať pri pomalom prijímaní technológií alebo ich nedostatočnom prepojení s ostatnými výrobnými vstupmi.

49

a investičné zázemie na ich podporu. Ukazuje sa však, že prítomnosť technológií sama osebe nepostačuje na zaručenie vyššej výkonnosti. Rozhodujúcim aspektom je spôsob ich implementácie, schopnosť podniku ich funkčne integrovať a primerane reagovať na zmeny na trhu.

Celkovo sa potvrdzuje, že spoločnosti, ktoré by efektívne kombinovali investície do technologických inovácií, optimalizáciu kapitálovej štruktúry a systematické riadenie ľudských zdrojov, majú vyšší predpoklad dosiahnuť rast celkovej faktorovej produktivity. Schopnosť reflektovať technologické trendy a prispôbiť sa ich požiadavkám predstavuje dôležitý predpoklad pre udržanie konkurencieschopnosti v dynamicky sa meniacom sektore poštových a logistických služieb.

4.4 Overenie stanovených hypotéz

Na základe výsledkov práce je ďalej možné vykonať overenie výskumných hypotéz stanovených v druhej kapitole dizertačnej práce. Hypotézy boli formulované s cieľom preskúmať, do akej miery vývoj digitalizácie, implementácia IoT a jeho integrácia do podnikových procesov ovplyvňujú výkonnosť podnikov poskytujúcich poštové a kuriérske služby.

Overenie hypotéz vychádza z výsledkov hodnotiaceho modelu IoTRIM, výstupov z regresných modelov rozšírenej Cobb-Douglasovej produkčnej funkcie, ako aj z analýzy celkovej faktorovej produktivity v rôznych scenároch vývoja. Pri overovaní sa prihliada nielen na štatistickú významnosť jednotlivých parametrov, ale aj na ich ekonomickú interpretáciu a praktické dôsledky pre manažérske rozhodovanie.

Overenie hypotézy H1

H1: „Implementácia IoT má pozitívny vplyv na výstup spoločností poskytujúcich ostatné poštové služby a služby kuriérov.“

H1₀: Koeficient $\gamma \leq 0$ (IoT nemá pozitívny vplyv na výstup).

H1₁: Koeficient $\gamma > 0$ (IoT má pozitívny vplyv na výstup).

Pre overenie hypotézy sú využité údaje z regresných analýz realizovaných na rozšírenej Cobb-Douglasovej produkčnej funkcii. Testovanie je realizované na vzorke 18 modelov (6 spoločností a 3 scenáre vývoja), kde je sledovaný vplyv koeficientu γ ako vyjadrenia elasticity výstupu vzhľadom na IoT vstup a jeho p-hodnota, ktorá sa porovnáva s hladinou významnosti $\alpha = 0,05$. Hodnoty koeficientu γ a ich p-hodnoty sú uvedené v Tabuľke 9.

Tabuľka 9. Overenie hypotézy H1

Spoločnosť	Scenár	γ		p-hodnota (γ)	
DHL	pesimistický	0.1496	✓	0.7585	✗
	realistický	0.9454	✓	0.0413	✓
	optimistický	0.4721	✓	0.0625	✗
DPD	pesimistický	0.0730	✓	0.7982	✗
	realistický	0.2988	✓	0.2684	✗
	optimistický	1.0643	✓	0.0040	✓
GLS	pesimistický	1.3111	✓	0.2287	✗
	realistický	1.0083	✓	0.0022	✓
	optimistický	0.6620	✓	0.2513	✗
Packeta	pesimistický	0.4725	✓	0.1015	✗
	realistický	0.1668	✓	0.7233	✗
	optimistický	0.1863	✓	0.2393	✗
SPS	pesimistický	-0.4350	✗	0.4350	✗
	realistický	0.4965	✓	0.3346	✗
	optimistický	0.2235	✓	0.2240	✗
TNT	pesimistický	0.1503	✓	0.6176	✗
	realistický	0.1578	✓	0.7152	✗
	optimistický	0.6965	✓	0.0067	✓

Vlastné spracovanie.

Z uvedených výsledkov vyplýva, že v 4 z 18 prípadov bol parameter γ kladný a zároveň štatisticky významný na hladine významnosti $\alpha = 0,05$. V týchto prípadoch možno nulovú hypotézu zamietnuť a prijať alternatívnu, že IoT má pozitívny vplyv na výstup podniku. V ostatných 14 modeloch buď nebola štatistická významnosť preukázaná (aj napriek kladnej hodnote γ), alebo bol v jednom prípade koeficient dokonca záporný. To znamená, že vo väčšine prípadov nemožno nulovú hypotézu zamietnuť, a teda nie je možné štatisticky potvrdiť pozitívny vplyv IoT na výstup podniku.

Na základe týchto výsledkov nie je možné potvrdiť hypotézu H1 ako všeobecne platnú pre celý súbor testovaných modelov. Hypotéza H_0 tak nemôže byť ako celok zamietnutá, a preto sa hypotéza, že implementácia IoT má pozitívny vplyv na výstup spoločností poskytujúcich ostatné poštové služby a služby kuriérov, nepotvrdila. Výsledky však indikujú, že v určitých prípadoch a za určitých podmienok môže byť vplyv IoT pozitívny a štatisticky významný.

Overenie hypotézy H2

H2: „Model Cobb-Douglas rozšírený o premennú úrovnú IoT vykazuje vyššiu mieru vysvetlenia variability výstupu než tradičný model.“

H2₀: Pridanie premennej IoT nezvyšuje mieru vysvetlenia variability výstupu.

H2₁: Pridanie premennej IoT zvyšuje mieru vysvetlenia variability výstupu.

Na overenie hypotézy je použitá metóda F-testu porovnania dvoch modelov – základného Cobb-Douglasovho modelu a jeho rozšírenej verzie. Test je realizovaný samostatne pre všetkých 18 modelov. Pre každý model je vypočítaný rozdiel v sumách štvorcov rezíduí (SSE) a následne F-štatistika, ktorá umožňuje určiť, či rozšírený model vysvetľuje variabilitu výstupu štatisticky významne lepšie než základný. Nakoľko výstupom z regresie je štandardná chyba regresie (SE), hodnotu SSE je potrebné vypočítať pre všetky modely podľa nasledujúceho vzorca:

$$SSE = SE^2 * (n - k)$$

kde n je počet pozorovaní a k je počet parametrov modelu. Ďalej nasleduje výpočet F-štatistiky daného modelu podľa vzorca uvedeného nižšie. Vypočítané hodnoty sa potom nachádzajú v Tabuľke 10.

Tabuľka 10. Overenie hypotézy H2

Spoločnosť	Scenár	SSE (základný)	SSE (rozšírený)	F	p-hodnota	Výsledok
DHL	pesimistický	0.021485	0.000063	2732.39	1.99×10^{-11}	H ₀ sa zamietá
	realistický	0.021485	0.000087	1964.88	7.41×10^{-11}	H ₀ sa zamietá
	optimistický	0.021485	0.000063	2732.39	1.99×10^{-11}	H ₀ sa zamietá
DPD	pesimistický	0.262331	0.000077	27289.73	2.00×10^{-15}	H ₀ sa zamietá
	realistický	0.262331	0.000067	31184.77	1.22×10^{-15}	H ₀ sa zamietá
	optimistický	0.262331	0.000026	80958.41	1.11×10^{-16}	H ₀ sa zamietá
GLS	pesimistický	0.080606	0.000110	5879.91	9.32×10^{-13}	H ₀ sa zamietá
	realistický	0.080606	0.000023	27883.19	1.89×10^{-15}	H ₀ sa zamietá
	optimistický	0.080606	0.000134	4787.09	2.12×10^{-12}	H ₀ sa zamietá
Packeta	pesimistický	0.114749	0.000018	26016.16	8.86×10^{-9}	H ₀ sa zamietá
	realistický	0.114749	0.000041	11201.95	4.78×10^{-8}	H ₀ sa zamietá
	optimistický	0.114749	0.000005	94829.81	6.67×10^{-10}	H ₀ sa zamietá
SPS	pesimistický	0.187342	0.000040	32517.59	4.25×10^{-14}	H ₀ sa zamietá
	realistický	0.187342	0.000081	16199.02	4.88×10^{-13}	H ₀ sa zamietá
	optimistický	0.187342	0.000007	187334.64	1.11×10^{-16}	H ₀ sa zamietá
TNT	pesimistický	0.088198	0.000023	30510.25	1.33×10^{-15}	H ₀ sa zamietá
	realistický	0.088198	0.000058	12090.46	5.23×10^{-14}	H ₀ sa zamietá
	optimistický	0.088198	0.000014	52180.01	1.11×10^{-16}	H ₀ sa zamietá

Vlastné spracovanie.

$$F = \frac{\frac{(SSE_1 - SSE_2)}{(k_2 - k_1)}}{\frac{SSE_2}{(n - k_2)}}$$

kde:

- SSE_1 - zvyšková suma štvorcov základného modelu,
- SSE_2 - zvyšková suma štvorcov rozšíreného modelu,
- k_1 - počet parametrov základného modelu,
- k_2 - počet parametrov rozšíreného modelu,
- n - počet pozorovaní.

Na základe výsledkov F-testu je možné povedať, že vo všetkých 18 prípadoch došlo k štatisticky významnému zlepšeniu vysvetľovacej schopnosti modelu po pridání IoT premennej. Hodnoty F-štatistík sú vysoké, pričom p-hodnoty vo všetkých prípadoch výrazne prekročili hranicu štatistickej významnosti $\alpha = 0,05$.

Na základe uvedených výsledkov sa dá konštatovať, že hypotéza H2 je štatisticky potvrdená. Rozšírený Cobb-Douglasov model vykazuje významne vyššiu mieru vysvetlenia variability výstupu vo všetkých spoločnostiach a scenároch vývoja. Zistenia podporujú závery o prínose modelového rámca, ktorý do ekonomických vzťahov integruje digitálne vstupy, a zároveň potvrdzujú analytickú vhodnosť rozšíreného prístupu pri skúmaní efektov implementácie IoT v poštových a kuriérskych službách.

5. DISKUSIA

Dizertačná práca sa zaoberá možnosťami aplikácie IoT do poštových služieb a procesov s cieľom identifikovať a kvantifikovať jeho potenciálny prínos pre výkonnosť a technologickú vyspelosť podnikov pôsobiacich v tomto sektore. V nadväznosti na ciele stanovené v druhej kapitole dizertačnej práce a metodiku prezentovanú v tretej kapitole bola navrhnutá a implementovaná metodika hodnotenia úrovne implementácie a využívania IoT, ktorá sa následne použila ako základ pre rozšírenie Cobb-Douglasovej produkčnej funkcie o nový parameter. Uvedený prístup umožnil detailné skúmanie ekonomického dopadu prvkov digitalizácie na výstupy vybraných spoločností poskytujúcich ostatné poštové služby a služby kuriérov. Diskusia tak integruje poznatky získané počas analýzy súčasného stavu, stanovených hypotéz a kvantitatívnych výsledkov, čím vytvára ucelený pohľad na výskumný problém.

Z medzinárodného hľadiska možno konštatovať, že digitalizácia a IoT technológie sú čoraz viac vnímané ako strategický nástroj na zefektívnenie služieb a optimalizáciu logistiky. V zahraničnej literatúre a v aplikačnej praxi vo vyspelých krajinách v oblasti digitálnej transformácie je možné nájsť dôkazy o tom, že IoT technológie prispievajú k skráteniu času doručovania, znižovaniu prevádzkových nákladov a zlepšovaniu transparentnosti dodávateľského reťazca. Vo svete v súčasnosti dominujú inteligentné skladové systémy, prediktívna analytika doručovania a dôraz sa kladie aj na ekologické aspekty digitalizácie, napríklad cez automatizáciu parkovania, elektrické vozidlá alebo smart triedenie zásielok.

Rozdiely v miere implementácie digitálnych technológií vyplývajú nielen z ekonomických podmienok, ale aj z kultúrnych faktorov, legislatívnych rámcov a úrovne pripravenosti na digitálnu transformáciu samotných podnikov. Práve uvedené skutočnosti poukazujú na potrebu komplexného hodnotiaceho prístupu, ktorý zohľadní nielen aktuálny technologický stav, ale aj potenciál ďalšieho rozvoja. V slovenskom kontexte je oblasť implementácie a využívania IoT v analyzovanom sektore stále v počiatočnej fáze, čo sa prejavuje najmä nízkou mierou štandardizácie, limitovanými investičnými možnosťami, obmedzenou ochotou podnikov participovať na digitálnej transformácii a nejednotným prístupom k implementácii technológií. Rozdiel v stave implementácie môže byť spôsobený aj nedostatkom kvalifikovaných pracovníkov, nízkou inovačnou iniciatívou menších regionálnych spoločností, ako aj absenciou systematickej štátnej podpory v oblasti inovácií a digitalizácie.

Výsledky testovania hypotéz v dizertačnej práci poukazujú na to, že zaradenie IoT do podnikovej infraštruktúry má potenciál ovplyvniť výkonnosť, no efekt nie

je univerzálny. V prípade hypotézy H1, ktorá skúmala vplyv IoT na výstup podniku, sa v 4 z 18 modelov podarilo preukázať pozitívny efekt koeficientu γ . V ďalších prípadoch nebola štatistická významnosť koeficientu na hladine významnosti $\alpha = 0,05$ preukázaná, čo poukazuje na rôznorodosť v miere úspešnosti implementácie technológie. To zároveň podčiarkuje význam správneho načasovania, dostupnosti interných kapacít a schopnosti organizačnej prispôsobiteľnosti na digitálne zmeny. Zistenia sú v súlade so zahraničnými štúdiami, ktoré upozorňujú, že technológia sama o sebe nemusí garantovať úspech bez sprievodných zmien v riadení, kultúre a procesnom dizajne.

V rámci overenia hypotézy H2 rozšírený model Cobb-Douglasovej produkčnej funkcie umožnil sledovať, ako zaradenie premenných vyjadrujúcich úroveň IoT vplyva na vysvetľovaciu schopnosť modelu. Vo všetkých prípadoch došlo k zlepšeniu sledovanej hodnoty, čo indikuje vyššiu výpovednú hodnotu. Potvrdená hypotéza podporuje myšlienku, že pokiaľ je digitalizácia systematicky hodnotená, predstavuje významný vysvetľujúci faktor produktivity, ktorý dopĺňa tradičné ekonomické premenné ako práca a kapitál. Zároveň sa potvrdilo, že technologické faktory sú vhodným doplnkom k štandardným ekonomickým ukazovateľom pri modelovaní výkonnosti, a ich zaradenie do formálnych analytických nástrojov umožňuje lepšie porozumieť mechanizmom transformácie v časoch digitalizácie.

Dôležitým výstupom práce je samotný hodnotiaci model IoTRIM, ktorý umožňuje kvantifikáciu úrovne IoT implementácie a úrovne jeho využívania v prostredí podniku prostredníctvom indikátorov rozdelených do tematických oblastí. Model bol vytvorený s cieľom zjednotiť hodnotiace prístupy a sprístupniť podnikovej praxi nástroj, ktorý je jednoduchý, ale zároveň dostatočne rozsiahly. Vďaka tomu je možné využiť výsledné skóre ako vstupnú premennú pre ekonomické modelovanie alebo ako benchmarkingový nástroj medzi podnikmi. Koncept IoTRIM je založený na princípe kombinácie vstupu expertov z praxe, logickej štruktúry hodnotenia a transparentného výpočtu. Vytvorený model reflektuje aktuálne poznatky z oblasti hodnotenia digitálnej pripravenosti podnikov, pričom vzhľadom na jeho štruktúru je možné ho využiť nie len v oblasti poštových a kuriérskych služieb, ale aj v ďalších oblastiach hospodárstva, kde je IoT aktívne implementovaný. IoTRIM predstavuje významný posun v chápaní IoT ako hodnotového nástroja a nie iba technológie. Vďaka použitiu škálovaných hodnôt a váhovania podľa expertného posúdenia reflektuje nielen aktuálnu mieru vybavenosti technológiami, ale aj širšie systémové predpoklady úspešnej digitalizácie. Takýto komplexný prístup sa v praxi môže uplatniť pri rozhodovaní o alokácii investícií, definovaní cieľových stavov alebo plánovaní strategických zmien v oblasti informačných technológií. Rovnako je možné jeho využitie pri

návrhoch verejných politík zameraných na podporu digitalizácie, napríklad ako súčasť hodnotiaceho rámca v dotačných výzvach alebo ako analytický podklad pri hodnotení efektivity inovatívnych projektov.

Z metodologického hľadiska predstavuje prínos práce aj samotná aplikácia metódy Monte Carlo, ktorá bola použitá na vytvorenie simulácií scenárov vývoja výkonnosti podnikov. Práca ukazuje, že v pesimistickom scenári je vplyv IoT slabý alebo nevýznamný, zatiaľ čo v realistickom a optimistickom scenári sa pozitívny efekt výrazne zvyšuje. Vytvorené scenáre umožňujú modelovať možné alternatívne trajektórie vývoja a poskytujú manažerom rámec pre hlbšie analýzy v prípade práce s dátami špecifickými pre analyzovaný podnik. Výsledkom je tak nový analytický štandard, ktorý môže byť užitočný aj pri tvorbe podnikového plánovania, rizikovej analýzy alebo rozhodovacích stromov v oblasti technologických inovácií.

Napriek dosiahnutým výsledkom je práca vystavená aj limitáciám. Jedným z obmedzení je využívanie modelových a expertných údajov, ktoré nie vždy reflektujú úplne reálne prostredie. Ďalším obmedzením je statický charakter niektorých vstupov, ktoré nereflektujú sezónnosť, legislatívne zmeny či štrukturálne transformácie sektora. Navyše, napriek snahe o zapojenie širšej vzorky podnikov, sa nepodarilo nadviazať produktívnu komunikáciu, čo do istej miery môže limitovať reprezentatívnosť výpočtov. Tento aspekt bol čiastočne kompenzovaný dôsledným návrhom scenárov a verifikáciou údajov na základe dostupných sekundárnych zdrojov a spätnej väzby od expertov z praxe. Zároveň sa v práci kladie dôraz aj na sebavedomú, no kritickú reflexiu zistení, čím sa prehĺbuje akademická hodnota výstupu. Výsledky potvrdzujú, že výskum má zmysel aj v prípadoch, keď hypotézy nie sú jednoznačne potvrdené, pretože práve také zistenia často poukazujú na komplexnosť skúmanej problematiky a potrebu sofistikovanejších prístupov.

Dizertačná práca tiež jednoznačne nadväzuje na anotáciu a stanovený cieľ práce, ktorým bolo vytvorenie metodiky na posúdenie ekonomických prínosov pre oblasť IoT. Hlavný cieľ práce bol naplnený prostredníctvom systematickej kombinácie metód, ktoré zabezpečili konzistentné prepojenie teoretického rámca s praktickou aplikáciou. Vytvorený model IoTRIM, rozšírenie už existujúceho tradičného modelu hodnotenia výkonnosti podnikov o ďalší parameter, kvantitatívna analýza prostredníctvom produkčnej funkcie a testovanie hypotéz vytvorili analytický rámec, ktorý umožňuje skúmať IoT nielen ako technologický trend, ale ako nástroj pre zvýšenie konkurencieschopnosti a efektívnosti podnikov.

Z pohľadu ďalšieho výskumu sa naskytá možnosť pokračovať v rozširovaní metodiky o ďalšie indikátory, ako napríklad kybernetická bezpečnosť či interoperabilita, prípadne zväziť využitie panelových dát a viacúrovňového

modelovania, ktoré by mohli lepšie zohľadniť štruktúru dát v čase. Rovnako by bolo prínosné sledovať efektivitu jednotlivých typov IoT technológií podľa ich špecifických funkcií, aby bolo možné identifikovať, ktoré z nich prinášajú najvyššiu pridanú hodnotu v podmienkach trhu.

Na záver možno konštatovať, že dizertačná práca sa v rámci svojej tematickej oblasti pohybuje na rozhraní medzi ekonómiou, logistikou a informačnými technológiami. Práve interdisciplinarita predstavuje jej silnú stránku. Vytvorená metodika, výsledky kvantitatívnych analýz a formulované odporúčania vytvárajú základ pre ďalší výskum aj praktické využitie v meniacom sa technologickom prostredí poštových a logistických služieb. Práca tak prispieva k rozšíreniu teoretických základov, otvára nové možnosti pre uplatnenie inovácií v praxi a podnecuje diskusiu o tom, ako môže digitalizácia transformovať tradičné odvetvie do podoby, ktorá bude flexibilnejšia, ekologickejšia a zákaznícky orientovaná.

6. TEORETICKÉ A PRAKTICKÉ PRÍNOSY DIZERTAČNEJ PRÁCE

Šiesta kapitola sumarizuje hlavné teoretické a praktické prínosy, ktoré vyplývajú z výskumu zameraného na aplikáciu prvkov IoT v oblasti poštových procesov a služieb. Práca prepája moderné technologické trendy s ekonomickými modelmi a vytvára ucelený metodologický rámec pre posudzovanie ekonomickej efektívnosti riešení podporujúcich digitalizáciu v oblasti, ktorá sa nachádza v období dynamickej transformácie. Oblasť poskytovania poštových a kuriérskych služieb čelí tlaku na zefektívnenie prevádzky, skrátenie dodacích dôb, personalizáciu služieb a zároveň na zníženie nákladov a ekologickej záťaže. Implementácia inteligentných technológií je dôležitým aspektom pri získavaní konkurenčnej výhody, ale je tiež predpokladom dlhodobej udržateľnosti a adaptácie na meniace sa trhové podmienky. Spojením prvkov hodnotiaceho modelu IoTRIM s rozšíreným ekonomickým modelovaním na základe Cobb-Douglasovej produkčnej funkcie sa otvára nový priestor pre kvantifikovateľné a opakovateľné hodnotenie vplyvu IoT na výkonnosť podnikov. Práca zároveň svojimi výstupmi môže pomôcť pri strategickom rozhodovaní, tvorbe verejných politík, ako aj v akademickom výskume v oblasti digitalizácie služieb.

Teoretické prínosy dizertačnej práce

- Rozšírenie teoretických základov v oblasti digitalizácie logistických služieb – práca prehľbuje chápanie potenciálu IoT v poštovom sektore, ktorý je menej prebádaný v porovnaní s oblasťou priemyslu či inteligentných miest. Systematicky rozoberá pojmy ako digitalizácia, IoT, smart logistika či digitálna vyspelosť.
- Konceptný rámec pre hodnotenie IoT v poštových službách – práca prináša vlastný hodnotiaci model IoTRIM, ktorý umožňuje kvantifikovať úroveň pripravenosti a implementácie IoT v podnikoch.
- Teoretické ukotvenie IoT ako produkčného faktora – modelová aplikácia rozšírenej Cobb-Douglasovej produkčnej funkcie umožňuje zaradiť IoT medzi štandardné výrobné faktory, čím dochádza k významnému rozšíreniu tradičného ekonomického pohľadu na produktivitu.
- Prepojenie hodnotiaceho modelu a ekonometrickej analýzy – teoretickým prínosom je vytvorenie metodiky, ktorá umožňuje prepojiť kvalitatívne hodnotenie úrovne digitalizácie s kvantitatívnym výstupom, výpočtom elasticity výstupu a celkovej faktorovej produktivity.

- Aplikácia Monte Carlo simulácií na predikciu výkonnosti – prístup vo forme vytvorenia scenárov kombinovaný s modelovaním ponúka nový spôsob, ako predikovať vývoj výkonnosti podnikov v závislosti od úrovne implementácie IoT.
- Testovanie hypotéz pomocou štatistických testov – v práci sú využité štatistické metódy na overenie vzťahov medzi IoT a výkonnostnými premennými, čím sa zvyšuje rozsiahlosť teoretických záverov.
- Komparácia trendov v oblasti digitalizácie a inovácií – práca analyzuje stav digitalizácie vo vybraných krajinách a porovnáva ho s vývojom na Slovensku, čím vytvára rámec pre ďalší výskum v oblasti digitálnej transformácie a inovácií.
- Zhrnutie nadobudnutých informácií.

Praktické prínosy dizertačnej práce

- Využitelnosť navrhutej metodiky v praxi – hodnotiaci model IoTRIM môže byť aplikovaný v podnikoch ako nástroj interného hodnotenia digitálnej vyspelosti, prípadne ako podklad pre strategické rozhodovanie o ďalších investíciách do IoT.
- Rozšírenie analytických nástrojov pre manažment – rozšírený model Cobb-Douglasovej produkčnej funkcie s IoT premennou ponúka kvantitatívny pohľad na prínos digitalizácie, ktorý môžu využiť manažéri spoločností.
- Možnosť využitia modelu pre benchmarking – vzhľadom na to, že metodika umožňuje porovnanie medzi podnikmi a scenármi, môže slúžiť ako základ pre benchmarkingové štúdie naprieč odvetviami alebo regiónmi.
- Podpora verejnej politiky a strategického plánovania – výsledky práce môžu byť použité pri tvorbe štátnych stratégií digitálnej transformácie, ako aj pri tvorbe nástrojov na monitorovanie digitalizácie.
- Zlepšenie rozhodovania o investíciách – výstupy analýzy pomáhajú identifikovať oblasti, kde má IoT najväčší prínos, čo môže byť cenným vstupom pri návrhoch na financovanie inovácií či hodnotení návratnosti technologických projektov.
- Možnosť využitia navrhutej metodiky v ďalších oblastiach hospodárstva.
- Podpora vzdelávania a výskumu – výsledky a metodológia práce môžu byť využité ako podklad pre ďalší akademický výskum.

Teoretické a praktické prínosy plynúce z dizertačnej práce sú významné. Výsledky výskumu prispievajú k rozšíreniu poznatkov v oblasti digitalizácie a implementácie IoT v oblasti poštových procesov a služieb. Viaceré časti práce boli

prezentované na odborných konferenciách a publikované v recenzovaných vedeckých časopisoch, pričom niektoré z výstupov boli zaradené aj do uznávaných databáz, ako sú Scopus či Web of Science. Zistenia práce umožňujú podnikom lepšie porozumieť prínosom digitalizácie, cielene plánovať investície do technológií a efektívnejšie riadiť rozvojové projekty zamerané na digitálnu transformáciu. Tým sa zvyšuje ich schopnosť reagovať na meniace sa potreby zákazníkov a posilňovať svoju konkurencieschopnosť v digitálnej ekonomike.

ZÁVER

Poštové služby čelia v 21. storočí zásadnej transformácii, ktorú poháňajú technologické inovácie, rastúce nároky zákazníkov a tlak na efektivitu, udržateľnosť a digitalizáciu. IoT predstavuje jeden z kľúčových nástrojov, prostredníctvom ktorého je možné modernizovať tradičné poštové procesy, zefektívniť logistiku, zlepšiť transparentnosť dodávateľských reťazcov a vytvoriť nové služby s vyššou pridanou hodnotou. Hlavným cieľom dizertačnej práce bolo navrhnúť metodiku posudzovania ekonomických prínosov v oblasti nasadenia prvkov internetu vecí v poštových procesoch a službách. Okrem toho mala práca za cieľ preskúmať možnosti aplikácie prvkov IoT v poštových službách a procesoch, a zároveň vytvoriť hodnotiaci model IoTRIM, ktorý umožňuje kvantifikovať úroveň implementácie IoT riešení v poštových podnikoch. Súčasťou výskumu bolo aj rozšírenie Cobb-Douglasovej produkčnej funkcie o špecifický parameter reprezentujúci IoT, čo umožnilo analyzovať jeho vplyv na výkonnosť podnikov poskytujúcich poštové služby na Slovensku. Navrhnutý model poskytuje systematický a analytický nástroj na identifikáciu technologickej vyspelosti, slabých miest a rozvojového potenciálu podnikov z pohľadu IoT. Zistenia preukázali, že vyššia úroveň integrácie IoT koreluje s vyššou faktorovou produktivitou a efektívnosťou procesov, čo podporuje potrebu strategického riadenia digitálnej transformácie. Dizertačná práca zároveň identifikovala niekoľko výziev, medzi ktoré patrí nedostatočná vzájomná kompatibilita systémov, nejednotnosť v zbere a štruktúre dát, či obmedzená digitálna pripravenosť niektorých podnikov. Identifikované faktory môžu negatívne ovplyvňovať presnosť hodnotenia a efektivitu implementácie IoT riešení. Preto sú v rámci práce vypracované odporúčania pre ďalší výskum zameraný na štandardizáciu indikátorov, rozšírenie modelu IoTRIM o nové premenné, a testovanie jeho použiteľnosti v širšom geografickom a podnikateľskom kontexte. Významným prínosom práce je tiež dôraz na potrebu multidisciplinárneho prístupu pri implementácii IoT v poštovom sektore – kombinácia technologickej, ekonomickej, logistickej a manažérskej perspektívy je nevyhnutná pre úspešnú digitálnu transformáciu. Model tak predstavuje nielen hodnotiaci nástroj, ale aj podklad pre strategické rozhodovanie na úrovni podnikov i verejných inštitúcií.

V závere možno konštatovať, že výsledky dizertačnej práce prispievajú k lepšiemu pochopeniu potenciálu internetu vecí v oblasti poštových procesov a služieb a ponúkajú praktické nástroje a metodické riešenia, ktoré môžu podporiť udržateľnú digitálnu transformáciu tradičného odvetvia v podmienkach digitálnej ekonomiky.

ZOZNAM POUŽITEJ LITERATÚRY

- [1] Vial, G. (2021). Understanding digital transformation: A review and a research agenda. *Journal of Strategic Information Systems*. 28(2), 13-66. Dostupné na internete: <<https://doi.org/10.1016/j.jsis.2019.01.003>>.
- [2] Karimi, J., Walter, Z. (2015). The Role of Dynamic Capabilities in Responding to Digital Disruption: A Factor-Based Study of the Newspaper Industry. *Journal of Management Information Systems*. 32(1), 39-81. Dostupné na internete: <<https://doi.org/10.1080/07421222.2015.1029380>>.
- [3] Beier, G. et al. (2020). A Green Digitized Economy? *IASS Fact Sheet 2020/1*, *Institute for Advanced Sustainability Studies*. 1, 1-11. Dostupné na internete: <https://publications.iass-potsdam.de/rest/items/item_6000196_1/component/file_6000197/content>.
- [4] Paavola, R. et al. (2017). Role of middle managers in modular digital transformation: The case of Servu. *Proceedings of the 25th European Conference on Information Systems*. 58. Dostupné na internete: <<https://core.ac.uk/download/pdf/301372324.pdf>>.
- [5] Siebel, T. (2019). Digital Transformation: Survive and Thrive in an Era of Mass Extinction. *Rosetta Books*, 256 s. ISBN 978-1948122481.
- [6] Iscoop. (2019). Digital transformation: online guide to digital business transformation. [online]. Dostupné na internete: <<https://www.iscoop.eu/digitaltransformation>, 2019>.
- [7] Aisyah, K. (2021). Data Analytics Key to U.S. Postal Service Digital Transformation. [online]. Dostupné na internete: <<https://opengovasia.com/data-analytics-key-to-u-s-postal-service-digital-transformation/>>.
- [8] Otsetova, A. (2019). Digital transformation of postal operators – challenges and perspectives. *Transport and Communications*. 2, 15-20. Dostupné na internete: <<https://tac.uniza.sk/pdfs/tac/2019/02/04.pdf>>.
- [9] Unctad. (2021). Digital Economy Report 2021: Cross-border Data Flows and Development – For Whom the Data Flow. [online]. Dostupné na internete: <https://unctad.org/system/files/official-document/der2021_en.pdf>.
- [10] Corredera, D. N., Leta, T. B. (2019). The digital economy and digital postal activities – a global panorama. [online]. Dostupné na internete: <https://www.upu.int/UPU/media/upu/publications/Digital-economy-and-postal-digital-activities_EN.pdf>.
- [11] Falch, M., Henten, A. (2018). Universal service in a digital world: The demise of postal services. *22nd Biennial Conference of the International Telecommunications Society (ITS): "Beyond the Boundaries: Challenges for Business, Policy and Society"*, Seoul, Korea, 24th-27th June, 2018. [online]. Dostupné na internete: <https://www.econstor.eu/bitstream/10419/190416/1/G1_3_Falch-and-Henten.pdf>.
- [12] Nicoletti, B., Appolloni, A. (2025). Digital transformation in ecosystems: integrated operations model and its application to fifth-party logistics operators. *Journal of Global Operations and Strategic Sourcing*. 18(1), 91-122. Dostupné na internete: <<https://doi.org/10.1108/JGOSS-04-2023-0024>>.
- [13] Agatz, N., Fransoo, J. C., Rabinovich, E., Sousa, R. (2025). Innovations, Technologies, and the Economics of Last-Mile Operations: A Call for Research in Operations Management. *Journal of Operations Management*. 71(2), 166-175. Dostupné na internete: <<https://doi.org/10.1002/joom.1355>>.
- [14] Cheng, Z. M., Bonetti, F., de Regt, A., Ribeiro, J. L., Plangger, K. (2024). Principles of responsible digital implementation: Developing operational business resilience to reduce resistance to digital innovations. *Organizational Dynamics*. 53(2), 101043. Dostupné na internete: <<https://doi.org/10.1016/j.orgdyn.2024.101043>>.

- [15] Mokgohloa, K., Kanakana-Katumba, M. G., Maladzhi, R. W., Xaba, S. (2023). Postal Digital Transformation Dynamics—A System Dynamics Approach. *Systems*. 11(10), 508. Dostupné na internete: <<https://doi.org/10.3390/systems11100508>>.
- [16] Hillebrand, A. et al. (2016). Technology and change in postal services – impacts on consumers. [online]. Dostupné na internete: <<https://www.zbw.eu/econis-archiv/handle/11159/1831>>.
- [17] Cseres, K. (2019). Postal Consumers in the EU and in Local Markets: From Users of Universal Services to Users of All (Digital) Postal Services How Does EU and National Law Facilitate Consumers in the Digital Postal Market? *Amsterdam Law School Research*. 2019-39. Dostupné na internete: <<http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3489885>>.
- [18] Sánchez-Bayón, A., Sastre, F. J., Sánchez, L. I. (2024). Public management of digitalization into the Spanish tourism services: a heterodox analysis. *Review of Managerial Science*. 1-19. Dostupné na internete: <<https://doi.org/10.1007/s11846-024-00753-1>>.
- [19] Samambet, M., Khouangvichit, C. (2025). Outsmarting the hurdles to digitalizing the postal sector: The case of deutsche post, poste italiane, and royal mail. *International Journal of Professional Business Review*. 10(3), 13. Dostupné na internete: <<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=10054441>>.
- [20] Costa, A. C. F., Capelo Neto, F., Espuny, M., Rocha, A. B. T. D., Oliveira, O. J. D. (2024). Digitalization of customer service in small and medium-sized enterprises: drivers for the development and improvement. *International Journal of Entrepreneurial Behavior & Research*. 30(2/3), 305-341. Dostupné na internete: <<https://doi.org/10.1108/IJEER-10-2022-0953>>.
- [21] Saha, J., Sarma, T. R. (2025). Antecedents and consequences of customer satisfaction with courier services during disruptions: empirical evidence from Indian postal sector. *Journal of Advances in Management Research*. Dostupné na internete: <<https://doi.org/10.1108/JAMR-04-2024-0129>>.
- [22] Rozikin, Z., Putra, S. P. (2024). Post Office Service Innovation: Responding to Competitive Challenges. *International Journal of Research in Social Science and Humanities*. 5(2), 9-14. Dostupné na internete: <<https://doi.org/10.47505/IJRSS.2024.2.2>>.
- [23] Parcu, P. L., Pisarkiewicz, A. R., Mazzoni, L., Carrozza, C. (2024). Universal Postal Service as a Business Opportunity. *Service Challenges, Business Opportunities, and Regulatory Responses in the Postal Sector*. 1-19. Dostupné na internete: <https://doi.org/10.1007/978-3-031-65599-9_1>.
- [24] Hamidi, H. (2019). An approach to develop the smart health using Internet of Things and authentication based on biometric technology. *Future generation computer systems*. 91, 434-449. Dostupné na internete: <<https://doi.org/10.1016/j.future.2018.09.02>>.
- [25] Kaginalkar, A. et al. (2021). Review of urban computing in air quality management as smart city service: An integrated IoT, AI, and cloud technology perspective. *Urban Climate*. 39, 100972. Dostupné na internete: <<https://doi.org/10.1016/j.uclim.2021.100972>>.
- [26] Balouch, F. A. et al. (2022). Internet Of Things (Iot), Its Application Area And Combination With Gps. *Galaxy International Interdisciplinary Research Journal*. 10(1), 725-734. Dostupné na internete: <<https://www.giirj.com/index.php/giirj/article/view/1119/1057>>.
- [27] Vaculik, J., Kolarovszki, P. (2015). Technológia RFID v pošte a logistike, Bratislava, Slovensko, ISBN 978-80-8181-045-9.
- [28] Grieco, L. A. et al. (2014). IoT-aided robotics applications: Technological implications, target domains and open issues. *Computer Communications*. 54, 32-47. Dostupné na internete: <<https://doi.org/10.1016/j.comcom.2014.07.013>>.

- [29] Schrawat, D., Gill, N. S. (2019). Smart sensors: Analysis of different types of IoT sensors. *3rd International Conference on Trends in Electronics and Informatics*. 523-528. Dostupné na internete: <<https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/8862778>>.
- [30] Ghosh, A. et al. (2018). Artificial intelligence in Internet of things. *CAAI Transactions on Intelligence Technology*. 3(4), 208-218. Dostupné na internete: <<https://doi.org/10.1049/trit.2018.1008>>.
- [31] Li, S. et al. (2015). The internet of things: a survey. *Information systems frontiers*. 17, 243-259. Dostupné na internete: <<https://doi.org/10.1007/s10796-014-9492-7>>.
- [32] Atzori, L. et al. (2010). The internet of things: A survey. *Computer networks*. 54(15), 2787-2805. Dostupné na internete: <<https://doi.org/10.1016/j.comnet.2010.05.010>>.
- [33] Whitmore, A. et al. (2015). The Internet of Things—A survey of topics and trends. *Information systems frontiers*. 17, 261-274. Dostupné na internete: <<https://doi.org/10.1007/s10796-014-9489-2>>.
- [34] Gubbi, J. et al. (2013). Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions. *Future generation computer systems*. 29(7), 1645-1660. Dostupné na internete: <<https://doi.org/10.1016/j.future.2013.01.010>>.
- [35] Miorandi, D. et al. (2012). Internet of things: Vision, applications and research challenges. *Ad hoc networks*. 10(7), 1497-1516. Dostupné na internete: <<https://doi.org/10.1016/j.adhoc.2012.02.016>>.
- [36] Perera, C. et al. (2014). A survey on internet of things from industrial market perspective. *IEEE Access*. 2, 1660-1679. Dostupné na internete: <<https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/7004894>>.
- [37] Borgia, E. (2014). The Internet of Things vision: Key features, applications and open issues. *Computer communications*. 54, 1-31. Dostupné na internete: <<https://doi.org/10.1016/j.comcom.2014.09.008>>.
- [38] SAS Institute Inc. Internet of Things. (2019). [online]. Dostupné na internete: <https://www.sas.com/en_us/insights/big-data/internet-of-things.html>.
- [39] Makadam, S. et al. (2015). Internet of Things (IoT): A Literature Review. *Journal of computer and communications*. 3(5), 164-173. Dostupné na internete: <<https://www.scirp.org/journal/paperinformation.aspx?paperid=56616>>.
- [40] Mohankumar, N., Rakesh, N., Priyadarshini, S., Brindha, G., Srinivasan, C. (2024). Enhancing Postal Convenience and Security IoT-Enabled Smart Postboxes and Delivery Lockers Using Cloud Computing. *8th International Conference on Computational System and Information Technology for Sustainable Solutions*. 1-6. Dostupné na internete: <<https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/10817062>>.
- [41] Choudhory, A. R. (2015). How IT helps Changi Airport to be smart, sweet and swift. [online]. Dostupné na internete: <<https://www.businesstimes.com.sg/focus/in-depth/cio-speaks/how-it-helps-changi-airport-to-be-smart-sweet-and-swift>>.
- [42] Liu, R., Yin, Z., Jiang, W., He, T. (2021, September). WiBeacon: Expanding BLE location-based services via WiFi. *Proceedings of the 27th annual international conference on mobile computing and networking*. 83-96. Dostupné na internete: <<https://doi.org/10.1145/3447993.3448615>>.
- [43] Nagy, P. E., Bányai, T. (2023). Improving the Logistics of Institutional Postal Services. *Advanced Logistic Systems-Theory and Practice*. 17(3), 5-23. Dostupné na internete: <<https://doi.org/10.32971/als.2023.019>>.
- [44] Ancona, M. et al. (2019). Towards the Internet of Safe and Intelligent Postal+ Things. *WOA*. 51-58. Dostupné na internete: <<https://ceur-ws.org/Vol-2404/paper08.pdf>>.
- [45] Baláž, M., Vaculík, J., Corejova, T. (2024). Evaluation of the Impact of the Internet of Things on Postal Service Efficiency in Slovakia. *Economies*. 12(10), 271. Dostupné na internete: <<https://doi.org/10.3390/economies12100271>>.

- [46] Fan, P. F., Zhou, G. Z. (2011). Analysis of the business model innovation of the technology of internet of things in postal logistics. *18th international conference on industrial engineering and engineering management*. 532-536. Dostupné na internete: < <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/6035215>>.
- [47] Song, Y., Yu, F. R., Zhou, L., Yang, X., He, Z.: Applications of the Internet of Things (IoT) in Smart Logistics: A Comprehensive Survey. *Internet of Things Journal*. 1(1). Dostupné na internete: < <https://doi.org/10.1109/jiot.2020.3034385>>.
- [48] Sağlam, Y. C. (2024). Smart logistics management in the age of digital transformation: A systematic literature review. *İnsan ve Toplum Bilimleri Araştırmaları Dergisi*. 13(1), 11-31. Dostupné na internete: < <https://doi.org/10.15869/itobiad.1283253>>.
- [49] Nowak, F., Statkiewicz, W. (2024). Smart logistics. *Internet of Things in the Food Industry*. 100-114. Dostupné na internete: < <https://www.taylorfrancis.com/chapters/edit/10.4324/9781003401421-10/smart-logistics-filip-nowak-witold-statkiewicz>>.
- [50] Idrissi, Z. K., Lachgar, M., Hrimch, H. (2024). Blockchain, IoT and AI in logistics and transportation: A systematic review. *Transport Economics and Management*. 2, 275-285. Dostupné na internete: < <https://doi.org/10.1016/j.team.2024.09.002>>.
- [51] Uckelmann, D. (2008). A Definition Approach to Smart Logistics. Next Generation Teletraffic and Wired/Wireless Advanced Networking. *ruSMART*. 273-294. Dostupné na internete: < https://doi.org/10.1007/978-3-540-85500-2_28>.
- [52] Blecker, T., Kersten, W., Ringle, Ch. M. (2012). Pioneering Supply Chain Design. *Josef Eul Verlag*. 99. Dostupné na internete: < <https://publica.fraunhofer.de/entities/mainwork/516f4f65-e25c-4a65-a09a-0673b30e8d74>>.
- [53] Miragliotta, G., Perego, A., Tumino, A. (2012). Internet of Things: Smart Present or Smart Future. *Breaking down the barriers between research and industry*. 1-6. Dostupné na internete: < <https://re.public.polimi.it/handle/11311/689922>>.
- [54] Van Woensel, T. (2012). Smart Logistics. *Eindhoven University of Technology*. 5. Dostupné na internete: < <https://research.tue.nl/en/publications/smart-logistics>>.
- [55] Jabeur, N., et al. (2017). Toward Leveraging Smart Logistics Collaboration with a Multi-Agent System Based Solution. *Procedia Computer Science*. 672–679. Dostupné na internete: < <https://doi.org/10.1016/j.procs.2017.05.374>>.
- [56] Kirch, M., Poenicke, O., Richter, K. (2017). RFID in Logistics and Production – Applications, Research and Visions for Smart Logistics Zones. *Procedia Engineering*. 178, 526 – 533. Dostupné na internete: < <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.01.101>>.
- [57] Singh, P. M., Van Sinderen, M. J., Wieringa, R.J. (2017). Smart logistics: An enterprise architecture perspective. *CAiSE 2017 Forum and Doctoral Consortium Papers*. 9-16. Dostupné na internete: < <https://research.tue.nl/en/publications/smart-logistics-an-enterprise-architecture-perspective>>.
- [58] Tseng, Y., Yue, W. (2005). The role of transportation in logistics chain. *Proc. Eastern Asia Soc. Transp. Stud.* 5, 1657–1672. Dostupné na internete: < <https://rooprasayan.com/assets/pdf/18943942914758452472322104414689192171657.pdf>>.
- [59] Siddique, I. M., Molla, S., Hasan, M. D., Siddique, A. A. (2024). Deployment of Advanced and Intelligent Logistics Vehicles with Enhanced Tracking and Security Features. *arXiv preprint arXiv:2402.11829*. Dostupné na internete: < <https://doi.org/10.48550/arXiv.2402.11829>>.
- [60] Chen, W., Men, Y., Fuster, N., Osorio, C., Juan, A. A. (2024). Artificial intelligence in logistics optimization with sustainable criteria: A review. *Sustainability*. 16(21), 9145. Dostupné na internete: < <https://doi.org/10.3390/su16219145>>.

- [61] Fareed, A. G., De Felice, F., Forcina, A., Petrillo, A. (2024). Role and applications of advanced digital technologies in achieving sustainability in multimodal logistics operations: A systematic literature review. *Sustainable Futures*. 100278. Dostupné na internete: < <https://doi.org/10.1016/j.sfr.2024.100278> >.
- [62] Alho, A., Silva, J., Sousa, J. (2014). A state-of-the-art modeling framework to improve congestion by changing the configuration/enforcement of urban logistics loading/unloading bays. *Procedia Soc. Behav. Sci.* 111, 360–369. Dostupné na internete: < <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.01.069> >.
- [63] Logistics Trend Radar 6.0. (2023). [online]. Dostupné na internete: <<https://www.dhl.com/global-en/home/insights-and-innovation/insights/logistics-trend-radar.html#page-2>>.
- [64] Web of Science. (2025). [online]. Dostupné na internete: <<http://webofscience.com/wos/woscc/basic-search>>.
- [65] Eurostat database. (2025). [online]. Dostupné na internete: < <https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/bookmark/c250bdcf-d5f9-4958-a19f-5960cf2da8f7?lang=en> >.
- [66] Digital Economy and Society Index 2024. (2025). [online]. Dostupné na internete: < <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/library/digital-decade-2024-desi-methodological-note> >.
- [67] European Innovation Scoreboard 2024. (2025). [online]. Dostupné na internete: < https://research-and-innovation.ec.europa.eu/statistics/performance-indicators/european-innovation-scoreboard_en >.
- [68] Global Innovation Index. (2025). [online]. Dostupné na internete: < <https://www.wipo.int/web-publications/global-innovation-index-2024/en/> >.
- [69] Cobb, C.W., Douglas, P.H. (1928). A Theory of Production. [online]. Dostupné na internete: <<https://www.aeaweb.org/aer/top20/18.1.139-165.pdf>>.
- [70] Koróny, S. (2006). Produkčné funkcie. *FORUM STATISTICUM SLOVACUM*. 53. Dostupné na internete: <https://www.researchgate.net/publication/305033616_Produkčne_funkcie>.
- [71] Zellner, A., Kmenta, J., Dreze, J. (1966). Specification and estimation of Cobb-Douglas production function models. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*. 784-795. Dostupné na internete: < <https://www.jstor.org/stable/1910099> >.
- [72] Praveen, J. P. et al. (2019). A glance on the estimation of Cobb-Douglas production functional model. *AIP Conference Proceedings*. 2177(1). Dostupné na internete: <<https://doi.org/10.1063/1.5135242>>.
- [73] Biddle J. E. (2011). The Introduction of the Cobb-Douglas Regression and Its Adoption by Agricultural Economists. *History of Political Economy*. 43(suppl_1), 235-257. Dostupné na internete: <<https://doi.org/10.1215/00182702-1158745>>.
- [74] Chen, W., Yao, L. (2024). Evaluating the carbon total factor productivity of China: based on Cobb–Douglas production function. *Environmental Science and Pollution Research*. 31(9), 13722-13738. Dostupné na internete: < <https://link.springer.com/article/10.1007/s11356-024-32070-1> >.
- [75] Balk, B. M. (2024). Why is the Cobb-Douglas production function so popular? *Evolutionary and Institutional Economics Review*. 21(1), 1-20. Dostupné na internete: < <https://link.springer.com/article/10.1007/s40844-024-00279-x> >.
- [76] Costa, M. A. et al. (2015). Statistical evaluation of Data Envelopment Analysis versus COLS Cobb–Douglas benchmarking models for the 2011 Brazilian tariff revision. *Socio-Economic Planning Sciences*. 49, 47-60. Dostupné na internete: <<https://doi.org/10.1016/j.seps.2014.11.001>>.
- [77] Kleyn, J. et al. (2017). Preliminary testing of the Cobb–Douglas production function and related inferential issues. *Communications in statistics-simulation and computation*. 46(1), 469-488. Dostupné na internete: <<https://doi.org/10.1080/03610918.2014.968724>>.
- [78] Coulibaly, B. D., Chaibi, G., El Khomssi, M. (2024). Statistical Modeling of the Cobb–Douglas Production Function: A Multiple Linear Regression Approach in Presence of Stable Distribution Noise.

- Lobachevskii Journal of Mathematics*. 45(3), 1008-1022. Dostupné na internete: <<https://link.springer.com/article/10.1134/S1995080224600572>>.
- [79] Arkes, J. (2023). Regression analysis: a practical introduction. Taylor & Francis. ISBN 9781003285007. Dostupné na internete: <<https://doi.org/10.4324/9781003285007>>.
- [80] Mandal, R. K., Taku, C. (2025). The Cobb-Douglas Production Function: Applicability and Limitation. *Agriculture Archives: an International Journal*. Dostupné na internete: <<https://agriculture.researchfloor.org/wp-content/uploads/2025/02/The-Cobb-Douglas-Production-Function-Applicability-and-Limitation.pdf>>.
- [81] Colther, C., Doussoulin, J. P. (2024). Recent Applications and Developments of the Cobb–Douglas Function: From Productivity to Sustainability. *Journal of the Knowledge Economy*, 1-21. Dostupné na internete: <<https://link.springer.com/article/10.1007/s13132-024-02061-1>>.
- [82] Finstat. DHL Express (Slovakia), spol. s r.o. (2024). [online]. Dostupné na internete: <<https://finstat.sk/31342876>>.
- [83] Finstat. Direct Parcel Distribution SK s.r.o. (2024). [online]. Dostupné na internete: <<https://finstat.sk/35834498>>.
- [84] Finstat. GLS General Logistics Systems Slovakia s.r.o. (2024). [online]. Dostupné na internete: <<https://finstat.sk/36624942>>.
- [85] Finstat. Packeta Slovakia s.r.o. (2024). [online]. Dostupné na internete: <<https://finstat.sk/48136999>>.
- [86] Finstat. Slovak Parcel Service s.r.o. (2024). [online]. Dostupné na internete: <<https://finstat.sk/31329217>>.
- [87] Finstat. TNT Express Worldwide spol. s r.o. (2024). [online]. Dostupné na internete: <<https://finstat.sk/31351603>>.
- [88] Antras, P. (2004). Is the US aggregate production function Cobb-Douglas? New estimates of the elasticity of substitution. *Contributions in Macroeconomics*. 4(1). Dostupné na internete: <<https://doi.org/10.2202/1534-6005.1161>>.
- [89] Thiam, A. et al. (2001). Technical efficiency in developing country agriculture: a meta-analysis. *Agricultural economics*. 25(2-3), 235-243. Dostupné na internete: <<https://doi.org/10.1111/j.1574-0862.2001.tb00204.x>>.
- [90] DHL Express. Domov. (2024). [online]. Dostupné na internete: <<https://mydhl.express.dhl/sk/sk/home.html>>.
- [91] DPD. Spoločnosť. (2024). [online]. Dostupné na internete: <<https://www.dpd.com/sk/sk/spolocnost/>>.
- [92] GLS. O GLS na Slovensku. (2024). [online]. Dostupné na internete: <<https://gls-group.com/SK/sk/o-gls>>.
- [93] Packeta. Čo je Packeta?. (2024). [online]. Dostupné na internete: <<https://www.packeta.sk/o-nas>>.
- [94] SPS. O nás. (2023). [online]. Dostupné na internete: <<https://www.sps-sro.sk/o-spolocnosti>>.
- [95] TNT Express. Naša spoločnosť. (2024). [online]. Dostupné na internete: <https://www.tnt.com/express/sk_sk/site/company.html>.

PUBLIKAČNÁ ČINNOSŤ

AI v oblasti elektronického obchodovania = AI in e-commerce / Kováčiková, Martina [Autor, ZUZPEDKSP, 33.334%] ; Baláž, Martin [Autor, [Interný doktorand]ZUZPEDKSP, 33.333%] ; Kováčiková, Kristína [Autor, ZUZPEDKLD, 33.333%] ; Rozvoj Euroregiónu Beskydy, 18 [29.11.2024, Žilina, Slovensko]. – [slovenčina]. – [OV 080]. – [ŠO 6213]. – [príspevok z podujatia]. – [recenzované].In: Rozvoj Euroregiónu Beskydy 18 [elektronický dokument] : Výzvy 21. storočia regionálne stratégie : zborník vedeckých príspevkov / Kubás, Jozef [Zostavovateľ, editor] ; Neumannová, Rebecca [Zostavovateľ, editor]. – 1. vyd. – Žilina (Slovensko) : Žilinská univerzita v Žiline, 2024. – ISBN (elektronické) 978-80-554-2165-0, s. 67-72 [CD-ROM]<https://repco.uniza.sk/?fn=detailBiblioForm&sid=1207FF88EADD70B1D2C6AA0BD7FD>

Evaluation of the impact of the Internet of Things on postal service efficiency in Slovakia [Hodnotenie vplyvu internetu vecí na efektivitu poštových služieb na Slovensku] / Baláž, Martin [Autor, [Interný doktorand]ZUZPEDKSP, 40%] ; Vaculík, Juraj [Autor, ZUZPEDKSP, 30%] ; Čorejová, Tatiana [Korešpondenčný autor, ZUZPEDKSP, 30%]. – [angličtina]. – [OV 080]. – [ŠO 6213]. – [článok]. – [recenzované]. – DOI 10.3390/economies12100271. – ESCI ; SCO ; WOS CC.In: Economies [elektronický dokument] . – Bazilej (Švajčiarsko) : Multidisciplinary Digital Publishing Institute. – ISSN 2227-7099. – Roč. 12, č. 10 (2024), art. no. 271, s. [1-19] [online]. – IF: 2.1 - 2023 ; SNIP: 0,999 - 2023 ; SJR: 0,497 - 2023 ; CiteScore: 4 - 2023 ; AIS: 0.311 - 2023<https://repco.uniza.sk/?fn=detailBiblioForm&sid=3BEC39B52C756B70CF0110A5CC71>

Možnosti obchodnej stratégie franchising = Strategic business opportunities in franchising / Kováčiková, Martina [Autor, ZUZPEDKSP, 33.334%] ; Baláž, Martin [Autor, [Interný doktorand]ZUZPEDKSP, 33.333%] ; Kováčiková, Kristína [Autor, ZUZPEDKLD, 33.333%] ; Rozvoj Euroregiónu Beskydy, 18 [29.11.2024, Žilina, Slovensko]. – [slovenčina]. – [OV 080]. – [ŠO 6213]. – [príspevok z podujatia]. – [recenzované].In: Rozvoj Euroregiónu Beskydy 18 [elektronický dokument] : Výzvy 21. storočia a regionálne stratégie : zborník vedeckých príspevkov / Kubás, Jozef [Zostavovateľ, editor] ; Neumannová, Rebecca [Zostavovateľ, editor]. – 1. vyd. – Žilina (Slovensko) : Žilinská univerzita v Žiline,

2024. – ISBN (elektronické) 978-80-554-2165-0, s. 60-66 [CD-ROM]<https://repco.uniza.sk/?fn=detailBiblioForm&sid=1207FF88EADD70B1D2C6AB0BD7FD>

Enhancing public health safety and transportation efficiency : a comprehensive RFID-based system for vaccination and testing verification = Zlepšenie bezpečnosti verejného zdravia a efektívnosti dopravy: komplexný RFID systém pre overenie očkovania a testovania / Baláž, Martin [Autor, [Interný doktorand]ZUZPEDKSP, 50%] ; Vaculík, Juraj [Autor, ZUZPEDKSP, 50%]. – [angličtina]. – [OV 170]. – [ŠO 6213]. – [článok]. – [recenzované]. – DOI 10.7307/ptt.v35i6.352. – SCO ; WOS CC.In: Promet [textový dokument (print)] : Traffic & Transportation : the Scientific Journal on Traffic and Transportation Research. – Záhreb (Chorvátsko) : Sveučilište u Zagrebu. – ISSN 0353-5320. – ISSN (online) 1848-4069. – Roč. 35, č. 6 (2023), s. 947-958 [tlačená forma]. – IF: 0.8 – 2023 ; AIS: 0.160 – 2023<https://repco.uniza.sk/?fn=detailBiblioForm&sid=CCDF67E7FC0AADE0B9B9FEC939FD>

Innovative package delivery possibilities in Slovakia / Baláž, Martin [Korešpondenčný autor, [Interný doktorand]ZUZPEDKSP, 25%] ; Vaculík, Juraj [Autor, ZUZPEDKSP, 25%] ; Kováčiková, Martina [Autor, ZUZPEDKSP, 25%] ; Kováčiková, Kristína [Autor, [Interný doktorand]ZUZPEDKLD, 25%] ; TRANSCOM 2023, 15 [29.05.2023-31.05.2023, Mikulov, Česko]. – [angličtina]. – [OV 220]. – [ŠO 3772]. – [príspevok z podujatia]. – [recenzované]. – DOI 10.1016/j.tpro.2023.11.146. – SCO. In: TRANSCOM 2023 [elektronický dokument] : 15th International scientific conference of young scientists on sustainable, modern and safe transport / Dado, Milan [Zostavovateľ, editor] ; Guagliano, Mario [Zostavovateľ, editor]. – 1. vyd. – Amsterdam (Holandsko) : Elsevier, 2023. – (Transportation Research Procedia, ISSN 2352-1465, ISSN 2352-1457 ; Vol. 74, SNIP: 0,852 - 2023 ; SJR: 0,384 - 2023 ; CiteScore: 3,2 - 2023), s. 284-290 [online]<https://repco.uniza.sk/?fn=detailBiblioForm&sid=78946B6CA36C4DF7E5F9ABD94AE9>

The impact of the pandemic on university students and teachers / Kováčiková, Kristína [Autor, [Interný doktorand]ZUZPEDKLD, 10%] ; Kováčiková, Martina [Autor, ZUZPEDKSP, 25%] ; Baláž, Martin [Autor, [Interný doktorand]ZUZPEDKSP, 65%] ; International Technology, Education and Development Conference 2023, 17 [06.03.2023-08.03.2023, Valencia, Španielsko]. – [angličtina]. – [OV 220]. – [ŠO 3772]. – [príspevok z podujatia]. – [recenzované]. In: INTED2023 [elektronický dokument] : Conference Proceedings / Chova, Luis Gómez [Zostavovateľ, editor] ; González Martínez, Chelo [Zostavovateľ, editor] ; Lees, Joanna [Zostavovateľ, editor]. – 1. vyd. – Barcelona (Španielsko) : IATED, 2023. – (INTED Proceedings, ISSN 2340-1079, Nordic List: 0 - 2023). – ISBN 978-84-09-49026-4. – ISSN 2340-1079, s. [1-5] [online] [USB kľúč]
<https://repcu.uniza.sk/?fn=detailBiblioForm&sid=B50A34AFD91B44707943A4E6C486>

A smart airport mobile application concept and possibilities of its use for predictive modeling and analysis / Baláž, Martin [Korešpondenčný autor, [Interný doktorand]ZUZPEDKSP, 25%] ; Kováčiková, Kristína [Autor, [Interný doktorand]ZUZPEDKLD, 25%] ; Vaculík, Juraj [Autor, ZUZPEDKSP, 25%] ; Kováčiková, Martina [Autor, ZUZPEDKSP, 25%]. – [angličtina]. – [OV 220]. – [ŠO 3772]. – [článok]. – [recenzované]. – DOI 10.3390/aerospace10070588. – CCC ; SCIE ; WOS CC ; SCO.In: Aerospace [elektronický dokument] . – Bazilej (Švajčiarsko) : Multidisciplinary Digital Publishing Institute. – ISSN (online) 2226-4310. – Roč. 10, č. 7 (2023), s. [1-11] [online]. – IF: 2.1 - 2023 ; SNIP: 1,146 - 2023 ; SJR: 0,552 - 2023 ; CiteScore: 3,4 - 2023 ; AIS: 0.427 2023<https://repcu.uniza.sk/?fn=detailBiblioForm&sid=F9D8D464D56E4BF9FB9C099BFC71>

The application of Internet of Things in air transport / Baláž, Martin [Autor, [Interný doktorand]ZUZPEDKSP, 25%] ; Kováčiková, Kristína [Korešpondenčný autor, [Interný doktorand]ZUZPEDKLD, 25%] ; Novák, Andrej [Autor, ZUZPEDKLD, 25%] ; Vaculík, Juraj [Autor, ZUZPEDKSP, 25%] ; International conference on air transport, 12 [15.11.2023-17.11.2023, Tartu, Estónsko]. – [angličtina]. – [OV 220]. – [ŠO 3772]. – [príspevok z podujatia]. – [recenzované]. – DOI 10.1016/j.trpro.2023.12.008. – SCO.In: INAIR 2023 [elektronický dokument] : The future of aviation - is the sky the limit? / Novák, Andrej [Zostavovateľ, editor] ; Novak, Doris [Zostavovateľ, editor]. – 1. vyd. – Amsterdam (Holandsko) : Elsevier, 2023. – (Transportation Research Procedia, ISSN 2352-

1465, ISSN 2352-1457 ; Vol. 75, SNIP: 0,852 - 2023 ; SJR: 0,384 - 2023 ; CiteScore: 3,2 - 2023), s. 60-67[online]<https://repc.uniza.sk/?fn=detailBiblioForm&sid=78946B6CA36C4DF7E5F9AED94AE9>

Comparison of mobile applications of selected postal operators in Slovakia / Kováčiková, Kristína [Korešpondenčný autor, [Interný doktorand]ZUZPEDKLD, 25%] ; Baláž, Martin [Autor, [Interný doktorand]ZUZPEDKSP, 25%] ; Kováčiková, Martina [Autor, ZUZPEDKSP, 25%] ; Novák, Andrej [Autor, ZUZPEDKLD, 25%] ; TRANSCOM 2023, 15 [29.05.2023-31.05.2023, Mikulov, Česko]. – [angličtina]. – [OV 220]. – [ŠO 3772]. – [príspevok z podujatia]. – [recenzované]. – DOI 10.1016/j.trpro.2023.11.143. – SCO.In: TRANSCOM 2023 [elektronický dokument] : 15th International scientific conference of young scientists on sustainable, modern and safe transport / Dado, Milan [Zostavovateľ, editor] ; Guagliano, Mario [Zostavovateľ, editor]. – 1. vyd. – Amsterdam (Holandsko) : Elsevier, 2023. – (Transportation Research Procedia, ISSN 2352-1465, ISSN 2352-1457 ; Vol. 74, SNIP: 0,852 - 2023 ; SJR: 0,384 - 2023 ; CiteScore: 3,2 - 2023), s. 262-266 [online]<https://repc.uniza.sk/?fn=detailBiblioForm&sid=78946B6CA36C4DF7E5F9A6D94AE9>

Identification of theoretical background in the field of the use of the internet of things in smart logistics [Identifikácia teoretických východísk v oblasti využitia internetu vecí v smart logistike] / Baláž, Martin [Autor, [Interný doktorand]ZUZPEDKSP, 100%]. – [slovenčina]. – [OV 220]. – [ŠO 3772]. – [článok]. – [recenzované].In: PHD Progress [textový dokument (print)] : vedecký časopis študentov doktorandského štúdia Fakulty prevádzky a ekonomiky dopravy a spojov Žilinskej univerzity v Žiline. – Žilina (Slovensko) : Žilinská univerzita v Žiline. Fakulta prevádzky a ekonomiky dopravy a spojov. – ISSN 1339-1712. – Roč. 10, č. 2 (2022), s. 3-12 [tlačaná forma] <https://repc.uniza.sk/?fn=detailBiblioForm&sid=4D4650D7C82505D34CFC18EDCD06>

Znalosti študentov o zelenom bankovníctve = Knowlegge of students about green banking / Kováčiková, Martina [Autor, ZUZPEDKSP, 25%] ; Baláž, Martin [Autor, [Interný doktorand]ZUZPEDKSP, 75%] ; Rozvoj Euroregiónu Beskydy, 16 [25.11.2022, Žilina, Slovensko]. – [angličtina]. – [OV 080]. – [ŠO 6213]. – [príspevok z podujatia]. – [recenzované]. In: Rozvoj Euroregiónu Beskydy 16 [elektronický dokument] : diagnostika spoločensko-ekonomických podmienok podnikania, rozvoja regiónov, miest a obcí : zborník príspevkov / Repková Štofková, Katarína [Zostavovateľ, editor] ; Kubás, Jozef [Zostavovateľ, editor] ; Krejnus, Matej [Zostavovateľ, editor]. – 1. vyd. – Žilina (Slovensko) : Žilinská univerzita v Žiline, 2022. – ISBN (elektronické) 978-80-554-1937-4, s. 100-106 [CDROM]<https://repco.uniza.sk/?fn=detailBiblioForm&sid=4D4650D7C82505D34CFD18EDCD06>

ÚČASŤ NA PROJEKTOCH

- KEGA 050ŽU-4/2025 - Synergia vzdelávania a praxe v oblasti finančného účtovníctva a daní podporou rozvoja Študentskej účtovnej a daňovej kancelárie.
- VEGA 1/0333/24 - Inovatívne biznis modely v mestskej cirkulárnej ekonomike.
- KEGA 052ŽU-4/2021 - Inovácia vzdelávania v študijných programoch ekonomického zamerania.
- KEGA 059ŽU-4/2021 - Synergia teórie a praxe v študijnom programe „Distribučné technológie a služby“.
- VEGA 1/0011/21 - Výskum interakcií medzi novými emergentnými technológiami, výkonnosťou podnikov a odvetví založených na sieťovej technologickej infraštruktúre, uplatňovaním nových business modelov a inštitucionálnym regulačným, environmentálnym a sociálnym prostredím.