



Ekonomická
fakulta
Faculty
of Economics

Jihočeská univerzita
v Českých Budějovicích
University of South Bohemia
in České Budějovice

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích
Ekonomická fakulta

Habilitační práce

**Ekonomické nástroje a jejich úloha pro sektorové analýzy
s důrazem na sektor dopravy**

Mgr. Petr Šuleř, PhD.

České Budějovice 2023

OBSAH

1	Úvod.....	1
2	Tematické oblasti práce	3
2.1	Řešení aktuálních socio-ekonomických problémů prostřednictvím moderních ekonometrických nástrojů.....	3
2.2	Využití neuronových sítí pro prediktivní modelování	15
2.3	Stanovení hodnoty aktiv v kontextu volatilního ekonomického prostředí.....	22
3	Závěr	26
	Literatura – souhrn publikací	28
	Přílohy.....	30

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem předkládanou habilitační práci s názvem „Ekonomické nástroje a jejich úloha pro sektorové analýzy s důrazem na sektor dopravy“ vypracoval samostatně s využitím dostupných literárních zdrojů a výsledků své vědecké práce. Výsledků své vědecké práce jsem dosahoval ve spolupráci s kolegy Vysoké školy technické a ekonomické, případně s kolegy z jiných pracovišť v ČR i jinde v zahraničí v období 2017 – 2021.

V Českých Budějovicích

Mgr. Petr Šuleř, PhD.

.....

ABSTRAKT

Práce je koncipovaná jako komentovaný výběr deseti publikací autora za uplynulé čtyři roky, přičemž je pouze výběrem z jeho širší publikační činnosti. Práce není monotematická, pokrývá tři tematické oblasti, jež spolu však přímo souvisí. Jde o:

- řešení aktuálních socio-ekonomických problémů prostřednictvím moderních ekonometrických nástrojů, včetně problematiky logistiky a dopravy v rámci programu Průmysl 4.0,
- využití umělých neuronových sítí pro prediktivní modelování v oblasti dopravy a dopravních společností,
- stanovení hodnoty aktiv v kontextu volatilního ekonomického prostředí.

V oblasti výzkumu se zaměřuje na čtyři dominantní okruhy, mezi jejichž hlavní jmenovatele patří zpracování velkých objemů dat (tzv. big data), vysoká volatilita prostředí či nízká stacionarita dat, to vše s důrazem na řešení problematiky dopravy či se zaměřením na dopravní společnosti.

Konkrétně se práce zaměřuje na řešení problematiky ekonomických otázek souvisejících s programem Průmysl 4.0 a uplatnění moderních výrobních a řídicích metod, jako jsou elektromobilita a autonomní doprava, digitalizace, průmyslový internet věcí, zpracování takzvaných velkých dat a další nástroje, související se zvyšováním efektivity a konkurenceschopnosti jak průmyslu, tak udržitelných inovací a rozvoje.

Samostatnou kapitolou je využití vysoce aktuálního nástroje – umělých neuronových sítí pro řešení otázek nově vyvíjených bankrotních modelů orientovaných na oblast dopravy. Konkrétně se zaměřuje jak na jejich využití v oblasti predikce vývoje cen komodit či akciových titulů, tak také na identifikaci tržních lídrů v oblasti dopravy či predikci exportních trendů.

Okruh bankrotních modelů potom přímo souvisí s problematikou ohodnocení aktiv a vytváření vzorových řešení pro stále čtenější případy, na které je jen velmi obtížně aplikovatelná současná metodika. Do této oblasti je zařazena také problematika identifikace správy příjmů, jež s ní přímo souvisí a především otázka, týkající se vývoje ekonomické přidané hodnoty (EVA) společností poskytujících leasingové služby v oblasti motorových vozidel.

Práce poskytuje průřezový výběr výzkumné a vzdělávací činnosti autora v období 2017-2021, jež spojuje využití moderních ekonomických nástrojů v oblasti dopravy.

ABSTRACT

The paper is designed as an annotated overview of ten publications by the author in the last four years which represent only a selected sample of the author's publishing activities. The paper is not monothematic, as it includes three thematic areas, which are directly interrelated. Specifically, these include:

- solving current socio-economic problems using modern econometric tools, including logistics and transport issues within the Industry 4.0 program,
- application of artificial neural networks for predictive modelling, in the field of logistics and transport
- determining the value of assets in the context of a volatile economic environment.

In the field of research, it focuses on five dominant areas, whose main common denominators include processing large data volumes (so-called big data), high volatility of the environment, or low data stationarity, with an emphasis on transport issues or with a focus to logistics companies.

Specifically, the paper deals with the issues related to important problems concerning the issues related to Industry 4.0 and the application of modern production and management methods, such as electromobility and autonomous transport, digitization, industrial internet of things, big data processing and other tools related to improving the efficiency and competitiveness of industry, sustainable innovations, and development.

A separate chapter deals with the application of a very current tool, artificial neural networks, for solving the problems of the price development of commodities, stock prices, or for newly developed bankruptcy models. In particular, it focuses on their use in predicting the development of commodities as on the identification of market leaders in the transport segment.

The topic of bankruptcy models is directly related to the issue of valuation of assets and proposing model solutions for ever-increasing number of difficult problems to which the existing methodology is difficult to apply. This includes also the identification of revenue administration, which is also directly related to the aforementioned topic of bankruptcy models and development of the economic value added instrument (EVA) of companies providing leasing services in the field of motor vehicles.

The paper provides a horizontal overview of selected research and educational activities of the author in the years 2017-2021, which combines the use of modern economic tools in the field of transport.

POUŽITÉ ZKRATKY

AM – dopoledne (Ante Meridiem)

COVID-19 – pandemie koronaviru (Coronavirus disease 2019)

ČR – Česká republika

DPH – daň z přidané hodnoty

EVA – ekonomická přidaná hodnota (Economic Value Added)

HDP – hrubý domácí produkt

IT – informační technologie (Information technology)

MLP – vícevrstvé perceptronové neuronové sítě (Multilayer perceptron)

OSN – Organizace spojených národů

RBF – neuronové sítě základní radiální funkce (Radial Basis Functions)

SPSS – společnost dodávající statistický a analytický software (Statistical Package for the Social Sciences)

SVM – metoda podpůrných vektorů (Support vector machine)

UNODC – Úřad OSN pro drogy a kriminalitu (United Nations Office on Drugs and Crime)

USA – Spojené státy americké (United States of America)

USD – americký dolar (United States Dollar)

1. ÚVOD

Tato přehledová práce obsahuje souhrn části publikací z posledního období (2017-2021) orientovaných na řešení aktuálních ekonomických otázek v oblasti průmyslu, dopravy a prediktivních modelů. Níže uvedené publikace se nacházejí v sekci Literatura – souhrn komentovaných prací, tvoří přílohu této práce. Publikace tohoto souhrnu je možné zařadit do následujících tematických oblastí:

- řešení aktuálních socio-ekonomických problémů prostřednictvím moderních ekonometrických nástrojů, včetně problematiky logistiky a dopravy v rámci programu Průmysl 4.0,
- využití umělých neuronových sítí pro prediktivní modelování v oblasti dopravy a dopravních společností,
- stanovení hodnoty aktiv v kontextu volatilního ekonomického prostředí.

V propojení těchto oblastí se otevírá perspektiva pro aktuálně diskutované varianty zlepšení a transformace současného průmyslového modelu. Spojuje je nejen snaha nalézt konkrétní odpovědi na aktuální výzvy, ale také zájem o inovativní metody a technologie, které mohou tuto transformaci usnadnit.

První oblast, zaměřená na řešení aktuálních socio-ekonomických problémů, zdůrazňuje význam moderních ekonometrických nástrojů. V rámci programu Průmysl 4.0 je kladen důraz na propojení technologických inovací s logistikou a dopravou, což vytváří prostředí pro efektivní a udržitelný rozvoj.

Druhá oblast se pak zaměřuje na využití umělých neuronových sítí v prediktivním modelování v oblasti dopravy a dopravních společností. Tyto moderní technologie umožňují relativně přesně predikovat fungování a optimalizace dopravních systémů a firem a zároveň identifikovat jejich klíčové parametry, což může významným způsobem zlepšit pochopení jejich fungování a determinovat například přístup státu či municipalit v rámci aplikovaných dopravních modelů.

Poslední, avšak nikoli méně důležitá, oblast se soustředí na stanovení hodnoty aktiv v kontextu volatilního ekonomického prostředí. Tato analýza poskytuje nezbytné nástroje pro správu a optimalizaci finančních prostředků v podmínkách neustálého ekonomického vývoje.

Spojením těchto oblastí vzniká komplexní přístup k současným výzvám, který kombinuje ekonomickou analýzu, technologické inovace a prediktivní modelování.

Tímto způsobem můžeme nejen lépe porozumět dynamice současného světa, ale také přispět k jeho udržitelnějšímu a efektivnějšímu rozvoji.

Práce se skládá z originálních vědeckých článků autora, jež jsou všechny uvedeny v databázích Web of Science či Scopus.

V literatuře, v sekci Literatura – další, jsou odkazy na některé další významnější příspěvky autora, které nejsou zahrnuty do této práce.

Jednotícím prvkem všech zařazených publikací je řešení aktuálních ekonomicko-sociálních otázek spojených s nízkou stabilitou a velkými objemy dat, orientovaných na oblast průmyslu a dopravy.

Primárním jazykem publikace je český jazyk, sekundárním jazykem je anglický jazyk. Všechny zpracované publikace jsou psány sekundárním jazykem.

2 TEMATICKÉ OBLASTI PRÁCE

V publikaci uvedené práce je možné zařadit do tří tematických oblastí.

2.1 Řešení aktuálních socio-ekonomických problémů prostřednictvím moderních ekonometrických nástrojů

Prvním tématem oblasti řešení aktuální společenské poptávky je výzkum, analýza a návrhy řešení ekonomických problémů spojených se zpracováním velkého objemu dat (big data) ve spojení s projekty internetu věcí a problematiky automatizace dopravních systémů, navazujících na program Průmysl 4.0.

Publikace 1

Internet of things sensing networks, digitized mass production, and sustainable organizational performance in cyber-physical system-based smart factories

Šuleř, P., L. Palmer, and S. Bilan

První komentovanou prací je studie soustředující se na výzkum využití nových poznatků snímání internetu věcí ve spojení s digitalizovanou hromadnou výrobou a udržitelným výkonem inteligentních výrobních jednotek, založených na kyberneticko-fyzickém systému [1]. Chytrý výrobní systém představuje fyzickou architekturu s více poli, spojenou sítí mezi heterogenními složkami, zaměřenou na responzivní řešení. Zároveň však pokrok v algoritmech strojového učení a dalších technologicko-informačních řešeních má za následek rostoucí složitost modelování procesů a přijímání rozhodnutí. Chytrá, digitalizovaná výroba a doprava přitom představuje jeden z klíčových pilířů významného evropského programu Průmysl 4.0, zaměřeného na zvyšování efektivity, snižování nákladů a přizpůsobení trendu udržitelnosti ve většině segmentů, především potom ve výrobě a dopravě.

Cílem studie bylo zmapování inovací a jejich významu pro zefektivňování výroby a logistiky. K dispozici byla sada datových údajů od společností McKinsey a Ovum, které se zabývají těžbou dat. Ta byla předem testována ve statistickém systému SPSS s cílem dosažení maximální míry logiky a randomizace. V rámci následného přímého dotazníkového šetření bylo dosaženo kumulativní míry odezvy 97,5 %. Vážení vzorků bylo provedeno pomocí iterátoru, který současně vyrovnával distribuci všech proměnných. Byly použity stratifikované metody vzorkování a přesnost autoři měřili pomocí Bayesovské statistiky, přičemž k testování spolehlivosti byla použita konfirmační faktorová analýza. Výsledkem byla popisná statistická

analýza, která prošla vícerozměrné inferenčními testy za účelem variabilní redukce v regresním modelování. Pro spojité proměnné byly použity nezávislé t-testy a pro kategorické proměnné chí-kvadrát testy.

Z výsledků studie potom jednoznačně vyplývá správný postup pro nasazení a rozvoj moderních digitálních metod, kdy pro naprostou většinu stávajících uživatelů je klíčovým faktorem samotné rozhodnutí o využití pokročilých datových procesů a operací a využití umělé inteligence (62 %), logicky potom navazuje stanovení týmu, který aktivně spravuje vývoj a programy pro samotné ekosystémy (57 %), na což navazuje jasný rámec pro správu, který řídí nejen samotný proces implementace a realizace, ale také rizika spojená s využitím umělé inteligence (54 %). Zajímavé je, že spojení s finanční – obchodní efektivitou se nachází až na čtvrtém místě (52 %). Co se týká aktuálně zaváděných systémů, dominuje vzdálené monitorování stavu výrobních a logistických prostředků (77 %), sledování vývoje aktiv a pohybu materiálu (66 %) a prediktivní údržba (62 %). Relativně nižší shoda potom panuje v oblasti přínosů, kdy pouze 54 % firem využívá digitalizaci pro snížení celkových nákladů, o něco méně (50 %) chápe využití moderních metod jako prostředek ke zvýšení celkových firemních výkonů a 45 % v nich vidí příležitosti zvýšení konkurenceschopnosti.

Celkově je možné konstatovat, že rychlý rozvoj kyberfyzických systémů v současné době nepochybně formuje podstatu moderních výrobních procesů. Klíčovým faktorem v této transformaci je shromažďování obrovských objemů různorodých dat, která tvoří základ pro celý digitalizovaný systém. Tento systém je postaven na širokém sdílení a konfiguraci rozsáhlých výrobních sítí, které jsou integrovány na cloudových platformách, čímž vytvářejí komplexní kyberprostor.

Intelligentní výrobní celky, které vznikají díky tomuto vývoji, představují klíčový prvek moderního průmyslu. Tyto továrny přinášejí nejen rostoucí úroveň automatizace, ale také optimalizovanou výrobní interakci mezi výrobcí, dodavatelskými řetězci a konečnými spotřebiteli. Procesy se stávají dynamickými a adaptabilními díky využívání technologií umělé inteligence, průmyslového internetu věcí a dalších moderních řešení.

Tímto způsobem se kyberfyzické systémy stávají hnací silou pro vytváření efektivnějších, udržitelnějších a konkurenceschopnějších výrobních prostředí. Vzniká tak nová éra průmyslu, ve které data, automatizace a propojenost hrají klíčovou roli v transformaci způsobu, jakým vyrábíme a interagujeme s výrobky. Tímto směrem je možné očekávat další inovace a zásadní změny, které budou formovat budoucnost průmyslového sektoru. Byla přitom identifikována omezení a stanoveny priority pro rozvoj z pohledu jak managementu firem, tak také, především v rámci programu Průmysl 4.0, států a dalších celků.

Publikace je dostupná zde: **P. Šuleř**, L. Palmer, and S. Bilan. Internet of things sensing networks, digitized mass production, and sustainable organizational performance in cyber-physical system-based smart factories. *Journal of Self-Governance and Management Economics*, 9(2):42-51, 2021.

Publikace 2

Business models for sustainable innovation in Industry 4.0: Smart manufacturing processes, digitalization of production systems, and data-driven decision making

Ludbrook, F., Frajtova Michalikova, K., Musova, Z. and **P. Šuleř**

Přímo na téma Průmysl 4.0 a zpracování velkých objemů dat se soustředí publikace zaměřená na analýzu a tvorbu obchodních modelů pro udržitelnou inovaci [2] pro oblast robotiky a samořiditelných dopravních systémů.

Prostřednictvím replikací dat z Ad Hoc Research, BCG, BDO, Capgemini, CIO, EY a McKinsey, byla zpracována analýza a proveden odhad týkající se dopadů programu Průmysl 4.0 na výkonnost 5 200. podniků se zaměřením na zvyšování produktivity tzv. chytrých továren a využití moderních technologií digitalizace a práce s velkými daty.

Generovaná data byla analyzována pomocí strukturálních rovnic s cílem poskytnout přehled využívaných technik, zhodnotit jejich efektivitu a přínos spolu s doporučením praktické aplikace na národní i firemní úrovni.

Průmysl 4.0 může poskytnout velmi významné výhody dané flexibilitou, soudržností zdrojů, stejně jako interoperabilitou. Zároveň pokročilé monitorovací systémy usnadňují digitalizaci údržby, mimo jiné zapojení umělé inteligence umožňuje upgrade servisních systémů na prediktivní. To vše má rozsáhlý dopad na konfiguraci výroby. Klíčové prvky programu v popředí s inovacemi a novými technologiemi mají přímý vliv i na správu a řízení společnosti, přináší důležitou obchodní hodnotu a nabízí strategickou výhodu. Výzkum se mimo jiné soustředil na otázky průměrné realizované produktivity, srovnání ziskovosti a využití konkrétní pokročilé technologie spolu s dopadem na pracovní sílu. Zároveň ale neopomněli zohlednit i rizika, která zavádění nových technologií provází, včetně rizik souvisejících s kyberkriminalitou. Vzhledem k podobné metodice sběru a zpracování dat v rámci výzkumu je možné soustředit se na oblast udržitelnosti a výsledky analýzy. Z pohledu dopadu efektivity pracovních procesů je zřejmé, že panuje shoda (94 %) na využití nástrojů, především algoritmů založených na historických datech ke zvyšování kvality produkce a snižování zmetkovitosti a technologických selhání. Následuje téma robotiky, schopné nahrazovat vybrané manuální

úkony (92 %) a vysoká míra shody (88 %) panuje také na samořiditelných dopravních systémech a logistice.

Zapojené firmy rovněž avizovaly vyšší odhadovaný hospodářský růst v budoucím období než jejich konkurenti, kdy predikovali vyšší než desetiprocentní růst tržeb. Co se týká využívaných technologií, byla dosahovaná shoda mírně nižší. Na využití umělé inteligence se shodovala necelá polovina dotazovaných (49 %), následovaná průmyslovým využitím 3D tisku (46 %) a až poté následovala automatizace robotických procesů (43 %). V segmentu mitigace rizik se potom většina oslovených shodla na vlastním kódování dat (72 %), těsně následovaná aplikací průmyslových systémů kybernetické bezpečnosti (71 %).

Jedním z klíčových zjištění je vysoce úspěšná praxe zavádění prediktivních systémů údržby, založených na využití umělé inteligence a zpracování velkých objemů dat, podobně jako její využití v oblasti autonomních dopravních systémů. Výzkum tak potvrdil význam těchto prvků programu Průmysl 4.0 ve vztahu ke konkurenceschopnosti firem, pozoruhodné je potom i zjištění, že samotné zavádění technologií není klíčovým prvkem, ale spíše výsledkem strategií směřujících k uchování a posílení konkurenceschopnosti a dlouhodobé udržitelnosti.

Jedním z nejvýraznějších současných problémů při implementaci moderních technologií velkých dat a umělé inteligence do komplexních výrobních a dopravních procesů, zařazených do rámce programu Průmysl 4.0, spočívá výzva spojená s příjmem dat a rozhodováním v reálném čase. Tento problém transcenduje čistě technologické hledisko a zahrnuje několik klíčových aspektů, které mají zásadní dopad na efektivitu a úspěch implementace těchto inovací.

Technologická omezení v podobě omezených přenosových kapacit a výkonu informačních technologií, zejména procesorů, představuje první vrstvu této výzvy. S narůstajícím objemem dat a potřebou rychlých výpočtů v reálném čase se stává nezbytným řešení, které zajistí dostatečnou kapacitu pro zpracování a přenos informací bez zpoždění.

Dalším rozhodujícím faktorem je nastavení celé rozhodovací výrobní struktury a systému výroby. Toto zahrnuje správnou integraci umělé inteligence do existujících procesů a zavedení flexibilních rozhodovacích mechanismů, které jsou schopny rychle reagovat na změny v prostředí. Konkrétní nastavení a konfigurace těchto systémů vyžaduje multidisciplinární přístup, zahrnující nejen technické, ale i organizační a manažerské aspekty.

Kromě toho je nutné brát v úvahu i otázky bezpečnosti a ochrany dat, zejména v kontextu citlivých informací, které jsou součástí výrobního procesu. Zajištění integrity a důvěrnosti dat představuje klíčový prvek úspěšné implementace moderních technologií v těchto oblastech.

Celkově lze konstatovat, že překonání těchto výzev vyžaduje komplexní a integrovaný přístup, který kombinuje technické inovace, organizační transformace a bezpečnostní opatření. Úspěšné řešení těchto problémů představuje klíčový krok směrem k plnému využití potenciálu Průmyslu 4.0 a optimalizaci výrobních a dopravních procesů ve prospěch udržitelného, efektivního a inovativního průmyslu.

Publikace je dostupná zde: F. Ludbrook, K. F. Michalikova, Z. Musová, and **P. Šuleř**. Business models for sustainable innovation in Industry 4.0: Smart manufacturing processes, digitalization of production systems, and data-driven decision making. *Journal of Self-Governance and Management Economics*, 7(3):21-26, 2019.

Publikace 3

Real-time process monitoring in Industry 4.0 manufacturing systems: Sensing, smart, and sustainable technologies

Gray-Hawkins, M., Michalkova, L. and **P. Šuleř**

Právě optimalizačními procesy se také zabývá další ze studií orientovaná na problematiku implementace rozhodování prvků umělé inteligence Průmyslu 4.0 do současné podnikové a logistické praxe [3].

Průmysl 4.0 může kvalitativně zlepšit pracovní procesy a postupy, napomáhá dynamičtějšimu nastavení práce, má potenciál zvýšit efektivitu. Jeho významné prvky jsou ale založeny na on-line sledování výrobních procesů a jednotlivých faktorů. Zapojení umělé inteligence sice může napomáhat implementaci prediktivních systémů údržby, optimalizaci logistiky a zvyšování kvality, musí se tak ale díť na základě strategie, a management musí akceptovat tyto nové pracovní podmínky. Komplexní a udržitelná informační struktura internetu věcí, vzájemně spolupracující, je schopna, na základě předchozího nastavení, přijímat samostatná rozhodnutí. To však vyžaduje velmi důkladnou přípravu, spojenou s „vyladěním“ takového systému, správným nastavením, a ze strany managementu je nezbytná také akceptace rizik, která jsou s výše uvedenými benefity spojena.

Proto se tento výzkum soustředil právě na oblast implementace nástrojů monitorování a rozhodování v reálném čase. Celkem se do něj zapojilo 4 700 podniků. Výzkum byl designován výše popsanou metodikou, kdy byl, vzhledem k charakteru citlivých otázek na postoj přenechání části rozhodovacích kompetencí ze strany managementu umělé inteligenci, kladen velmi silný důraz na zachování relevance odpovědí. Podklady, pro přípravu

průzkumu, vycházely z datových sad společností, konkrétně z údajů shromážděných společností Accenture, BBC, BDO, Capgemini, McKinsey a PwC, přičemž důraz byl kladen na zmapování pokroku v implementaci Průmyslu 4.0 v oblasti aplikace/strategií, vyhodnocení parametru digitální intenzity, monetizace dat a aktuální úroveň integrace procesů, to vše s důrazem na rozhodování v reálném čase. Získaný rozsáhlý soubor byl následně testován opět pomocí modelování strukturálních rovnic.

Z obecného přehledu vyplývá, že zavádění nových rozhodovacích a řídicích strategií v souladu s programem není příliš rychlé. Za sledované období jednoho roku došlo k významnému posunu v implementaci nástrojů zaměřených na výrobní efektivitu u 47 % procent dotazovaných dodavatelů, 54 % potom udává posun v oblasti zavádění nových dodavatelských a obchodních metod. Samotné zavádění komplexních digitálních procesů v rámci výroby je potom patrné u 48 % dotazovaných.

Jiná situace ale nastává u zavedení jednotlivých technologických nástrojů. Digitalizace výkonových ukazatelů je přítomna u 92 % firem, inteligentní facility management zavedlo či zavádí 89 % dotazovaných, a jen tři procenta méně firem zavádí digitální sledování výroby a podnikové logistiky, včetně zpracování dat v reálném čase.

Výzkum zaměřený na nejdůležitější moderní technologické nástroje v rámci programu Průmysl 4.0 přináší unikátní pohled na aktuální trendy a priority firem a technologických dodavatelů. Výsledky odhalují, že v oblasti inovací dominují konkrétní technologie, které mají klíčový vliv na efektivitu a konkurenceschopnost průmyslových podniků.

Chytré řízení energetické spotřeby, s 23% zastoupením, se jeví jako klíčový nástroj pro dosažení udržitelnosti a ekologické efektivity v průmyslovém sektoru. Schopnost optimalizovat dodávky v reálném čase, s 24% zastoupením, reflektuje potřebu rychlých a pružných reakcí na dynamické změny ve výrobních procesech. Prediktivní údržba s 22% zdůrazňuje přechod od reaktivního k preventivnímu přístupu k údržbě, což může výrazně snížit časy odstávek a náklady na opravy. Digitalizace managementu kvality, s 23%, reflektuje rostoucí důraz na zajištění kvality v celém výrobním řetězci a splnění stále náročnějších standardů.

Tyto údaje mají mimořádnou hodnotu při mapování globálních trendů v oblasti Průmyslu 4.0, zejména z hlediska úloh států a dalších institucí v rámci podpory této transformace. Zjevný příklon k horizontálním rozhodovacím řetězcům, které na základě průmyslového internetu věcí vykonávají rozhodnutí a operace v reálném čase, ukazuje na klíčový posun směrem k decentralizovaným prostředím. Moderní průmyslové podniky si totiž klade za cíl nejen snižovat náklady, ale především posilovat svou konkurenceschopnost a zvyšovat celkovou efektivitu prostřednictvím inovativních technologií a decentralizovaných rozhodovacích

struktur. Tato transformace nespočívá pouze ve zvýšení efektivity, ale také v posunu k udržitelnějšímu a adaptabilnějšímu průmyslovému ekosystému.

Publikace je dostupná zde: M. Gray-Hawkins, L. Michalkova, **P. Šuleř**, and N. A. Zhuravleva. Real-time process monitoring in Industry 4.0 manufacturing systems: Sensing, smart, and sustainable technologies. *Economics, Management, and Financial Markets*, 14(4):30-36, 2019.

Publikace 4

Cyber-physical system-based real-time monitoring, industrial big data analytics, and smart factory performance in sustainable manufacturing internet of things

Stehel, V., Bradley, C., and **P. Šuleř**

S výzkumem užití internetu věcí a analýzy velkých objemů dat (big data) přímo souvisí další publikace [4] zaměřená na využití těchto nástrojů v rámci udržitelnosti. Tentokrát je zaměřen na vytvoření koncepčního rámce založeného na udržitelném vytváření průmyslové hodnoty v reálném čase založené na internetu věcí a digitální logistiky. Vzhledem k vysoké efektivitě práce s daty šlo opět o průzkum formou dotazníkového šetření založeného na analýze dat poskytovaných společnostmi CGI, CompTIA, Deloitte, Globant, IW Custom Research, Kronos, McKinsey, MHI, PAC a PwC. Všudypřítomná výrobní inteligence v továrnách, jež je sycena velkými datovými objemy, fungující v souladu s okamžitým zpracováním, je jedním ze základů moderní výrobní sféry. Takzvaná chytrá výroba generuje a zpracovává kontextová data z produkčních systémů, přičemž pracuje se systémy inteligentního rozhodování. Technologie propojení mezi výrobními jednotkami jsou klíčové v rámci kolaborativní inteligentní automatizace napříč průmyslem. Sítě založené na generování dat inteligentními senzory a on-line zpracování dat jsou stále důležitější pro dosažení optimálních servisních intervalů a systému údržby a mají klíčový vliv na hladký chod podnikové logistiky. Velké datové produkční systémy jsou základem chytrých výrobních sítí, které dokáží samy regulovat a upgradovat své architektury, aby se přizpůsobily požadavkům a podmínkám internetu věcí. Z pohledu masové výroby jde o jednoznačný budoucí trend, který nemá přesah pouze do oblasti zvyšování efektivity, ale také do vytváření dlouhodobých udržitelných produkčních podmínek. Nemusí přitom jít jen o snižování energetických a materiálových nákladů, ale také o zlepšování pracovních podmínek či řízení inovací. Konkrétním příkladem se stalo využití těchto chytrých systémů v rámci řešení pandemie COVID-19.

Výsledky výzkumu jasně ukazují, že v období omezené mezilidské interakce se stávají zpracování velkých dat, digitalizace s inteligentními koncovými prvky a internet věcí klíčovými prostředky, jak dosahovat podstatné konkurenční výhody a úspěšně reagovat na aktuální výzvy. Odpovídající podniky zdůraznily, že digitální transformace není pouze nutností, ale skutečným motorem rychlejší obnovy provozu a získání strategického náskoku.

Jedním z významných zjištění je, že 86 % globálních firem rozpoznává potenciál digitální transformace v rychlém zajištění obnovy provozu a ve vytváření konkurenční výhody. Toto chápání je spojeno s úspěšným využíváním moderních konceptů výroby, a to nejen pro zajištění bezpečnosti pracovníků, ale i pro přechod na digitální obchodní modely a efektivnější využití analýzy velkých dat v interakci se zákaznickou bází.

V oblasti udržitelnosti jsou výsledky jednoznačné, s digitální transformací přispívající k dosažení environmentálních a sociálních priorit. Avšak, co se týká dalších efektů, stoupající efektivita procesů se ukazuje jako prioritní cíl (31 %), následovaná pochopením zákaznického chování (28 %) a zvyšováním pracovní výkonnosti zaměstnanců (25 %). Je důležité poznamenat, že zde shoda není tak výrazná, což ukazuje na různorodost a individuální prioritizaci firem v rámci těchto oblastí.

Pokud jde o technologie, firmy jsou jednotné ve svém názoru na klíčové aspekty digitální transformace. Robotizace výroby (80 %), vylepšený workflow a podniková logistika (78 %) a digitalizace s využitím metod strojového učení (74 %) jsou považovány za nejvíce přínosné. Tyto technologie nejenže zvyšují efektivitu, ale také umožňují flexibilitu a adaptabilitu výrobních systémů, což je klíčové pro úspěšné řízení firemních operací v proměnlivém prostředí.

Celkově lze konstatovat, že samostatně se optimalizující výrobní systémy hrají rozhodující roli při konfiguraci a organizaci operací, což zvyšuje výkonnost firem a výrobních jednotek. Tyto systémy nejen přispívají k efektivitě, ale také podporují aplikaci environmentálních a sociálních priorit, což odráží jejich klíčovou úlohu v moderním průmyslu a obchodním prostředí.

Publikace je dostupná zde: V. Stehel, C. Bradley, **P. Šuleř**, and S. Bilan. Cyber-physical system-based real-time monitoring, industrial big data analytics, and smart factory performance in sustainable manufacturing internet of things. *Economics, Management and Financial Markets*, 16(1):42-51, 2021.

Publikace 5

Real-time decision making in the information technology-driven economy: Planning, managing, and operating smart sustainable cities

Connolly-Barker, M., Kliestik, T., Šuleř, P. and K. Zavarikova

Následující zařazená publikace je do značné míry rozvinutím tématu rozhodováním chytrých sítí v reálném čase. Tentokrát však ale není zaměřena na firemní sféru a program Průmysl 4.0, ale na veřejný sektor – především takzvaná chytrá města [5].

Rozvoj průmyslového internetu věcí, monitoringu a rozhodování v reálném čase a využití umělé inteligence není pouze výsadou průmyslu. V druhé dekádě 21. století se s fenoménem chytrých měst (smart cities) začínají setkávat lidé na celém světě. I proto se stal výzkum efektivity využití těchto nástrojů i mimo přísně průmyslovou sféru dalším tématem [8]. Výhodou je v tomto případě relativně rozsáhlá znalostní základna a nově vyvinutá metodologie zpracování dat, která byla pouze upravena ve vztahu k nevýdělečným subjektům. Zaměřena se v tomto případě na municipalitu se zvláštním přihlédnutím k fenoménu trvalé udržitelnosti a řešení složitých dopravních situací, což patří mezi dominantní témata moderní veřejné správy.

Samotná studie je definována inovativní tvorbou metodologie pro hodnocení zapojení moderních digitálních prvků do provozu a řídicích struktur municipalit, s důrazem na zvyšování kvality života a trvalé udržitelnosti. Zdrojem dat jsou soubory generované společnostmi KPMG, McKinsey a Osborne, přičemž do výzkumného projektu bylo zařazeno 3 800 zdrojů. Metodika musela být oproti výzkumu průmyslové sféry částečně upravena. Samotné řízení měst je ze své podstaty síťové a hybridní, nutné bylo také vyřešit otázku strategií a cílů vedení těchto celků, kdy cílem není generování zisku a získání výhody, ale dosažení vysoké kvality života obyvatel, jež souvisí, nicméně není přímo totožné s cíli trvalé udržitelnosti. Protože někteří z analyzovaných autorů zařazují mezi prvky chytrých měst i možnost přímého zapojení obyvatel do rozhodování, byla tato možnost zařazena mezi zkoumané oblasti. Získané datové soubory byly následně ověřeny, stejně jako v případě industriální sféry, prostřednictvím strukturálních rovnic. Z provedených rešerší rovněž vyplynula potřeba širšího záběru výzkumu, kdy samotná chytrá města generují extrémní množství dat, která mohou být efektivně zpracována, často jde ale o samostatná a vzájemně nepropojená řešení, kdy typickým příkladem může být řízení dopravní situace v reálném čase a zároveň podpora rozvoje takzvaných zelených budov či komplexů.

Právě chytré řízení dopravy, založené na sběru dat v reálném čase a umělé inteligenci je dle průzkumu hlavním očekávaným prvkem digitalizace měst. Zaměřuje se na něj 79 %

municipalit, jejichž hlavním cílem je omezit či snížit dopravní problémy jako jsou zácpy či přehušnění některých dopravních tepen. O odlišnosti oproti industriálnímu sektoru vypovídá fakt, že zlepšení hospodaření se nachází až na druhém místě (75 %), následované zlepšením dostupnosti a distribuce poskytovaných služeb (74 %). Překvapivé je, že v době výzkumu (2019) se snížení uhlíkové stopy nacházelo až na osmém místě, jednou z priorit je pro 69 % radnic a úřadů.

V případě, kdy se ale na tento jev zaměřujeme, se priority obrací. Úspora energií a recyklace jsou významnými prvky pro 75 % chytrých měst. Nicméně, doprava hraje v jejich uvažování stále významnou roli, kdy ještě více z nich (86 %) spojuje digitální řízení a sběr a správu dat v reálném čase s otázkami elektromobility, jejich nabíjení a provozu.

Chytrá města zároveň v souladu s rešerší, kladou výrazně vyšší důraz na prvky fyzické bezpečnosti obyvatel, což výzkum jednoznačně potvrdil. Pro 85 % měst, která se zabývají zaváděním chytrých systémů, je klíčové propojení ochrany majetku, automatizovaných systémů sledování, vč. využití umělé inteligence (82 %), či tepelného snímání a automatizovaného varování před nehodami či dalšími událostmi (72 %). Pozoruhodné je, že i přes šíři výzkumu téměř polovina (48 %) chytrých měst zvažuje i implementaci systému automatické detekce výstřelu, což svědčí o důrazu, který kladou na oblast bezpečnosti.

Chytré městské plánování a systémy detekce a rozhodování umělé inteligence v reálném čase otevírají novou éru v řízení municipalit, nabízející mimořádný potenciál pro významné zlepšení kvality života obyvatel. S nástupem moderních technologií, zejména co se týče hardwaru a zejména softwaru, je možné rychle shromažďovat a zpracovávat obrovské objemy dat, přičemž rozsah poskytovaných služeb je v městském prostředí často ještě větší než v firemním sektoru.

Zavedení takzvaných chytrých technologií představuje klíčovou příležitost pro plnění cílů trvalé udržitelnosti bez významných restrikcí nebo narušení současného životního stylu obyvatel. Získávání a analýza dat mohou přispět k efektivnějšímu využívání zdrojů, optimalizaci energetické spotřeby, a celkově k vytváření městského prostředí přizpůsobeného potřebám obyvatel.

Z výzkumu jasně vyplývá, že klíčovou prioritou v oblasti digitalizace a využití umělé inteligence v městském prostředí je doprava. Aplikace těchto systémů nejenže umožňuje reálný časový monitoring a optimalizaci dopravního zatížení, ale také díky umělé inteligenci jsou tyto systémy schopné predikovat budoucí události. Tímto způsobem není pouze reaktivně řešeno stávající dopravní zatížení, ale města mohou potenciálně předcházet problémům a lépe plánovat své infrastrukturní investice.

Závěrem lze konstatovat, že města, která dosud nezačala proces implementace chytrých technologií, by měla vážně zvážit jejich zavedení. Přenesení osvědčených postupů z jiných měst, která již těží z výhod moderních technologií, může být klíčovým prvkem pro zlepšení efektivity, udržitelnosti a celkové kvality života v městském prostředí. V době, kdy urbanizace stoupá a výzvy spojené s městským životem narůstají, představují tyto chytré technologie cestu vpřed k inteligentnější a udržitelnější budoucnosti.

Publikace je dostupná zde: M. Connolly-Barker, T. Klieštik, **P. Šuleř**, and K. Zvaríková. Real-time decision-making in the information technology-driven economy: Planning, managing, and operating smart sustainable cities. *Geopolitics, History, and International Relations*, 12(1):73-79, 2020.

Publikace 6

Industrial big data analytics for cognitive internet of things: Wireless sensor networks, smart computing algorithms, and machine learning techniques

Grassley, S., **Šuleř, P.**, Klieštik, T. and E. Kícová

I poslední komentovaná publikace [6] v této oblasti se zabývá zpracováním velkých objemů dat, zároveň však má přesah do využití strojového učení a aplikace umělých neuronových sítí. I ty mají své významné místo v moderní průmyslové výrobě a dopravě. Tato studie je zaměřena na průmyslovou analytiku velkých dat pro kognitivní internet věcí, zahrnující aplikaci inteligentních výpočetních algoritmů a technik strojového učení do moderních výrobních a logistických procesů.

Z dosavadního výzkumu i rešerší odborné literatury je zcela zřejmé, že internet věcí a související zpracování velkých dat je jednou z klíčových součástí rozvoje současného průmyslu. Ruku v ruce s ním jde i samotný technologický rozvoj senzorových sítí a vzájemně propojených IT systémů. Vývoj je však natolik dynamický, že velmi často jsou jednotlivé systémy obtížně kompatibilní. Částečným řešením je kognitivní propojení sítí, kdy strojové učení přijímá velké objemy dat a je schopno zároveň generovat rozhodnutí či řešení, čímž výrazně zlepšují výkon celého systému zejména při opakovaných zadáních. Současná datová technologie poskytuje paralelně rychlé výpočty a má k dispozici dostatečně rozsáhlá úložiště pro výpočetní a distribuované úložné systémy. Propojením všech součástí zlepšuje strojové učení výkon inteligentních sítí, jež mohou autonomně přijímat rozhodnutí v heterogenním prostředí.

Byla analyzována a replikována data z průzkumů společností BCG, CIO, EY, Gartner, PwC a Statista, přičemž se na základě rozsáhlé rešerše literatury zaměřili na analýzu a odhalení toho, které špičkové technologie jsou v rámci průmyslové analytiky a podnikové logistiky zvažovány a zaváděny, to vše v kontextu programu Průmyslu 4.0 a jaký efekt jejich zavedení generuje. K analýze dat a testování bylo použito modelování strukturální rovnice, kdy výsledkem se stal rozsáhlý koncepční model zahrnující externí i nové vstupy, spolu s jejich významem pro současný průmysl. Zároveň tyto výstupy poskytly další materiál k výzkumu v oblasti aplikace strojového učení a umělých neuronových sítí.

Samotné výsledky studie odkazují na to, že finanční kvantifikace přínosů zavádění nových technologií není pro firmy jednoduchá. Na významném finančním přínosu digitalizace produktů a služeb v rámci současného portfolia se shoduje 21 % analyzovaných společností, nové portfolio, od začátku vyvíjení digitálně generuje 20 % oslovených, a nabídku datové analýzy, datových služeb a zpracování velkých dat potom 18 % dotazovaných.

Z pohledu plánování a strategií je zajímavá velmi vysoká míra shody na typu zaváděných technologií. Digitalizace a automatické sledování změn v rámci dodavatelsko-odběratelského řetězce s přímou vazbou na podnikovou logistiku zavádí či zavedlo 100 % analyzovaných společností. Velmi vysoká (98 %) je také shoda na zavádění systémů prediktivní údržby a správy aktiv a vzájemná propojenost technologií a systémů v rámci průmyslového internetu věcí (99 %).

V oblasti umělé inteligence, konkrétně při řízení klíčových nástrojů, je zjevné, že strojové učení a kognitivní analýza hrají rozhodující roli, dominující využívaným podoblastem s významným 68% zastoupením. Tato skutečnost nese svědčí pouze o technologickém pokroku, ale i o adaptabilitě firem k moderním trendům v oblasti datové analýzy a automatizace.

Zajímavým pozorováním je překvapivé zdánlivé překonání strojového učení a kognitivní analýzy nad automaticky nastavovanými procesy v rámci robotické výroby (57 %). Tato tendence ukazuje na rostoucí důležitost dynamických a flexibilních systémů, které jsou schopny se rychle přizpůsobit proměnlivým podmínkám a požadavkům v průmyslovém prostředí.

Neméně významný je rostoucí vliv nových nástrojů na detekci a analýzu „nekonvenčních“ dat, kde umělé neuronové sítě zaujímají klíčové místo. Tento trend reflektuje potřebu efektivně zpracovávat a porozumět datům s komplexní strukturou a vzory, které by mohly být pro tradiční metody obtížně zvládnutelné.

Tato proměnlivost využívaných nástrojů je podporována rostoucím množstvím generovaných dat, jejichž velmi nízká stacionarita vyžaduje sofistikovanější analytické přístupy. Snaha o snížení zátěže lidských analytiků a programátorů vede k rozhodujícímu

trendu využívání samoučících se nástrojů. Tím dochází k efektivnějšímu zpracování a interpretaci dat, což je klíčové v prostředí, kde objem a rychlost generovaných dat rychle přerůstají lidské možnosti.

V této souvislosti je zřejmé, že dynamika využívání umělé inteligence v průmyslovém prostředí je v neustálém vývoji, což se projevuje nejen v technologických preferencích firem, ale i v širším ekonomickém kontextu. Tento vývoj bude pravděpodobně nadále ovlivňovat strategie firem a transformovat způsob, jakým se průmysl vyrovnává s novými výzvami a příležitostmi v digitálním věku.

Co se týká využívaných podoblastí umělé inteligence, využívané k řízení výše zmiňovaných nástrojů, dominuje strojové učení a kognitivní analýza (68 %), kdy je pouze zdánlivě překvapivé, že překonává automaticky nastavované procesy v rámci robotické výroby (57 %). Pozoruhodný je i poměrně významný vliv nových nástrojů na detekci a analýzu „nekonvenčních“ dat (nejčastěji umělých neuronových sítí), které implementuje, či o jejich implementaci uvažuje 38 % společností. Tento vývoj, jak uvidíme dále, je patrný i v dalších oblastech ekonomického výzkumu, což vyplývá především z velkých objemů generovaných dat, jejich velmi nízké stacionarity a potřeby snížení zátěže lidských analytiků a programátorů (využití samoučících se nástrojů).

Publikace je dostupná zde: S. Graessley, **P. Šuleř**, T. Klieštk, and E. Kicová. Industrial big data analytics for cognitive internet of things: Wireless sensor networks, smart computing algorithms, and machine learning techniques. *Analysis and Metaphysics*, 18:23-29, 2019.

2.2 Využití neuronových sítí pro prediktivní modelování

Následující kapitola přímo navazuje na předcházející text. I jejím společným jmenovatelem je využití moderních nástrojů pro řešení náročnějších problémů, spojených s dynamikou dat, obecně volatilním prostředím a predikcí vývoje. Konkrétně se zabývá využitím umělých neuronových sítí pro prediktivní modelování.

Strojové učení, jako klíčová součást umělé inteligence, představuje inovativní přístup k řešení specifických úkolů prostřednictvím matematických datových modelů. Tento proces umožňuje počítačovým systémům nejen vykonávat úkoly, ale také se schopností adaptovat a učit se zkušenostmi bez přímého zadávání pokynů. Strojové učení využívá algoritmy k identifikaci vzorů v datech, kde tyto vzory slouží k vytvoření datového modelu s schopností formulovat různé typy predikcí.

Základní princip spočívá v tom, že čím více relevantních dat a zkušeností má systém k dispozici, tím jsou výsledky přesnější a schopnost adaptace efektivnější. Strojové učení se stalo klíčovým hráčem v digitální éře, kde je schopno najít uplatnění v širokém spektru aplikací, od řízení autonomních vozidel až po rozpoznávání obrazu.

Jeho unikátní přizpůsobivost a schopnost pracovat s neustále se měnícími daty činí strojové učení ideální volbou v situacích, kde tradiční programování může být neefektivní nebo obtížné. Schopnost automaticky odhalovat vzory a extrahovat relevantní informace z velkých a komplexních datových sad představuje revoluční nástroj, který může výrazně zlepšit výkonnost systémů a procesů v různých odvětvích. Od průmyslu až po zdravotnictví a obchod, strojové učení se stalo hnací silou inovací a efektivity v současné společnosti. Umělé neuronové sítě jsou potom ve skutečnosti výpočetní modely inspirované biologickými neuronovými sítěmi. Přestože jejich počátky sahají do poloviny minulého století, až masivní rozvoj výpočetních technologií schopných pracovat s velkými objemy dat a uživatelsky aplikovat jejich koncept přinesl jejich masivní rozšíření. Mezi jejich hlavní výhody patří schopnost zobecňovat, učit se. Specifické druhy sítí jsou schopny pracovat s kolísavou kvalitou dat, případně, díky vyškolení dokáží detekovat například nelogické chování či identifikovat obtížně odhalitelné problémy. Neuronová síť se skládá ze skládaných vrstev, z nichž každá provádí jednoduchý výpočet. Informace jsou zpracovávány vrstvou po vrstvě od vstupní vrstvy k výstupní vrstvě. Neuronová síť je trénována tak, aby minimalizovala ztrátovou funkci na tréninkové sadě pomocí gradientového sestupu. Vyškolená umělá neuronová síť zvládá klasifikovat data dle vlastních kritérií, která se ale zároveň mohou lišit od běžně využívaných statistických kritérií, užívaných lidmi. Z toho plyne jedna z hlavních nevýhod těchto sítí, kdy je velmi obtížné vystopovat kořenové příčiny určitých rozhodnutí. Kromě nutnosti alespoň částečně heuristického přístupu k této metodě je nutné počítat i dalšími riziky jako je přeučení, či naopak nízké validity výstupů v důsledku nedostatku dat.

Z relativně rozsáhlých řešerší v této oblasti vyplývá, že neuronové sítě jsou jednou z nejpoužívanějších ekonomických prognostických nelineárních metod, jež využívají většího počtu proměnných. Proto je velmi často úspěšně užívána k predikci vývoje sektorů, cen akcií či komodit. Zároveň je využívána i v rámci bankrotních modelů, kde sama, či častěji v kombinaci s dalšími metodami dokáže překonávat stávající statistické metody. Jejich využití je rovněž časté v oblasti dopravy, kde díky své schopnosti predikce dokáží s časovým předstihem identifikovat potenciální problémy v rámci dopravních systémů a řešení, především ve větších aglomeracích. Právě na oblast dopravy se soustředí následující komentovaná publikace.

Publikace 7

Analysis of transportation companies in the Czech Republic by the Kohonen networks - identification of industry leaders

Horák, J., Šuleř, P. and J. Vrbka

Tato studie se zaměřuje na využití Kohonenových sítí pro identifikaci tržních lídrů v oblasti dopravy v České republice [7]. Určení nejvýznamnějších společností, či společností s největším potenciálem není zcela jednoduchou úlohou. Analyzovat je nutné nejen údaje finančních závěrek, ale také řadu dalších faktorů. Výsledky nicméně mají velmi silný potenciál využití jak pro případné investory, tak také poskytovatele cizího kapitálu či vedení předmětných společností, kteří se mohou lépe zorientovat v poměrně silně konkurenčním prostředí. Zároveň jde o prostředí relativně regulované, kdy na jedné straně existuje významná spolupráce mezi dopravními společnostmi a samosprávnými celky, které si objednávají jejich služby a na druhou stranu zde platí pravidla hospodářské soutěže. Pro efektivní zmapování této situace je proto nutné použít takové metody, které překonávají stávající statistické modely a umožňují pracovat s nelineárními daty v dynamickém prostředí. Dle rozsáhlé rešerše je jednou z vhodných metod využití umělých neuronových sítí, v tomto případě Kohonenových.

Jak už bylo řečeno výše, umělé neuronové sítě se staly v uplynulých dvou dekadách intenzivně využívaným nástrojem v řadě odvětví. Umožňují nejen analyzovat velké datové soubory, ale dokonce predikovat budoucí vývoj a je možné jejich výstupy uplatnit v rozhodovacích procesech. V odvětví dopravy je využití umělých neuronových sítí relativně časté, vzhledem k jejich úspěšnosti v oblasti predikcí jsou využívány pro odhady spotřebitelského chování, zpoždění dopravních systémů, predikci dopravních problémů ve městech, ale výjimkou není jejich využití i v komplexním hodnocení společností. Pro identifikaci a členění dopravních firem ve střední Evropě ale dosud použity nebyly.

V tomto případě bylo proto cílem studie obohatit a zpřesnit tradiční klastrovou analýzu touto moderní a výkonnou metodou s cílem identifikovat lídry tohoto oboru v České republice. V jejím rámci byl analyzován datový soubor obsahující data z 3 989 společností působící v českém dopravním sektoru. Datový soubor pochází z Bisnode's Albertina databáze s úplnými účetními výkazy společností. Ne všechny jsou generátory hodnoty, nicméně i ony mohou mít vliv na výkon firmy. Vzniklý datový soubor byl podroben klastrové analýze pomocí Kohonenovy sítě bez učitele prostřednictvím software Dell Statistica verze 12. Soubor byl rozdělen do tří částí. První tréninkový obsahoval 70 % firem, kdy z výsledků vznikla právě

Kohonenova síť, druhý soubor byl testovací, jenž obsahoval 15 % dat a sloužil k ověření pramenů vytvořené sítě. Třetí byla celková ověřovací sada, opět obsahující 15 % dat.

Datová analýza dopravních společností v České republice poskytuje fascinující pohled do struktury tohoto odvětví, přičemž výsledky shlukové analýzy nám nabízejí klíčové poznatky o dominantních hráčích a jejich vlivu na celkový rozvoj dopravy v zemi.

Po provedení analýzy jsme schopni identifikovat a rozdělit téměř 4 000 dopravních společností do 100 klastrů. Tato kategorizace je následně podrobena důkladné analýze, která zahrnuje jak průměrné, tak absolutní ukazatele. Výsledkem této analýzy je zřejmé odhalení dominance pouhých 88 klíčových firem, které tvoří největší klastr.

Nicméně, podrobnější analýza odhaluje, že mezi těmito 88 společnostmi vyniká dalších 6 nejvýznamnějších, jejichž průměrné hodnoty výrazně převyšují ostatní. Tato selektivní skupina firem nejenže ovládá většinu odvětví, ale také hraje klíčovou roli ve formování trendů a směřování celé dopravní infrastruktury.

Závěr analýzy jednoznačně potvrzuje, že malá část společností, díky své významné tržní síle, drží klíče k zásadnímu vlivu na rozvoj dopravy v České republice. Tato poznání jsou nesmírně důležitá pro vedení všech dopravních firem, neboť jim poskytují podrobný pohled na dynamiku odvětví a umožňují strategické plánování a rozhodování.

Význam zjištění sahá však i za hranice firemní sféry. Analýza nabízí klíčové informace pro veřejnou správu a antimonopolní úřady. Těmto institucím poskytuje neocenitelný nástroj pro rozhodování a regulaci, jelikož definuje strukturu trhu a identifikuje potenciální oblasti zájmu pro antimonopolní intervence. Celkově řečeno, výsledky této analýzy poskytují významnou informační a analytickou základnu, která napomáhá vytvářet efektivní strategie pro rozvoj dopravy a udržení konkurenceschopného a vyváženého odvětví. Jak už bylo zmíněno, umělé neuronové sítě nejsou vhodné jen pro predikci a kvantifikaci bezprostředních jevů, ale je možné je vysoce efektivně využívat i pro komplexní hodnocení podniků, či v rámci bankrotních modelů.

Publikace je dostupná zde: J. Horák, J. Vrbka, and **P. Šuleř**. Support vector machine methods and artificial neural networks used for the development of bankruptcy prediction models and their comparison. *Journal of Risk and Financial Management*, 13(3), 2020.

Publikace 8

Support vector machine methods and artificial neural networks used for the development of bankruptcy prediction models and their comparison

Horák, J., Vrbka, J. and P. Šuleř

Následující studie [8] navazuje na předchozí zmiňovanou práci. Management, auditoři, věřitelé, investoři, zaměstnanci, úřady, atd. Pro ty všechny je predikce případného bankrotu nesmírně důležitá. Zároveň jde o vysoce citlivou oblast, kdy mimo jiné zveřejněná predikce či příslušný rating přímo dál ovlivňují osud takto označené firmy. Zároveň je ale taková prognóza vysoce žádoucí kvůli předcházení případným škodám. Většina konkurzních modelů je založena na analýze vybraných identifikátorů, schopných identifikovat trend finančního zdraví příslušné společnosti. Z provedených rešerší vyplývá, že velmi často jsou hodnotiteli, jako jsou například ratingové agentury, používané modely jako Altman Z-Score, Ta er Z-Score a Index IN95, nicméně jak v rámci akademické, tak podnikové sféry vznikají další modely, které reagují na průběžně se měnící podmínky ekonomiky. Nejčastěji patří mezi statistické metody, které však vykazují specifické a obtížně překonatelné problémy. Patří mezi ně:

1. dichotomická závislá proměnná,
2. metoda odběru vzorků,
3. nestacionarita a nestabilita dat,
4. použití informací o ročním účtu,
5. výběr nezávislých proměnných.

K jejich překonání je možné použít některé techniky, mezi něž patří zejména umělé neuronové sítě. Otázkou však zůstává jejich přesnost a efektivita ve srovnání s vektorovými modely. Cílem studie je tak nejen ověřit efektivitu využití neuronových sítí v rámci bankrotních modelů, ale také vzájemné srovnání jejich výkonu. Právě na jejich kombinaci je zaměřena tato komentovaná publikace, která si dala za cíl ověřit funkčnost bankrotního modelu založeného na těchto metodách a porovnat vzájemně jejich výkon. Konkrétně byly využity nástroje SVM (Support Vector Machines) a dva typy neuronových sítí – MLP (vícevrstvé perceptronové) síť a RBF síť (síť založené na radiální bázové funkci).

Samotná studie se zaměřila na maximální relevanci výsledků. Záměrně byla zvolena perioda mezi lety 2013 až 2017, tj. v období konstantního ekonomického růstu, který následoval po takzvané finanční krizi. Stejně tak byly vybrány stejné společnosti podle předem stanoveného sofistikovaného klíče reprezentující českou hospodářskou sféru, jejíž významnou

součástí je, podobně jako na Slovensku, segment automobilové výroby (automotive) a dopravy. Rozdílné počty společností jsou dány tím, že část společností ve sledovaném období zanikla, či přestaly být aktivní.

Proměnné byly zvoleny tak, aby bylo možné vyjádřit hlavní rysy společností, jejich kapitálová struktura, zdroje financování aktiv, firemní platební historie, platební historie zákazníků, nákladová struktura a schopnost generovat výsledky (tržby) a realizovanou přidanou hodnotu. Výběr indikátorů byl založen na analýze stávajícího Altman Z-Score, IN indexech, Taer indexecj, v Kralicek rychlém testu. Harry-Pollack metodě a Vochozkově metodě. Podmínky vnějšího prostředí nebyly brány v úvahu, protože všechny společnosti v datové sadě působily na jednom trhu.

Z výsledku výpočtů a posouzení vyplývá, že model SVM ukázal velkou schopnost předvídat na první pohled druhou opačnou situaci, tedy schopnost firmy přežít možnou finanční tíseň. V tomto případě je predikce modelu správná v 99,39 % případů. Obecně model SVM předpovídá budoucí rozvoj společnosti s přesností 76,08 %, což by se dalo považovat za dobrý výsledek. Problém však je, že model by dosáhl stejné nebo téměř stejné prediktivní síly i v případě společností, které vykazují známky krachu, v praxi dosáhl přesnosti predikce bankrotu na úrovni 8,22 %. Metoda SVM tedy neodpovídá původním požadavkům, přestože v některých ohledech dosahuje velmi dobrých výsledků. Model SVM je tedy nepoužitelný.

V průběhu této studie bylo vytvořeno celkem šest modelů, přičemž první z nich se zaměřoval na metodu Support Vector Machine (SVM), a dalších pět modelů bylo postaveno na principu neuronových sítí. Nejúspěšnější z těchto modelů, vícevrstvá perceptronová síť, byla následně srovnávána s metodou SVM, a to zejména s ohledem na její potenciální aplikaci v ekonomické praxi.

Specificky, vícevrstvá perceptronová síť použitá v tomto srovnání obsahovala 22 neuronů ve vstupní vrstvě (odpovídajících 22 vstupním spojitým proměnným), 6 až 12 neuronů ve skryté vrstvě a 2 neurony ve výstupní vrstvě (korelujících s jednou výstupní kategoričkou proměnnou s dvěma možnými hodnotami). K aktivaci skryté vrstvy neuronů byly použity funkce identity, logistiky a hyperbolické tangenty.

Výsledky ukázaly, že výkon této neuronové sítě přesáhl 81 % na základě dostupných datových sad. Tento relativně vysoký výsledek svědčí o schopnosti sítě překonat definovaný problém časového rozměru a zvládnout práci s velkými objemy dat, bez potřeby omezování hodnot proměnných. Tím byla identifikována struktura s relativně silnou predikční silou, což naznačuje, že tento bankrotní model je efektivní a přímo uplatnitelný v kontextu České republiky.

Závěrem lze konstatovat, že vytvořená vícevrstvá perceptronová síť představuje nadějný nástroj pro predikci bankrotu v ekonomickém prostředí České republiky, přičemž její vysoký výkon a schopnost pracovat s komplexními daty poskytují solidní základ pro praktické využití v oblasti finanční analýzy a rozhodování.

Přestože jsou prediktivní schopnosti umělých neuronových sítí zřejmé pro účely hodnocení podniku, segmentu či v rámci bankrotních modelů, jejich uplatnění je ještě častější v oblasti predikce kurzů měn, akcií či komodit a jejich korelace s dalšími ekonomickými jevy.

Publikace je dostupná zde: J. Horák, J. Vrbka, and **P. Šuleř**. Support vector machine methods and artificial neural networks used for the development of bankruptcy prediction models and their comparison. *Journal of Risk and Financial Management*, 13(3), 2020.

Publikace 9

The influence of the international price of oil on the value of the EUR/USD exchange rate

Vochozka, M., Rowland, Z., **Šuleř, P.** and J. Maroušek

Jednou ze studií, jež má přímý vliv na oblast dopravy, je další komentovaná publikace, zabývající se identifikací a kvantifikací vlivu mezinárodní ceny ropy na hodnotu směnného kurzu Eura a Amerického dolaru [9].

Globální trh s ropou, jakožto významná hybná síla globální ekonomiky, nejenže ovlivňuje ekonomický vývoj, ale je také klíčovým faktorem v diskusích o změně klimatu. Je to nejen prostředek obchodování, ale zároveň měnová komodita, což znamená, že výkyvy její ceny mají výrazný dopad na makroekonomický vývoj. Stabilita finančních a kapitálových trhů se tak stává klíčovou součástí tohoto komplexního vztahu, kde pohyby cen ropy mohou mít dalekosáhlé důsledky na světové hospodářství.

Vztažením této dynamiky k dopravním společnostem a systémům lze identifikovat rozsáhlý dopad na celý odvětví. Dopravní firmy jsou citlivé na cenové změny ropy, neboť palivo je jedním z klíčových nákladů v tomto odvětví. Kromě toho jsou ovlivněny i celosvětovými makroekonomickými trendy, které jsou propojeny s cenami ropy a směnnými kurzy. Tyto vazby vyžadují pečlivou analýzu a predikci, což bylo cílem výzkumné studie.

V kontextu této studie byly použity dvě metody - perceptronová síť (MLP) a neuronová síť s radiálními základními funkcemi (RBF). Těmito metodami byla analyzována vzájemná korelace mezi cenami ropy Brent a směnnými kurzy. Výsledky ukázaly, že lze identifikovat

přímý vztah mezi cenou ropy a směnným kurzem, což otevírá prostor pro přesnější predikci a lepší porozumění dynamice mezi těmito klíčovými ekonomickými faktory.

Výzkum byl systematický, prováděn s postupnými změnami v jednom parametru v časové řadě, což poskytlo komplexní pohled na dynamiku trhu. Regresní analýza byla provedena s využitím tisíců neuronových sítí, a výsledky byly podrobeny citlivostní analýze, což přispělo k lepšímu pochopení rozsahu vlivu cen ropy na směnné kurzy. Celkově lze konstatovat, že tato studie nejen přináší nový vhled do vzájemných vazeb mezi klíčovými ekonomickými faktory, ale také zdůrazňuje potřebu dalších analýz a predikcí v oblasti světového obchodu s ropou a jeho dopadu na celosvětové ekonomické struktury. V rámci tohoto výzkumu byla použita systematická metodologie, která zahrnovala postupné úpravy jednoho parametru v časové řadě. Tato přístup umožnil poskytnout komplexní pohled na dynamiku trhu s ropou a jeho vzájemné vztahy s dalšími ekonomickými faktory. Regresní analýza, prováděná s použitím tisíců neuronových sítí, byla klíčovým nástrojem pro detailní zkoumání vztahů mezi cenami ropy a směnnými kurzy.

Citlivostní analýza výsledků poskytla hlubší pochopení rozsahu vlivu cen ropy na směnné kurzy, což je klíčový aspekt v kontextu globální ekonomiky. Tímto způsobem byly identifikovány klíčové proměnné a dynamiky, které ovlivňují globální trh s ropou a jeho interakce s mezinárodními směnnými kurzy.

Celkově lze konstatovat, že tato studie není pouze příspěvkem k aktuálnímu pochopení vztahů mezi cenami ropy a směnnými kurzy, ale také ukazuje na potřebu dalších analýz a predikcí v oblasti světového obchodu s ropou. Její výsledky poskytují základ pro další výzkumy, které by mohly přispět k lepšímu modelování a porozumění komplexním ekonomickým strukturám a vzájemným vazbám na globální úrovni. Zároveň zdůrazňuje význam sledování cen ropy jako klíčového ukazatele pro ekonomický vývoj a potřebu vytváření strategií odpovídajících proměnlivým podmínkám globálního trhu.

Publikace je dostupná zde: M. Vochozka, Z. Rowland, **P. Šuleř**, and J. Maroušek. The influence of the international price of oil on the value of the EUR/USD exchange rate. *Journal of Competitiveness*, 12(2):167-190, 2020.

2.3 Stanovení hodnoty aktiv v kontextu volatilního ekonomického prostředí

V průběhu času se ekonomické prostředí stává stále dynamičtějším a náročnějším na řízení. Tato neustálá proměnlivost klade na subjekty v ekonomii mnohé výzvy, a jednou z nich je

i potřeba stanovení hodnoty aktiv v podmínkách, kde hospodářské ukazatele podléhají prudkým změnám. V tomto kontextu se otázky spojené s bankrotním modelem a oceněním aktiv stávají stěžejními pro správné fungování ekonomických systémů.

Třetí tematický okruh zaměřuje svou pozornost právě na problematiku stanovení hodnoty aktiv v prostředí charakterizovaném volatilitou. Stanovit spravedlivou a relevantní hodnotu aktiv není jednoduchým úkolem, a proto je nezbytné využívat metody, které jsou nejen reálné, ale také adekvátně podložené relevantními profesionálními postupy.

Jedním z hlavních aktérů v tomto procesu jsou soudy, které se často potýkají s případy, kde kvalitní a nestranné ocenění aktiv hraje klíčovou roli. Pro řešení sporů a vydávání rozhodnutí je nezbytné poskytovat objektivní a odborné pohledy, které reflektují aktuální stav a podmínky na trhu.

Druhou významnou skupinou zúčastněnou v procesu ocenění aktiv jsou vlastníci samotných aktiv. Pro ně jsou tyto informace často nezbytné z obchodních i osobních důvodů. Důvěryhodnost a nestrannost přístupu k ocenění majetku jsou klíčové, zejména pokud mají tyto informace sloužit jako základ pro rozhodování týkající se jejich vlastnictví a investičních strategií.

Aby bylo zajištěno nestranné a profesionální hodnocení aktiv v proměnlivém ekonomickém prostředí, je nezbytné přistupovat k těmto otázkám s obezřetností a v souladu s platnou legislativou. Uplatňování nejnovějších validovaných metod a znalostí se tak stává klíčovým prvkem pro úspěšné řešení této problematiky. Je přitom zřejmé, že stanovit hodnotu je často nutné u řady typů aktiv. Mohou to být jednotlivé položky nebo celé sady hmotného majetku, nehmotný majetek, movitý majetek atd. Například společnost lze hodnotit jako celek, zároveň ale poměrně často dochází k ocenění jen její určité části. To je také případ poslední komentované publikace [10].,

Publikace 10

Development of Economic Value Added (EVA) of leasing companies active in the Czech Republic in the years 2005-2019

Kučera, J. and P. Šuleř

Tato studie se zaměřuje na problematiku vývoje ekonomické přidané hodnoty (EVA) společností poskytujících leasingové služby v oblasti motorových vozidel, působících v České republice. Jde o otázku důležitou pro investory, banky i vlastníky: fungují leasingové společnosti, zaměřené na oblast financování dopravních prostředků, anticyklicky? Názory

obsažené v odborné rešerši udávají, že leasing může fungovat jako alternativa půjčky, jejíž dostupnost se v období hospodářského poklesu (finanční krize) zhoršuje. Tuto teorii ale pro Českou republiku dosud nikdo empiricky neprokázal. To bylo také hlavním cílem studie rozložené z nutnosti delší časové řady do let 2005-2019, jež zahrnuje jak období finanční krize, tak také následného zotavení.

Leasingové společnosti poskytující leasing motorových vozidel mohou být považovány za velmi specifické. Poskytují konkrétní typ nebankovních finančních služeb. Stejně jako v každém jiném odvětví je pro jejich majitele, věřitele i potenciální investory predikce jejich dalšího vývoje a odolnost ustát případnou finanční tíseň velmi důležitá. Silné a ekonomicky efektivní společnosti jsou schopny flexibilně reagovat a přizpůsobovat svou činnost.

Jedním z klíčových indikátorů, které lze k jejich ekonomickému výkonu využít, je indikátor ekonomické přidané hodnoty (EVA). Ten umožňuje nejen hodnotit konkrétní společnosti, ale z širšího pohledu například celý segment, který je následně možné srovnávat s například dalšími regiony, či dalšími podnikatelskými sektory. Cíl studie byl proto relativně rozsáhlý. V první řadě se zaměřil na otázky, zda generovaly leasingové společnosti působící v České republice kladnou EVA jak pro své vlastníky, tak pro investory a věřitele, dále na otázku, jak ovlivnila finanční krize z roku 2008 ekonomické ukazatele těchto společností a to ve spojitosti s analýzou týkající se počtu uzavřených smluv a jejich plněním ve sledovaném období.

Vstupní data pro analýzu byla převzata z Bisnode, jejíž databáze obsahuje účetní výkazy společnosti leasingových společností působící v České republice a soustředila se především na pronájem a leasing automobilů a další motorových vozidel. Údaje byly dále doplněny z databází státních institucí, ať už jde o bezrizikovou sazbu, nebo počty registrovaných vozidel leasingových společností a dalších. Následně bylo sestaveno řešení, které vyhodnotilo vývoj indikátorů EVA Equity a EVA Entity sledovaných společností ve sledovaném období a výsledné datové řady byly v grafické podobě korelovány v časových řadách. Výsledky analýzy poskytly zajímavý pohled na vývoj leasingových společností v kontextu ekonomických cyklů. Bylo zjištěno, že leasingové společnosti, ačkoliv schopny generovat přidanou hodnotu pro své majitele, nejsou nezávislé na výkyvech hospodářské situace, a to zejména v období ekonomické nejistoty. Výrazný pokles v roce 2008, ovlivněný globální finanční krizí, ilustruje citlivost tohoto odvětví na celkový ekonomický kontext. Přestože krize postihla leasingové společnosti výrazněji než některé jiné sektory, bylo zajímavé pozorovat, že se dokázaly z této krize zotavit rychleji než ostatní odvětví, včetně průmyslu a vývoje HDP. Toto zjištění poukazuje na pružnost a schopnost leasingových společností rychle reagovat na změny ekonomického prostředí. Následně, od roku 2012, leasingové společnosti začaly vykazovat

stabilní a pozitivní růst, který dosáhl vrcholu v letech 2018 a 2019. Tato období výrazného růstu ukazují, že účastníci trhu vnímají leasing jako atraktivní alternativu k úvěrům, zejména v době, kdy jsou úvěry obtížněji dostupné, což může být charakteristické pro ožívání poptávky spojené s ekonomickou nejistotou. Překvapivý pokles výkonu leasingových společností po roce 2014 naznačuje, že toto odvětví je stále pod vlivem různých ekonomických faktorů, které mohou ovlivnit jeho výkonnost. Výzkum zároveň ukázal, že v období ožívání ekonomiky může být vývoj leasingových společností indikátorem ekonomického oživení dříve než u bankovního sektoru, což může být cenná informace pro investory a ekonomické analytiky sledující globální trendy.

Publikace je dostupná zde: J. Kučera and **P. Šuleř**. Development of Economic Value Added (EVA) of leasing companies active in the Czech Republic in the years 2005-2019. *Ad Alta - Journal of Interdisciplinarity Research*, 10(2):218-223, 2020.

3 ZÁVĚR

Tato práce poskytuje vybraný soubor prací z období 2017-2021 s odkazy na další publikační činnost. Obsahuje jak analytické články, studie, tak také návrhy řešení, přenosu nových metod do praktické sféry, stejně jako uplatnění nejlepší světové praxe a doporučení firemní i státní sféře.

Součástí publikací je ale také přehled současného stavu řešené problematiky, včetně uplatnění nejnovějších technologicko-ekonomických nástrojů. Komentované výstupy mají výrazně přeshraniční přesah a spojuje je především analýza a řešení aktuální společensko-ekonomické poptávky, spojené jak s globalizací současné podnikové sféry, využití moderních výpočetních technologií, tak také historicky nevídaná produkce dat a dynamika současného prostředí.

Specificky se ve všech třech zahrnutých okruzích soustředí na oblast dopravy, pro kterou je právě zapojení do programů Průmysl 4.0 či využití strojového učení a nových metod oceňování inovativní, ale zároveň přínosné. Přináší jak nová zjištění, využitelná v rámci udržitelnosti a rozvoje průmyslové či municipální mobility, tak také vzorová řešení pro identifikaci tržních lídrů v tomto segmentu, nebo řešení otázky jeho vývoje, jako indikátoru hospodářského oživení ve střední Evropě.

Tento soupis prací právě tím, že řeší výše uváděné oblasti navzájem provázané, poskytuje cenné náměty na budoucí výzkumy v rámci celé pokrývané problematiky. Proto její využitelnost nespočívá jen v dalším rozvoji vědecko-výzkumné části, jako je podpora vývoje a využívání ekonomických nástrojů umožňujících realizaci vícedimenzionálních analýz nutných pro podporu rozhodovacích procesů v segmentu dopravy, ale také v pedagogické oblasti.

Právě vývoj metodologických platforem si vyžaduje dostupnost početných výzkumných studií a sdílení jejich výsledků s cílem budování národních a mezinárodních multidisciplinárních týmů.

Habilitační práce poskytuje silné podněty pro výzkum jak jednotlivých typů nástrojů, tak také jejich kombinací a nabízí další možnosti na jejich využití v sektorových analýzách a jejich hlubší výzkum za předpokladu přístupu k hlouběji strukturovaným datům a databázím. Právě pandemická krize způsobená pandemií COVID-19 poukázala na význam tvorby kvalitních scénářů, které by dokázaly aktivně reflektovat na rychlé změny v měnícím se podnikatelském prostředí, včetně globalizačních vlivů. Rovněž krizové scénáře, kterými disponovaly především velké firmy a nadnárodní společnosti se ukázaly v době pandemické

krize jako zcela nedostatečné, respektive nepoužitelné, především proto, že byly založeny na nereálných předpokladech. I to jsou důvody, které vyzdvihují důležitost vývoje metodologických platforem v budoucnosti, které jsou odvislé od reálných výzkumných studií a aktivního propojování jejich výsledků, s cílem jejich reálného využití v praxi.

I když je vývoj informačních a komunikačních technologií silně dynamické, metodologické procesy mu předcházejí a stejně jako v současnosti, tak i v budoucnu budou výzkumné studie a jejich využitelné výsledky tou první fází při tvorbě důležitých aktivních nástrojů pro procesy rozhodování.

Habilitační práce zaměřená na ekonomické nástroje a jejich úlohu v oblasti ekonomické analýzy představuje aktuální příspěvek v době, kdy tento sektor prochází několika klíčovými výzvami. Pandemická krize, ekonomická oslabení spojená s událostmi na Ukrajině a potřeba přechodu k udržitelnější a nízkoemisní ekonomice formují složité prostředí, které dopravu výrazně ovlivňuje. Habilitační práce nejen analyzuje tyto vlivy, ale také nabízí nástroje a perspektivy pro další vývoj v tomto sektoru.

Důraz na dopravu jakožto významný prvek ekonomiky, který zajišťuje plynulost v různých odvětvích a mezinárodních vztazích, podtrhuje její strategický význam. Toto zdůraznění se stává klíčovým, zejména v kontextu probíhajících změn ve světové ekonomice a ekologických výzev.

Vzhledem k tomu, že se odvětví dopravy nevyhnulo vlivům pandemie, socioekonomickým faktorům a tlakům spojeným s udržitelností, bude nadále klíčové vyvíjet nové ekonomické nástroje, které dokáží reagovat na tyto výzvy. Habilitační práce tak přináší nejen analýzu současného stavu, ale i návrhy a přístupy, které mohou sloužit jako inspirace pro budoucí vývoj.

V pedagogickém kontextu poskytuje práce inspiraci pro tvorbu výukových materiálů a rozvíjení kvalitního vzdělávání v oblasti dopravy a ekonomie. Její přínos je patrný nejen pro studenty, ale i pro odborníky působící v praxi, kteří hledají relevantní informace a nástroje pro efektivní řízení podniků v dnešním komplexním ekonomickém prostředí.

Celkově lze konstatovat, že osvětluje současný stav tohoto sektoru, ale také poskytuje nástroje pro analýzu pro jeho budoucí rozvoj, což ji činí významným zdrojem informací a inspirace pro široké spektrum čtenářů – od akademické obce přes odborníky v praxi až po tvůrce politik na různých úrovních.

LITERATURA – SOUHRN PUBLIKACÍ

- [1] P. Šuleř, L. Palmer, and S. Bilan. Internet of things sensing networks, digitized mass production, and sustainable organizational performance in cyber-physical system-based smart factories. *Journal of Self-Governance and Management Economics*, 9(2):42-51, 2021.
- [2] F. Ludbrook, K. F. Michalikova, Z. Musová, and P. Šuleř. Business models for sustainable innovation in Industry 4.0: Smart manufacturing processes, digitalization of production systems, and data-driven decision making. *Journal of Self-Governance and Management Economics*, 7(3):21-26, 2019.
- [3] M. Gray-Hawkins, L. Michalkova, P. Šuleř, and N. A. Zhuravleva. Real-time process monitoring in Industry 4.0 manufacturing systems: Sensing, smart, and sustainable technologies. *Economics, Management, and Financial Markets*, 14(4):30-36, 2019.
- [4] V. Stehel, C. Bradley, P. Šuleř, and S. Bilan. Cyber-physical system-based real-time monitoring, industrial big data analytics, and smart factory performance in sustainable manufacturing internet of things. *Economics, Management and Financial Markets*, 16(1):42-51, 2021.
- [5] M. Connolly-Barker, T. Klieřtik, P. Šuleř, and K. Zvaríková. Real-time decision-making in the information technology-driven economy: Planning, managing, and operating smart sustainable cities. *Geopolitics, History, and International Relations*, 12(1):73-79, 2020.
- [6] S. Graessley, P. Šuleř, T. Klieřtik, and E. Kicová. Industrial big data analytics for cognitive internet of things: Wireless sensor networks, smart computing algorithms, and machine learning techniques. *Analysis and Metaphysics*, 18:23-29, 2019.
- [7] J. Horák, P. Šuleř, and J. Vrbka. Analysis of transportation companies in the Czech Republic by the Kohonen networks - identification of industry leaders. *Communications - Scientific Letters of the University of Zilina*, 23(1):32-43, 2020.
- [8] J. Horák, J. Vrbka, and P. Šuleř. Support vector machine methods and artificial neural networks used for the development of bankruptcy prediction models and their comparison. *Journal of Risk and Financial Management*, 13(3), 2020.
- [9] M. Vochozka, Z. Rowland, P. Šuleř, and J. Maroušek. The influence of the international price of oil on the value of the EUR/USD exchange rate. *Journal of Competitiveness*, 12(2):167-190, 2020.