

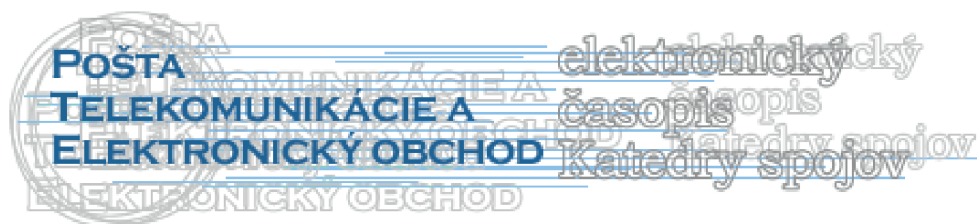
POŠTA, TELEKOMUNIKÁCIE A ELEKTRONICKÝ OBCHOD

Elektronický vedecký časopis zameraný na problematiku poštových a telekomunikačných podnikov
a oblasť elektronického obchodovania

Ročník XXI.

ISSN 1336-8281

I/2026



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

Pošta, Telekomunikácie a Elektronický obchod

Elektronický vedecký časopis profesionálne a obsahovo zameraný na problematiku z oblasti poštových a telekomunikačných podnikov, ako aj na prudko sa rozvíjajúcu oblasť elektronického obchodovania.

Hlavný redaktor: prof. Ing. Radovan Madleňák, PhD.

Predseda redakčnej rady: doc. Dr. Ing. Margita Majerčáková

Redakčná rada: prof. RNDr. Ing. Karol Achimský, CSc.
Dr.h.c. prof. Ing. Tatiana Čorejová, PhD.
Dr hab. inž. Paweł Drożdziel
Dr hab. inž. Tomasz Figlus
Dr hab. inž. Marek Jaśkiewicz
doc. Ing. Iveta Kremeňová, PhD.
prof. Ing. Radovan Madleňák, PhD.
doc. Ing. Lucia Madleňáková, PhD.
Dr. habil. Neszmélyi György Iván
doc. Ing. Mariana Strenitzerová, PhD.
doc. Ing. Jaromír Široký, Ph.D.
doc. Ing. Libor Švadlenka, Ph.D.
prof. Dr. habil. Tóth Tamás

Adresa redakcie: Pošta, Telekomunikácie a Elektronický obchod
Katedra spojov
Fakulta prevádzky a ekonomiky dopravy a spojov
Žilinská univerzita v Žiline
Univerzitná 1
010 26 Žilina

Tel: ++421/41/5133124

Email: pteo@fpedas.uniza.sk

WWW: <https://pteo.uniza.sk>

ISSN 1336-8281

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

DOI: 10.26552/pte.J.2026.1

Obsah

Bezpečnostné aspekty využívania Instant messagingu v akademickom prostredí JEŽEK Lukáš FABUŠ Juraj	1
Psychológia spotrebiteľského správania v e-shopoch: Čo motivuje zákazníkov k nákupu? MIKLÚŠ Marek STALMAŠEKOVÁ Natália	9
Primary research and content analysis of current employer expectations NEUMANNOVÁ Rebecca REPKOVÁ ŠTOFKOVÁ Katarína	19
Agile development of optimization applications with an experimental backlog MALACKÝ Peter	27
Applications of electric trucks in transport logistics MALACKÝ Peter MALACKÁ Zuzana	35



BEZPEČNOSTNÉ ASPEKTY VYUŽÍVANIA INSTANT MESSAGINGU V AKADEMICKOM PROSTREDÍ

Lukáš Ježek¹, Juraj Fabuš²

Abstract: In recent years, instant messaging (IM) has become an important communication tool in academic settings. Universities, students, and faculty use it to share information, collaborate, and coordinate educational activities. This paper focuses on a secondary analysis of academic sources to assess the benefits, risks, and security issues associated with students' use of instant messaging technology. Based on an analysis of more than 30 peer-reviewed publications, major threats such as social engineering, phishing, and insufficient encryption, along with the security level of each IM platform, are identified. At the same time, specific measures are proposed to enhance communication security in academic environments.

Keywords: instant messaging, communication security, students, colleges, encryption, MS Teams, Signal, digital literacy, secondary analysis, academia

Úvod

Instant messaging (IM) sa stal neoddeliteľnou súčasťou modernej digitálnej komunikácie. V akademickom prostredí slúži nielen na neformálnu výmenu správ medzi študentmi, ale aj ako dôležitý nástroj pre spoluprácu, riadenie úloh, diskusie so školiteľmi a zdieľanie učebných materiálov. Jeho zvýšené využitie počas pandémie COVID-19 ešte viac zdôraznilo potrebu efektívnych a bezpečných komunikačných riešení.

Napriek mnohým výhodám, ako sú rýchlosť, dostupnosť a podpora multimédií, IM prináša aj viaceré bezpečnostné výzvy – od rizika úniku dát a phishingu až po nedostatočné šifrovanie správ. Vysoké školy sa tak musia vyrovnávať s potrebou nájsť rovnováhu medzi pohodlím používania a požiadavkami na ochranu údajov a súkromie.

Cieľom tohto odborného článku je preskúmať výhody a riziká používania IM v akademickom prostredí, identifikovať najbežnejšie bezpečnostné hrozby a navrhnúť konkrétne opatrenia na zabezpečenie bezpečného a efektívneho využívania týchto platforiem.

Instant messaging

Instant messaging (IM) je forma digitálnej komunikácie, ktorá umožňuje okamžitú výmenu správ medzi používateľmi prostredníctvom internetu alebo iných sietí. V minulosti sa využíval predovšetkým na posielanie textových správ, avšak dnes ponúka široké spektrum

¹ Bc. Lukáš Ježek, Katedra spojov, FPEDAS, Žilinská univerzita v Žiline, Univerzitná 8215/1, 010 26 Žilina, e-mail: jezek@stud.uniza.sk

² Ing. Juraj Fabuš, PhD., Katedra spojov, FPEDAS, Žilinská univerzita v Žiline, Univerzitná 8215/1, 010 26 Žilina, e-mail: juraj.fabus@fpedas.uniza.sk

funkcií – od zdieľania súborov a multimediálneho obsahu až po hlasové a videohovory. Moderné IM aplikácie často obsahujú aj rôzne interaktívne prvky, ako sú emoji, nálepky a reakcie na správy. [1]

Hlavné vlastnosti IM

1. Okamžitá komunikácia v reálnom čase
IM umožňuje používateľom vymieňať si správy v reálnom čase, čo zvyšuje efektivitu a rýchlosť komunikácie. Štúdia publikovaná v *Journal of Computer-Mediated Communication* zdôrazňuje, že IM podporuje takmer synchronnú interakciu medzi používateľmi, čo je kľúčové pre efektívnu komunikáciu. [2]
2. Podpora multimediálnych prvkov
Moderné IM aplikácie umožňujú nielen textovú komunikáciu, ale aj zdieľanie multimediálnych súborov, ako sú obrázky, videá či audio nahrávky. Tento aspekt bol analyzovaný v štúdiu publikovanej v *International Journal of Information and Education Technology*, kde sa uvádza, že IM platformy umožňujú efektívnu a účinnú komunikáciu prostredníctvom rôznych digitálnych formátov. [2]
3. Skupinové chaty a kolaborácia
IM aplikácie často podporujú skupinové konverzácie, čo uľahčuje spoluprácu v tímoch a zdieľanie informácií medzi viacerými členmi naraz. Výskum v *Research in Learning Technology* ukazuje, že študenti využívajú IM na akademické účely, vrátane skupinových diskusií a riešenia administratívnych záležitostí. [3]
4. Indikátory prítomnosti a dostupnosti
IM systémy často obsahujú funkcie, ktoré informujú o stave prítomnosti používateľov, ako napríklad “online”, “offline” alebo “zanepřázdněný”. Tieto indikátory pomáhajú koordinovať komunikáciu a zvyšujú efektivitu interakcií. Štúdia v *Journal of Computer-Mediated Communication* skúma, ako IM systémy podporujú rozvoj pracovných vzťahov prostredníctvom takýchto funkcií. [4]
5. Integrácia s inými nástrojmi a platformami
Mnohé IM aplikácie sa integrujú s ďalšími službami, ako sú sociálne siete, e-mailové systémy či nástroje na správu projektov, čo umožňuje centralizovanú a efektívnu komunikáciu. Tento trend bol identifikovaný v prehľade publikovanom na platforme *ResearchGate*, kde sa diskutuje o vývoji a funkciách moderných mobilných messagingových aplikácií. [5]

Technická architektúra IM

1. Klient-server model
V klient-server architektúre IM systémov komunikujú všetci používatelia prostredníctvom centrálného servera, ktorý zaisťuje odosielanie a prijímanie správ. Tento model ponúka jednoduchú správu, monitorovanie a zabezpečenie komunikácie. Príklady takýchto systémov zahŕňajú AIM, MSN Messenger a Yahoo! Messenger. Medzi výhody patrí centralizovaná kontrola a bezpečnosť, keďže server môže implementovať jednotné bezpečnostné opatrenia. Na druhej strane, nevýhodou je riziko zlyhania servera a obmedzená škálovateľnosť pri vyššom počte používateľov. [6]
2. Peer-to peer (P2P) model
V P2P architektúre komunikujú klienti priamo medzi sebou bez potreby centrálného servera. Každý uzol funguje ako klient aj server, čo zvyšuje odolnosť systému a zlepšuje ochranu súkromia. Príkladom takejto architektúry je aplikácia Tox, ktorá využíva end-to-end šifrovanie. Hlavnou výhodou je, že zlyhanie jedného prvku

nehrozuje celú sieť a priama komunikácia znižuje riziko sledovania. Na druhej strane, nevýhodou je vyššia komplexnosť správy, náročnejšia implementácia bezpečnostných politík a problémy so škálovateľnosťou pri veľkom počte používateľov. [7]

Historický vývoj IM

Instant messaging (IM) sa od 60. rokov výrazne vyvinul. Prvým systémom, ktorý umožnil komunikáciu v reálnom čase, bol CTSS z roku 1961. V 70. rokoch sa objavil Talkomatic v systéme PLATO, nasledovaný Bulletin Board Systems (BBS). V roku 1988 bol predstavený Internet Relay Chat (IRC), ktorý umožňoval centralizovanú aj decentralizovanú textovú komunikáciu.

Deväťdesiate roky priniesli IM širokej verejnosti. V roku 1996 sa objavil ICQ, a o rok neskôr AOL Instant Messenger (AIM) s funkciou „Buddy List“. Následne prišli Yahoo! Messenger (1998) a MSN Messenger (1999). V Ázii dominoval čínsky QQ Messenger, ktorý neskôr ustúpil WeChat, vyvinutému na multifunkčnú platformu.

Veľkým zlomom v oblasti komunikácie bol príchod mobilných aplikácií, ako sú WhatsApp (2009), Facebook Messenger (2011) a Snapchat, ktorý zaviedol miznúce správy. Dnes aplikácie na okamžité správy, ako Signal a Telegram, kladú dôraz na súkromie, zatiaľ čo WeChat a WhatsApp ponúkajú aj funkcie pre platby a obchodné nástroje. Budúcnosť komunikácie prostredníctvom IM smeruje k vyššiemu zabezpečeniu, využívaniu umelej inteligencie a interaktívnejšej forme komunikácie. [8]

Metodika a metódy skúmania

V článku bola použitá metóda sekundárnej analýzy, ktorá zahŕňa systematické preskúmanie, porovnanie a hodnotenie existujúcich odborných štúdií, článkov a výskumných správ týkajúcich sa instant messagingu v akademickom prostredí.

Do analýzy bolo zahrnutých viac ako 30 odborných, vedeckých a relevantných zdrojov, pričom sa kladol dôraz na aktuálnosť (obdobie 2019 – 2025), odbornú relevanciu a praktickú aplikovateľnosť v kontexte vysokých škôl.

Analyzované boli najmä tieto tematické okruhy:

- Funkčnosť a architektúra IM aplikácií
- Využitie IM v študentskej komunikácii
- Kybernetické riziká a útoky súvisiace s IM
- Prípadové štúdie z praxe
- Bezpečnostné odporúčania inštitúcií

Taktiež bola použitá metóda syntézy pre zlúčenie získaných poznatkov.

Súčasný stav používania IM v akademickom sektore

V rokoch 2023 až 2025 sa instant messaging stal významným komunikačným nástrojom v akademických inštitúciách, pričom jeho využitie presahuje len neformálne rozhovory medzi študentmi. Výskumy ukazujú, že mobilné aplikácie na instant messaging (MIM) sú široko používané v akademickom aj profesionálnom prostredí. Táto forma komunikácie preukázateľne zlepšila tímovú prácu a produktivitu, pretože umožňuje rýchlu výmenu správ, súborov a videohovorov. Napríklad štúdia skúmajúca využitie WhatsApp v dištančnom vysokoškolskom vzdelávaní dospela k pozitívnemu hodnoteniu tejto platformy, s priemerným skóre 4,48 z 5, čo naznačuje jej prínos pre akademickú podporu vďaka jej prístupnosti a jednoduchosti používania. [9] [10]

Počas krízových situácií, ako bola pandémia COVID-19, sa význam instantnej komunikácie (IM) v akademickom prostredí ešte zvýšil. Obmedzenia fyzického kontaktu viedli k rastúcemu dopytu po nástrojoch virtuálnej komunikácie. Používanie IM, ako je WhatsApp, sa ukázalo ako cenný prostriedok pre výučbu a učenie. Učitelia mohli vytvárať

vzdelávací obsah, podporovať interakciu a dialóg, plánovať a riadiť čas učenia a vykonávať priebežné hodnotenie. Študenti mali možnosť zdieľať nápady, úvahy a študijné materiály v neformálnom prostredí, čo prispelo k väčšej účasti a rozvoju zručností v oblasti sebaorganizácie pri učení. [10] [11]

Napriek týmto výhodám existujú rozdiely v názoroch na efektívnosť instant messagingu (IM) medzi študentmi a inštruktormi. Výskumy naznačujú, že väčšina študentov (89 %) využíva IM na štúdium, zatiaľ čo inštruktori sú skeptickí voči jeho účinnosti a širšiemu prijatiu v oblasti vysokoškolského vzdelávania. Napriek tomu sa online chatovacie nástroje, vrátane WhatsApp, čoraz častejšie používajú na internú komunikáciu medzi zamestnancami. Skutočnosť, že väčšina študentov (95 %) nosí svoje telefóny do triedy a mnohí z nich počas vyučovania posielajú správy (92 %), naznačuje, že mobilné správy sú pre študentov prirodzenou formou komunikácie, ktorú by akademické inštitúcie mohli efektívnejšie využiť. [12] [13] [14]

Najpopulárnejšie IM platformy v rámci akademického sektora

V akademickom sektore sa v období od 2023 do 2025 etablovalo niekoľko instant messagingových platforiem ako hlavné nástroje pre komunikáciu a spoluprácu. Medzi najobľúbenejšie patrí WhatsApp, Microsoft Teams, Slack a Telegram.

WhatsApp je obľúbený predovšetkým pre svoju dostupnosť a jednoduché ovládanie, čo z neho robí cenný nástroj na akademickú podporu a neformálnu komunikáciu medzi študentmi, a občas aj s učiteľmi. Jeho funkcie, ako zdieľanie multimédií a hlasových správ, umožňujú dynamickú výmenu informácií a poskytovanie personalizovanej spätnej väzby. [10] [11]

Microsoft Teams sa čoraz viac stáva komplexnou platformou pre akademické inštitúcie, ktorá integruje chat, zdieľanie súborov, zadávanie úloh, hodnotenie a videokonferencie. Jeho prepojenie s ďalšími aplikáciami balíka Microsoft 365 z neho robí silné riešenie na organizáciu tried, spoluprácu na projektoch a celkovú správu vzdelávacieho obsahu. Funkcie ako Immersive Reader a živé titulky zvyšujú prístupnosť platformy. [15]

Slack je ďalšou obľúbenou platformou, ktorá ponúka kanály pre organizovanú komunikáciu, priamu správu a integráciu s rôznymi nástrojmi, ako sú Zoom a systémy pre správu učenia (LMS). Často sa využíva na tímovú prácu, oznamovanie kurzov a budovanie študentských komunit. Jeho flexibilita a široké možnosti integrácie ho robia atraktívnym pre rôzne akademické účely. [16]

Telegram je známy svojou rýchlosťou, bezpečnosťou a bohatými funkciami, ako sú rozsiahle skupinové chaty a kanály. Aj keď nie je primárne určený na vzdelávanie, jeho obľúba medzi študentmi vedie k tomu, že sa často používa na neformálnu komunikáciu a zdieľanie študijných informácií. [17]

Bezpečnostné riziká spojené s používaním IM v akademickom kontexte

Používanie instant messagingu v akademickom prostredí prináša množstvo výhod, ale aj významné bezpečnostné riziká, na ktoré je potrebné reagovať. Jednou z hlavných obáv je ochrana súkromia pri zdieľaní osobných informácií cez IM platformy. S ohľadom na to, že vyššie vzdelávanie sa v roku 2025 zameriava na posilnenie kybernetickej bezpečnosti, je dôležité starostlivo zvážiť potenciálne hrozby spojené s instant messagingom. [18] [19]

Mnohé systémy instant messagingu nie sú navrhnuté s dôrazom na bezpečnosť, čo uľahčuje kybernetickým útočníkom šírenie vírusov, spywaru, phishingových podvodov a malvéru. IM programy sa stávajú preferovanou metódou na šírenie sieťových vírusov a červov, a to vďaka ich nedostatočnej vstavanej bezpečnosti, možnosti sťahovania súborov a integrovanému zoznamu kontaktov, čo umožňuje rýchle rozšírenie škodlivého softvéru. [20]

Phishing predstavuje významné riziko. Útočníci môžu prostredníctvom instant messagingu posilať správy, ktoré sa zdajú byť dôveryhodné, s cieľom manipulovať používateľov, aby klikli na škodlivé odkazy, nainštalovali malvér alebo prezradili citlivé informácie, ako sú prístupové údaje. Rýchlosť a jednoduché šírenie správ cez IM robí tento spôsob útoku obzvlášť účinným. Výskumy naznačujú, že ľudia s vyššou sebaúčinnosťou môžu byť náchylnejší na phishingové útoky prostredníctvom instant messagingu. [21] [20] [22]

Ďalšie riziká zahŕňajú únik dôverných informácií prostredníctvom nezabezpečených komunikačných kanálov. Verejné platformy na okamžité správy často prenášajú nešifrované údaje, a preto by sa nikdy nemali používať na prenos citlivých alebo dôverných informácií. Správy odoslané cez internet sú náchylné na narušenie súkromia alebo neúmyselné odhalenie. [20] [23]

Hrozby pre sieť, ako sú trójske kone, útoky typu Denial of Service a únosy relácií, predstavujú ďalšie technické riziká spojené s používaním instant messagingu (IM). Keďže informácie prijaté prostredníctvom IM nie sú vždy overené, nie je možné potvrdiť, či správa skutočne pochádza od odosielateľa, s ktorým si príjemca myslí, že komunikuje. To otvára dvere k únosom relácií a k možnosti vydávať sa za inú osobu. [20]

V akademickom prostredí je dôležité zohľadniť aj právnu zodpovednosť spojenú so sťahovaním materiálov chránených autorským právom prostredníctvom IM sietí. [20]

V roku 2023 kybernetickí výskumníci odhalili množstvo škodlivých "modifikácií" instant messengeru Telegram, ktoré sú voľne dostupné na stiahnutie z Google Play. Tento nález poukazuje na pretrvávajúce bezpečnostné hrozby spojené s aplikáciami na okamžité správy. Vzhľadom na tieto riziká je pre akademické inštitúcie zásadné zaviesť komplexné bezpečnostné opatrenia a vzdelávať používateľov o bezpečnom používaní IM. [24]

Bezpečnostné opatrenia a odporúčania pre bezpečné používania IM v akademickom prostredí

Na zníženie bezpečnostných rizík spojených s používaním instant messagingu v akademickom prostredí je potrebné zaviesť komplexné bezpečnostné opatrenia a dodržiavať odporúčané postupy. Akademické inštitúcie by mali vytvoriť jasné zásady pre používanie IM, ktoré určujú, čo je považované za prijateľné a neprijateľné správanie, a poskytnú pokyny na ochranu citlivých informácií. [23]

Dôležitým krokom je vzdelávanie študentov, učiteľov a zamestnancov o potenciálnych rizikách, ako sú phishingové útoky a šírenie malvéru prostredníctvom instant messagingu (IM). Používatelia by mali byť informovaní, aby neprezrádzali osobné údaje neznámym osobám a aby boli opatrní pri kliknutí na odkazy alebo otváraní príloh v správach, aj keď pochádzajú od známych kontaktov. Odporúča sa overiť totožnosť osôb, ktoré žiadajú o citlivé informácie cez IM, a v prípade pochybností kontaktovať danú osobu prostredníctvom iného komunikačného kanála. [20] [22]

Z technického hľadiska by mali inštitúcie preferovať bezpečné a šifrované platformy na okamžité správy. Platformy s end-to-end šifrovaním zabezpečujú, že obsah správ je prístupný iba odosielateľovi a príjemcovi, čím sa znižuje riziko odpočúvania zo strany tretích osôb. Pri výbere platformy je tiež dôležité zohľadniť jej súlad s predpismi o ochrane osobných údajov, ako je GDPR, najmä ak inštitúcia spolupracuje s medzinárodnými študentmi alebo vykonáva výskum, ktorý sa týka občanov EÚ. [26] [28] [27]

Používatelia by mali byť upozornení, aby nedovolili programom na okamžité správy (IM) zapamätať si heslá alebo automaticky sa prihlasovať do svojich účtov. Odporúča sa tiež neakceptovať automaticky prichádzajúce správy od neznámych používateľov a nezdierať súbory cez IM, pretože to môže viesť k šíreniu vírusov. [20]

Pri práci s citlivými údajmi je kľúčové vyhnúť sa diskusiám o nich prostredníctvom IM a neinštalovať IM aplikácie na počítače, ktoré obsahujú takéto údaje. Používatelia by mali mať na pamäti, že ich IM konverzácie nemusia byť súkromné ani bezpečné, a preto by sa mali vyhnúť zdieľaniu dôverných informácií týmto spôsobom. Namiesto posielania príloh s citlivými údajmi sa odporúča využívať zabezpečené šifrované siete a zdieľať odkazy na súbory uložené v bezpečných cloudových úložiskách. [20] [25]

Inštitúcie by mali zaviesť antivírusovú ochranu, ktorá pokrýva sieťové, desktopové a prenosné zariadenia, aby sa predišlo šíreniu malvéru prostredníctvom instant messagingu. Pravidelné aktualizácie softvéru IM aplikácií a operačných systémov sú taktiež kľúčové pre ochranu pred najnovšími hrozbami. [27] [20]

Na zvýšenie bezpečnosti sa odporúča implementovať dvojfaktorovú autentifikáciu všade, kde je to možné. Táto dodatočná vrstva ochrany pomáha chrániť účty pred neoprávneným prístupom. [29]

V rámci skupinových chatov by mali používatelia byť obozretní a opatrní pri klikaní na odkazy alebo volaní na telefónne čísla, ktoré zanechali neznámi členovia skupiny. Hostitelia skupín by mali zvážiť využitie svojich právomocí na kontrolu prístupu, aby predišli spamu a škodlivým aktivitám. [30]

Akademické inštitúcie by mali zvážiť sledovanie sieťovej prevádzky a zavedenie nástrojov na detekciu a prevenciu hrozieb, ktoré môžu pomôcť identifikovať a zablokovat škodlivé aktivity spojené s IM. [20]

Záver

Sekundárna analýza ukázala, že aplikácie na okamžitú komunikáciu (IM) majú významný pozitívny vplyv na spoluprácu a komunikáciu medzi študentmi, najmä v tímových projektoch a počas dištančného vzdelávania. Študenti považujú IM za intuitívny a ľahko dostupný nástroj, pričom až 89 % z nich ho aktívne využíva na študijné účely.

Taktiež sa ukázalo, že rozdielne platformy majú rôznu úroveň bezpečnosti – Signal a Telegram sú vnímané ako bezpečné, WhatsApp je populárny, ale závislý od vlastníctva spoločnosti Meta, a MS Teams, hoci používaný v školách, neposkytuje end-to-end šifrovanie.

Výskumy zohľadnené v tomto článku zároveň poukazujú na to, že bezpečnostné opatrenia nie sú dostatočne nasadené na strane študentov, ale taktiež aj inštitúcií.

Instant messaging je nepochybne kľúčovým nástrojom v modernej komunikácii na vysokých školách. Jeho efektívnosť, dostupnosť a rýchlosť predstavujú jasné výhody, avšak so sebou prináša aj reálne riziká.

Výsledky sekundárneho výskumu ukázali, že najväčšími hrozbami sú sociálne inžinierstvo, nedostatočná ochrana súkromia a neznalosť používateľov.

Preto by bolo dobré zvážiť konkrétne odporúčania pre akademické inštitúcie a to:

- Uprednostňovať platformy s end-to-end šifrovaním
- Detailne vypracovať interné smernice pre študentov o vhodnom používaní
- Monitorovať a pravidelne hodnotiť bezpečnostné incidenty

Bezpečné a zodpovedné používanie instant messagingu medzi študentmi a zamestnancami vysokých škôl je možné dosiahnuť len kombináciou technického zabezpečenia, jasnej „politiky“ a vzdelávania.

Literatúra

- [1] WIKIPEDIA CONTRIBUTORS (2019). *Instant messaging*. [online]. Wikipedia. Dostupné na: https://en.wikipedia.org/wiki/Instant_messaging. [citované 20 Feb. 2025]

- [2] CHO, H.-K., TRIER, M. AND KIM, E. (2005). The Use of Instant Messaging in Working Relationship Development: A Case Study. *Journal of Computer-Mediated Communication*. [online]. Dostupné na: <https://academic.oup.com/jcmc/article/10/4/JCMC1044/4614493?utm> [citované 20 Feb. 2025]
- [3] ALT.AC.UK. (2025). *View of Exploring the use of text and instant messaging in higher education classrooms | Research in Learning Technology*. [online]. Dostupné na: <https://journal.alt.ac.uk/index.php/rlt/article/view/1345/html?utm> [citované 20 Feb. 2025]
- [4] CHO, H.-K., TRIER, M. AND KIM, E. (2005). The Use of Instant Messaging in Working Relationship Development: A Case Study. *Journal of Computer-Mediated Communication*. [online]. Dostupné na: <https://academic.oup.com/jcmc/article/10/4/JCMC1044/4614493?utm> [citované 20 Feb. 2025]
- [5] WANG, H.-Y. (2019). A Review of Instant Messaging and Mobile Messaging Applications. *International Journal of Economics, Finance and Management Sciences*. [online]. Dostupné na: https://www.researchgate.net/publication/334483103_A_Review_of_Instant_Messaging_and_Mobile_Messaging_Applications [citované 20 Feb. 2025]
- [6] INSTANT MESSAGING, *Internet Technologies and Applications*. [online]. Dostupné na: <https://sandilands.info/sgordon/teaching/its413y06s2/protected/ITS413Y06S2L10-Instant-Messaging.pdf?utm> [citované 20 Feb. 2025]
- [7] WIKIPEDIA CONTRIBUTORS (2024). *Tox (protocol)*. Wikipedia. [online]. Dostupné na: https://en.wikipedia.org/wiki/Tox_%28protocol%29?utm [citované 20 Feb. 2025]
- [8] DESJARDINS, J. (2016). *The Evolution of Instant Messaging*. [online]. Visual Capitalist. Dostupné na: <https://www.visualcapitalist.com/evolution-instant-messaging/>. [citované 20 Feb. 2025]
- [9] YANG, Q. AND FENG, Y. (2024). Does the use of mobile instant messaging in the workplace increase employees' workload? *Behaviour & Information Technology*, [online]. Dostupné na: <https://doi.org/10.1080/0144929x.2024.2397681> [citované 20 Feb. 2025].
- [10] ROMERO-SARITAMA, J.M., ESPINOSA-TAPIA, S. AND PALACIOS-RODRÍGUEZ, A. (2025). Using WhatsApp in Distance Education: Assessing the Impact on Academic Interaction and Influencing Factors. *Social Sciences*, [online]. Dostupné na: <https://doi.org/10.3390/socsci14030183> [citované 20 Feb. 2025].
- [11] KEVIN (2024). *Instant Messaging: An Unexpected Resource for Learning English - World leading higher education information and services*. World leading higher education information and services. [online]. Dostupné na: <https://world.edu/instant-messaging-an-unexpected-resource-for-learning-english/>. [citované 20 Feb. 2025].
- [12] SOTILLO, S.M. (2006). *Using Instant Messaging for Collaborative Learning: A Case Study*. ResearchGate. [online]. Dostupné na: https://www.researchgate.net/publication/242753905_Using_Instant_Messaging_for_Collaborative_Learning_A_Case_Study [citované 20 Feb. 2025].
- [13] PROJECT.CO (2023). *Communication Statistics 2022*. [online]. Dostupné na: <https://www.project.co/communication-statistics/>. [citované 20 Feb. 2025].
- [14] BENNETT, S. (2025). *Classroom Messaging Statistics 2025 – Everything You Need to Know*. [online]. Dostupné na: <https://llcbuddy.com/data/classroom-messaging-statistics/> [citované 20 Feb. 2025].
- [15] Microsoft Teams for your classroom. [online]. Dostupné na: <https://www.microsoft.com/cms/api/am/binary/RWKBOr> [citované 20 Feb. 2025].

- [16] SLACK (N.D.). *Distance Learning with Slack*. [online]. Dostupné na: <https://slack.com/solutions/distance-learning>. [citované 20 Feb. 2025].
- [17] CONNELL, A. (2025). *10 Most Popular Messaging Apps In 2025 (Data + Trends)*. [online]. Dostupné na: <https://adamconnell.me/popular-messaging-apps/> [citované 20 Feb. 2025].
- [18] RESEARCHANDMARKETS.COM (2023). *Instant Messaging Market Size, Share & Forecast to 2030*. Researchandmarkets.com. [online]. Dostupné na: <https://www.researchandmarkets.com/report/instant-messaging> [citované 20 Feb. 2025].
- [19] KIM FAHEY (2025). *Top 8 Disruptive Trends Shaping Higher Ed in 2025 - Collegis Education*. [online]. Dostupné na: <https://collegiseducation.com/insights/resources/top-eight-disruptions-in-2025/> [citované 20 Feb. 2025].
- [20] UNIVERSITY, CARNEGIE MELLON (2023). *Instant Messaging Security and Usage Guideline - Information Security Office - Computing Services - Carnegie Mellon University*. [online]. Dostupné na: <https://www.cmu.edu/iso/governance/guidelines/im.html>. [citované 20 Feb. 2025].
- [21] CHECKPOINT.COM (2020). *What Is Phishing? Check Point Software*. [online]. Dostupné na: <https://www.checkpoint.com/cyber-hub/threat-prevention/what-is-phishing/>. [citované 27 Feb. 2025].
- [22] LEE, Y.Y., GAN, C.L. AND LIEW, T.W. (2023). *Thwarting Instant Messaging Phishing Attacks: The Role of Self-Efficacy and the Mediating Effect of Attitude towards Online Sharing of Personal Information. International Journal of Environmental Research and Public Health*. [online]. Dostupné na: <https://doi.org/10.3390/ijerph20043514> [citované 27 Feb. 2025].
- [23] UWATERLOO.CA (2024). *E-mail & Instant Messaging | Information and Privacy | University of Waterloo*. [online]. Dostupné na: <https://uwaterloo.ca/privacy/guidelines/e-mail-instant-messaging> [citované 27 Feb. 2025].
- [24] WIKIPEDIA CONTRIBUTORS (2019). *Instant messaging*. [online]. Dostupné na: https://en.wikipedia.org/wiki/Instant_messaging. [citované 27 Feb. 2025].
- [25] ITS.UCSC.EDU (n.d.). *Protect Information when using the Internet and Email*. [online]. Dostupné na: <https://its.ucsc.edu/security/internet.html>. [citované 27 Feb. 2025].
- [26] LIYANDA TEMBANI (2024). *Risks of using regular text messaging for mental health communication*. [online]. Dostupné na: <https://www.paubox.com/blog/risks-of-using-regular-text-messaging-for-mental-health-communication> [citované 27 Feb. 2025].
- [27] NORTHWESTERN ENGINEERING. (2025). *Tips for Increasing Your Privacy from Security Experts*. [online]. Dostupné na: <https://www.mccormick.northwestern.edu/news/articles/2025/02/tips-for-increasing-your-privacy-from-security-experts/> [citované 27 Feb. 2025].
- [28] TEXT-EM-ALL.COM (2025). *The Complete Guide to Mass Texting for Universities*. [online]. Dostupné na: <https://www.text-em-all.com/ultimate-guide-to-mass-texting-for-universities> [citované 27 Feb. 2025].
- [29] VPNSUPER.COM. (2025). *Is Academia.Edu Safe and Legit to Use in 2025*. [online]. Dostupné na: <https://www.vpnsuper.com/blog/is-academia-edu-safe> [citované 27 Feb. 2025].
- [30] FSU.EDU (2024). *Stay Secure: Top Cybersecurity Tips for Online Messaging Apps*. [online]. Dostupné na: <https://its.fsu.edu/article/stay-secure-top-cybersecurity-tips-online-messaging-apps> [citované 27 Feb. 2025].



PSYCHOLÓGIA SPOTREBITEĽSKÉHO SPRÁVANIA V E-SHOPOCH: ČO MOTIVUJE ZÁKAZNÍKOV K NÁKUPU?

Marek Miklúš¹, Natália Stalmašeková²

Abstract: The rapid growth of e-commerce has significantly transformed consumer decision-making processes. Psychological factors play a crucial role in shaping customer behavior in online environments. This article examines key motivators influencing purchasing decisions in e-shops, including website design, social proof (reviews and ratings), personalized marketing, and psychological effects such as the anchoring effect, fear of missing out (FOMO), and pricing strategies. Special attention is given to the role of heuristics and cognitive shortcuts that impact the speed and nature of consumer decision-making in digital spaces. Research findings indicate that effectively leveraging these factors can significantly enhance e-shop conversion rates. The article also highlights the ethical considerations of psychological strategies in online retail.

Keywords: e-commerce, consumer behavior, online shopping, sales psychology, marketing strategy

Úvod

E-commerce sa stal neoddeliteľnou súčasťou moderného maloobchodu, pričom digitálne platformy výrazne menia spôsob, akým spotrebitelia nakupujú produkty a služby. Rýchly technologický pokrok, široká dostupnosť internetu a neustále sa vyvíjajúce digitálne marketingové stratégie spôsobili, že zákazníci dnes čelia množstvu stimulov, ktoré ovplyvňujú ich rozhodovanie v online prostredí. Na rozdiel od tradičných kamenných predajní sa spotrebitelia pri online nákupoch nemôžu fyzicky dotknúť produktov, vyskúšať si ich ani priamo komunikovať s predajcom. Preto sa ich rozhodovanie do veľkej miery zakladá na vizuálnej prezentácii produktov, recenziách iných zákazníkov, cenových stratégiách a psychologických faktoroch, ktoré môžu podvedome ovplyvniť ich nákupné správanie. Kľúčové faktory, ako je efekt kotvy (anchoring effect), FOMO (fear of missing out) alebo vnímanie cien, môžu výrazne ovplyvniť spôsob, akým zákazníci vyhodnocujú ponuky a robia finálne rozhodnutia.[1]

Okrem toho zohráva dôležitú úlohu aj dôvera zákazníkov voči e-shopu, ktorá je často budovaná prostredníctvom hodnotení, transparentných informácií o produktoch a kvalitného zákazníckeho servisu. V online prostredí majú spotrebitelia prístup k veľkému množstvu alternatív, čo zvyšuje konkurenciu medzi predajcami a zároveň zvyšuje nároky zákazníkov na rýchlosť, pohodlie a personalizáciu nákupného procesu. V dôsledku toho sa podniky snažia využívať rôzne digitálne nástroje a analytické metódy, aby lepšie porozumeli správaniu spotrebiteľov a optimalizovali svoje marketingové stratégie.

¹ Bc. Marek Miklúš, Katedra spojov, FPEDAS, Žilinská univerzita v Žiline, Univerzitná 8215/1, 010 26 Žilina, e-mail: miklus3@stud.uniza.sk

² Ing. Stalmašeková Natália, PhD., Katedra spojov, FPEDAS, Žilinská univerzita v Žiline, Univerzitná 8215/1, 010 26 Žilina, e-mail: natalia.stalmasekova@fpedas.uniza.sk

Cieľom článku je analyzovať hlavné psychologické faktory, ktoré motivujú zákazníkov k nákupu v e-shopoch. Zameriame sa na vplyv dizajnu e-shopov, sociálnych dôkazov, personalizovaného marketingu a rôznych kognitívnych skratiek, ktoré ovplyvňujú nákupné rozhodovanie. Článok tiež skúma, akým spôsobom môžu e-shopy využívať tieto poznatky na optimalizáciu svojich marketingových stratégií a zvýšenie konverzií. [1]

Teoretické východiská

Čo ovplyvňuje nákupné rozhodovanie?

Spotrebiteľské správanie v e-commerce je ovplyvnené viacerými faktormi, ktoré súvisia s psychológiou rozhodovania. Zatiaľ čo v kamenných predajniach zohrávajú dôležitú úlohu zmyslové vnímanie, osobná interakcia a okamžitá dostupnosť produktov, online nakupovanie sa spolieha na digitálne podnety, vizuálnu prezentáciu a dôveru v predajcu. V nasledujúcich podkapitolách sa pozrieme na kľúčové psychologické faktory, ktoré ovplyvňujú správanie zákazníkov pri online nákupoch. [2] [3]

1. Heuristiky a kognitívne skratky pri online nákupoch

Spotrebiteľia sa pri rozhodovaní často spoliehajú na tzv. heuristiky – mentálne skratky, ktoré im pomáhajú robiť rýchle rozhodnutia bez hlbšej analýzy všetkých dostupných možností. Hoci tieto skratky zjednodušujú rozhodovací proces, môžu viesť aj k systematickým chybám v úsudku a iracionálnym nákupným rozhodnutiam. [3] V prostredí e-commerce sa najčastejšie vyskytujú tieto heuristiky:

Efekt kotvy (anchoring effect) – Zákazníci si podvedome „zakotvia“ prvú informáciu, ktorúvidia, a porovnávajú s ňou ďalšie možnosti. Napríklad ak e-shop zobrazí „pôvodnú cenu“ 100 € a vedľa nej „zľavnenú cenu“ 70 €, zákazník má pocit výhodnej ponuky, hoci reálna hodnota produktu môže byť nižšia. Tento efekt sa využíva v cenových stratégiách, zľavových akciách a dynamickom oceňovaní, pričom zákazníci často hodnotia cenu nie na základe reálnej hodnoty produktu, ale na základe relatívneho porovnania s prvou uvedenou cenou. [3]

Efekt rámcovania (framing effect) – Spôsob prezentácie informácií môže ovplyvniť vnímanie hodnoty produktu. Napríklad tvrdenie „90 % zákazníkov je spokojných s týmto produktom“ pôsobí pozitívnejšie než „10 % zákazníkov malo negatívnu skúsenosť“, aj keď ide o tú istú informáciu. Podobne ak e-shop použije formuláciu „Kúpte teraz a ušetríte 30 %!“ namiesto „Tento produkt stojí len 70 % pôvodnej ceny“, zákazníci vnímajú ponuku atraktívnejšie. Efekt rámcovania sa často využíva v reklamách, pri zobrazovaní zliav a pri marketingovej komunikácii s cieľom zvýšiť vnímanú hodnotu produktu. [2]

Efekt výnimočnosti (scarcity effect) – Produkty prezentované ako obmedzené („Zostáva posledných 5 kusov!“) alebo časovo limitované („Zľava platí už len 3 hodiny!“) vyvolávajú pocit naliehavosti a zvyšujú pravdepodobnosť impulzívneho nákupu. Tento efekt je úzko prepojený s fenoménom FOMO (fear of missing out), kedy zákazníci nechcú premeškať výhodnú ponuku, aj keď produkt pôvodne neplánovali kúpiť. [11]

Efekt sociálneho dôkazu (social proof heuristic) – Spotrebiteľia majú tendenciu nasledovať správanie ostatných. Ak produktvidia ako populárny („Tento produkt si práve kúpilo 500 ľudí“ alebo „Najpredávanejší produkt mesiaca“), majú väčšiu motiváciu ho kúpiť. Tento efekt je obzvlášť silný v prostredí sociálnych sietí a e-shopov, ktoré zobrazujú hodnotenia a recenzie zákazníkov. [4]

Efekt nulových nákladov (zero-cost effect) – Zákazníci majú tendenciu preferovať produkty alebo služby, ktoré sú prezentované ako „zadarmo“ (napríklad „Doprava zdarma pri objednávke nad 50 €“). Aj keď by cena dopravy bola len pár eur, zákazníci sú ochotní nakúpiť viac, aby dosiahli „bezplatnú“ službu. [3]

Efekt známeho mena (brand familiarity heuristic) – Spotrebitelia sú náchylnejší dôverovať značkám, ktoré poznajú, aj keď reálne nemusia byť kvalitnejšie než menej známe alternatívy. E-shopy túto heuristiku využívajú pri budovaní dôvery v nové produkty prostredníctvom spolupráce s influencermi, pozitívnych recenzií a marketingových kampaní. [2]

2. Vplyv dizajnu a užívateľskej skúsenosti (UX) e-shopov

Dizajn e-shopu a jeho používateľská prívetivosť (UX) sú rozhodujúce pre udržanie pozornosti zákazníka a zníženie miery odchodov zo stránky (bounce rate). [5] Kľúčové aspekty zahŕňajú:

Jednoduchosť a intuitívnosť navigácie – Ak sa zákazník rýchlo dostane k informáciám o produkte a môže pohodlne dokončiť objednávku, zvyšuje sa pravdepodobnosť konverzie. Komplikovaný nákupný proces s nadbytočnými krokmi môže spôsobiť frustráciu a opustenie stránky. [7]

Kvalitné obrázky a videá produktov – Výskumy ukazujú, že spotrebitelia sa rozhodujú skôr na základe vizuálnej prezentácie než textových popisov (Pieters & Wedel, 2004). Interaktívne prvky, ako 360° zobrazenie produktu alebo video recenzie, môžu zvýšiť dôveru zákazníkov v kvalitu produktu. [3]

Použitie farieb a psychológie dizajnu – Farby môžu vyvolať rôzne emócie; napríklad červená podporuje impulzívne nákupy, zatiaľ čo modrá vyvoláva dôveru. Niektoré e-shopy testujú rôzne farebné schémy pomocou A/B testovania, aby zistili, ktoré kombinácie prinášajú vyššie konverzie. [4]

3. Sociálne dôkazy a recenzie zákazníkov

Podľa princípu sociálneho dôkazu (social proof) ľudia častejšie robia rozhodnutia na základe správania iných. V e-commerce sa to prejavuje cez: [10]

Recenzie a hodnotenia produktov – 88 % spotrebiteľov dôveruje online recenziám rovnako ako osobným odporúčaniam. [10] E-shopy často používajú verifikované recenzie, aby zvýšili ich dôveryhodnosť.

Počet predaných kusov a označenia popularity – Napríklad frázy „Najpredávanejší produkt“ alebo „Obľúbená voľba zákazníkov“ môžu výrazne zvýšiť predajnosť.

User-Generated Content (UGC) – Obsah vytvorený zákazníkmi, ako sú fotky alebo videorecenzie, môže zvýšiť dôveryhodnosť e-shopu. Mnoho značiek využíva UGC v reklamných kampaniach na sociálnych sieťach. [12]

4. FOMO (Fear of Missing Out) a časovo obmedzené ponuky

FOMO, alebo strach zo zmeškania výhodnej príležitosti, je jedným z najsilnejších psychologických efektov v online nakupovaní. Tento fenomén sa využíva v marketingu prostredníctvom: [11]

- Časovo obmedzených zliav („Zľava končí o 3 hodiny!“)
- Obmedzenej dostupnosti („Zostáva už len 2 kusy na sklade!“)
- Exkluzívnych ponúk pre verných zákazníkov [11]

Výskumy ukazujú, že tieto taktiky môžu zvyšovať impulzívne nákupy a urýchľovať rozhodovanie zákazníkov. [11]

5. Personalizácia ponuky a behaviorálne cielenie

Personalizácia sa stala nevyhnutnou súčasťou moderného e-commerce, pričom vďaka využitiu umelej inteligencie (AI) a analýzy veľkých dát môžu e-shopy prispôbovať obsah jednotlivým zákazníkom. Personalizovaný obsah zvyšuje pravdepodobnosť konverzie a

podporuje lojalitu zákazníkov, pretože sa cítia, že ponuka je šitá na mieru ich potrebám. Medzi najefektívnejšie personalizačné stratégie patria: [6]

Dynamické ceny – Ceny produktov sa môžu meniť podľa dopytu, histórie prehliadania zákazníka, sezónnosti či konkurenčných cien. Napríklad zákazníci, ktorí už viackrát navštívili stránku a prezerali si konkrétny produkt, môžu vidieť ponuku s personalizovanou zľavou, aby ich e-shop motivoval k nákupu. [6]

Personalizované e-maily a reklamy – Napríklad správa typu „Videli ste tento produkt? Teraz ho máte so zľavou 10 %!“ motivuje zákazníka k návratu na stránku. AI dokáže analyzovať predchádzajúce nákupné správanie zákazníkov a posilať im ciele ponuky podľa ich preferencií. [6]

Retargeting reklamy – Ide o zobrazovanie reklám na produkty, ktoré si zákazník predtým prezeral. Ak si napríklad zákazník pozrel konkrétnu topánku, ale neuskutočnil nákup, po odchode z e-shopu mu môžu byť zobrazované reklamy na túto topánku na Facebooku, Instagrame alebo Google Ads. Retargeting reklamy majú vysokú mieru konverzie, pretože oslovujú zákazníkov, ktorí už prejavili záujem o produkt. [6]

Personalizované zľavy a vernostné programy – Zákazníci, ktorí pravidelne nakupujú v e-shope, môžu dostávať špeciálne zľavy na základe svojej nákupnej histórie. Napríklad e-shopy môžu poslať zľavový kód „Ďakujeme, že ste s nami! Získavate 15 % zľavu na váš ďalší nákup.“ [6]

Geolokačné cielenie (Geo-targeting) – E-shopy môžu upravovať svoje ponuky podľa lokality zákazníka. Napríklad ak zákazník nakupuje z krajiny, kde je chladné počasie, e-shop mu môže primárne zobrazovať zimné oblečenie alebo ponúkať špeciálne sezónne akcie. [6]

Psychologické efekty personalizácie

Personalizované odporúčania a ciele reklama využívajú viaceré psychologické mechanizmy na ovplyvnenie spotrebiteľského správania:

Efekt reciprocity – Ak e-shop ponúkne zákazníkovi špeciálnu zľavu len pre neho, zákazník sa môže cítiť zaviazaný a bude mať väčšiu motiváciu uskutočniť nákup. [13]

Efekt potvrdenia (confirmation bias) – Zákazníci majú tendenciu vyberať si produkty, ktoré podporujú ich už existujúce preferencie. Odporúčacie algoritmy tento efekt umocňujú tým, že zákazníkovi zobrazujú produkty podobné tým, ktoré si už kúpili. [14]

Efekt straty (loss aversion) – Personalizované ponuky môžu byť časovo limitované („Táto ponuka platí len 24 hodín!“), čím vytvárajú pocit naliehavosti a motivujú zákazníkov k rýchlemu rozhodnutiu. [15]

Etické aspekty personalizácie a behaviorálneho cielenia

Hoci personalizácia prináša zákazníkovi výhody v podobe relevantnejších ponúk a pohodlnejšieho nakupovania, môže vzbudzovať aj obavy o súkromie a ochranu osobných údajov. Niektorí spotrebiteľia sú skeptickí voči sledovaniu ich online správania a môžu považovať príliš personalizované reklamy za rušivé alebo invazívne. [8]

Regulácie ako GDPR (General Data Protection Regulation) v Európskej únii zaviedli prísnejšie pravidlá na ochranu osobných údajov, pričom e-shopy musia získavať explicitný súhlas zákazníkov na sledovanie ich správania a personalizáciu reklám. Rovnako je dôležité, aby e-shopy transparentne informovali zákazníkov o tom, ako využívajú ich údaje a poskytovali možnosť nastaviť si preferencie týkajúce sa personalizácie. [8]

Personalizácia a behaviorálne cielenie sú silnými nástrojmi, ktoré môžu výrazne zvýšiť predaje a zlepšiť zákaznícku skúsenosť. Správne nastavená personalizácia umožňuje e-shopom efektívnejšie oslovovať zákazníkov a ponúkať im relevantný obsah. Zároveň však musia spoločnosti nájsť rovnováhu medzi personalizáciou a ochranou súkromia, aby si získali a udržali dôveru zákazníkov. [8]

Tento teoretický prehľad ukazuje, že psychológia hrá kľúčovú úlohu v online nakupovaní. V ďalšej časti článku sa pozrieme na konkrétne výskumy a prípadové štúdie, ktoré dokazujú, ako tieto faktory ovplyvňujú rozhodovanie zákazníkov v praxi. [8]

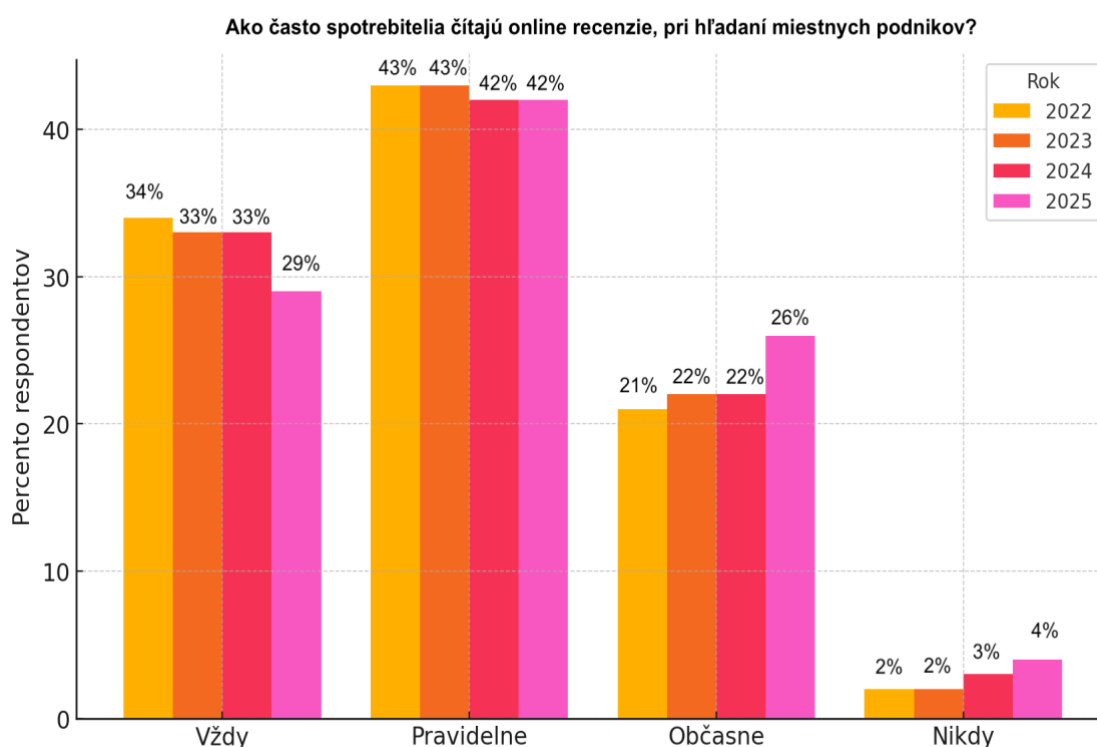
Výsledky sekundárnych výskumov a prípadové štúdie

Výskumy v oblasti e-commerce a psychológie spotrebiteľského správania dokazujú, že rozhodovanie zákazníkov je ovplyvnené širokou škálou faktorov, od vizuálneho dizajnu webu až po recenzie a personalizované odporúčania. Táto časť článku sa zameriava na empirické štúdie, ktoré analyzujú, ako jednotlivé psychologické faktory ovplyvňujú nákupné rozhodovanie.

1. Vplyv recenzií a sociálneho dôkazu na konverzie

Viacere štúdie potvrdili, že recenzie majú zásadný vplyv na dôveru zákazníkov a ich rozhodnutie o nákupe.

Výskum spoločnosti BrightLocal ukázal, že až 88 % spotrebiteľov dôveruje online recenziám rovnako ako osobným odporúčaniam. [10]



Obrázok 1 Výskum BrightLocal (2025), Zdroj: vlastné spracovanie (2025)

Prípadová štúdia Booking.com: Booking.com využíva sociálny dôkaz vo forme upozornení ako „Tento hotel si práve rezervovalo 5 ľudí“ alebo „Posledná dostupná izba!“. Táto stratégia zvyšuje pravdepodobnosť okamžitého rozhodnutia a minimalizuje odklad nákupu. [9]

Výsledky týchto štúdií naznačujú, že transparentnosť a pozitívne hodnotenia môžu výrazne zlepšiť predajnosť produktov v e-shopoch.

2. Efekt kotvy a psychológia cien v praxi

Efekt kotvy (anchoring effect) hrá dôležitú úlohu pri vnímaní cien spotrebiteľmi. [16]

Arielyho experiment ukázal, že ak zákazníkom najskôr zobrazíme vyššiu cenu (napr. „pôvodná cena: 100 €“), budú ochotnejší akceptovať zľavnenú cenu (napr. „teraz len 75 €“), aj keď ide o marketingový trik. [17]

Štúdia od autorov Kim & Kim analyzovala efekt kotvy v 30 e-shopoch a zistila, že produkty, ktoré prezentovali „pôvodnú“ a „aktuálnu“ cenu, mali o 35 % vyššiu mieru nákupov než produkty bez zľavneného vizuálu. [18]

Prípadová štúdia Amazon: Amazon bežne používa efekt kotvy tým, že uvádza „bežnú cenu“ vedľa aktuálnej zľavnenej ceny. Táto taktika zvyšuje vnímanú hodnotu produktu a podporuje rozhodnutie o nákupe. [19]

Z týchto zistení vyplýva, že správne nastavenie cenovej stratégie a jej vizuálna prezentácia môžu pozitívne ovplyvniť predajnosť produktov.

3. FOMO a vplyv časovo obmedzených ponúk

FOMO (fear of missing out) je psychologický fenomén, ktorý spôsobuje, že spotrebiteľia konajú impulzívne, ak majú pocit, že môžu stratiť výhodnú ponuku. [11]

Štúdia autorov Dhara & Nowlisa zistila, že keď bol produkt označený ako „dostupný len do polnoci“, jeho predaj vzrástol o 42 % v porovnaní s produktmi bez časového obmedzenia. [20]

Experiment Kristoffersona a kolektívu ukázal, že online nakupujúci sú o 30 % ochotnejší kúpiť produkt, ak vidia frázu „Zostáva posledných 5 kusov!“. [21]

Výsledky ukazujú, že strategické použitie časovo obmedzených ponúk dokáže zvýšiť impulzívne nákupy a podporiť okamžitú konverziu.

4. Personalizovaný marketing a jeho vplyv na vernosť zákazníkov

Personalizácia ponuky na základe správania zákazníkov sa stala neoddeliteľnou súčasťou moderného e-commerce.

Výskum spoločnosti Accenture ukázal, že až 91 % zákazníkov je ochotných nakupovať u značiek, ktoré im poskytujú personalizované odporúčania. [22]

Prípadová štúdia Netflix a Spotify: Hoci nejde o e-shopy, Netflix a Spotify využívajú personalizované odporúčania na udržanie zákazníkov. Rovnaký princíp aplikujú e-shopy, ako napríklad Zalando alebo About You, ktoré zobrazujú personalizované produktové návrhy na základe histórie prehliadania. [23], [24], [25], [26]

Dáta naznačujú, že správne nastavená personalizácia môže zvýšiť lojalitu zákazníkov a opakované nákupy.

5. Gamifikácia ako stratégia zvyšovania zapojenia zákazníkov

Gamifikácia je technika, ktorá využíva herné prvky na zvýšenie angažovanosti zákazníkov.

Výskum Hamariho a kolektívu ukázal, že zákazníci sú o 26 % viac motivovaní k nákupu, ak je nákupná skúsenosť prepojená s hernými prvkami, ako sú vernostné body alebo odmeny. [27]

Prípadová štúdia Starbucks Rewards: Starbucks používa gamifikovaný vernostný program, v ktorom zákazníci zbierajú hviezdičky za nákupy a získavajú odmeny. Táto stratégia zvyšuje frekvenciu nákupov a lojalitu zákazníkov. [28]

Gamifikácia sa tak ukazuje ako efektívny nástroj na zvyšovanie zákazníckej aktivity a udržanie ich pozornosti v e-shopoch.

Výsledky výskumov a prípadových štúdií ukazujú, že psychologické faktory zohrávajú zásadnú úlohu v online nakupovaní. Sociálny dôkaz, efekt kotvy, FOMO, personalizácia a gamifikácia sú silnými nástrojmi, ktoré dokážu ovplyvniť rozhodovanie zákazníkov a zvýšiť

predajnosť produktov. Nasledujúca časť článku sa bude venovať diskusii o praktických aplikáciách týchto poznatkov v e-commerce a možných etických otázkach.

Diskusia

Psychológia spotrebiteľského správania v e-commerce je komplexný fenomén, v ktorom zohrávajú úlohu rôzne kognitívne procesy, emócie a behaviorálne vzorce. Výsledky výskumov a prípadových štúdií naznačujú, že strategické využitie psychologických efektov, ako sú sociálny dôkaz, efekt kotvy, FOMO či personalizácia, môže výrazne zvýšiť mieru konverzie a lojalitu zákazníkov. V tejto časti diskutujeme o praktických implikáciách týchto poznatkov, ako aj o etických otázkach súvisiacich s ich využívaním v online marketingu. [11] [27]

1. Ako môžu e-shopy využiť psychológiu na zvýšenie predaja?

Z výskumov vyplýva niekoľko odporúčaní, ktoré môžu e-shopy implementovať na optimalizáciu svojich marketingových stratégií:

Transparentné a pozitívne recenzie – Keďže spotrebiteľia sa pri rozhodovaní spoliehajú na sociálny dôkaz, e-shopy by mali aktívne podporovať hodnotenie produktov, zobrazovať reálne recenzie a využívať UGC (user-generated content), ako sú fotografie zákazníkov. [10]

Vhodná cenová stratégia – Efekt kotvy ukazuje, že správna prezentácia cien (napr. pôvodná vs. zľavnená cena) dokáže zmeniť vnímanie hodnoty produktu a podporiť impulzívne rozhodovanie. [3]

Časovo obmedzené ponuky a limitované zásoby – FOMO efekt je silným motivátorom k rýchlemu rozhodovaniu. E-shopy môžu využívať upozornenia ako „Zostáva posledných 5 kusov“ alebo „Zľava platí len dnes“, čím zvyšujú tlak na okamžitý nákup. [11]

Personalizácia a odporúčania – Algoritmy e-shopov môžu na základe predchádzajúcich nákupov a správania zákazníkov ponúkať personalizované produkty, čím zvyšujú pravdepodobnosť ďalšieho nákupu. [6]

Gamifikácia a vernostné programy – Motivovanie zákazníkov prostredníctvom zbierania bodov, odmien a interaktívnych prvkov môže viesť k vyššej miere zapojenia a opakovaných nákupov. [27] [28]

Tieto faktory môžu prispieť k efektívnejšej optimalizácii predajných procesov a lepšiemu zákazníckemu zážitku.

2. Možné riziká a etické otázky psychologických stratégií v e-commerce

Aj keď psychológia spotrebiteľského správania môže byť silným nástrojom na podporu predaja, jej využívanie prináša aj určité riziká a etické dilemy:

Manipulatívne cenové stratégie – Príliš agresívne využívanie efektu kotvy alebo dynamického oceňovania môže viesť k strate dôvery zákazníkov. Napríklad umelé nafukovanie „pôvodnej ceny“ pred zľavou môže byť vnímané ako neetické. [3]

FOMO a tlak na impulzívne nakupovanie – Aj keď časovo obmedzené ponuky zvyšujú predaj, môžu u zákazníkov vyvolávať stres a podporovať nezodpovedné finančné rozhodovanie. Etické e-shopy by mali zabezpečiť, že takéto ponuky nie sú zavádzajúce. [11]

Zneužitie personalizácie a ochrana osobných údajov – Hoci zákazníci oceňujú personalizované odporúčania, nadmerné sledovanie ich správania môže pôsobiť invázívne. GDPR a ďalšie regulácie zaviedli opatrenia na ochranu spotrebiteľských dát, ktoré musia e-shopy dodržiavať. [6]

Sociálny dôkaz a falošné recenzie – Niektoré e-shopy používajú neautentické recenzie na zvýšenie dôveryhodnosti produktov. Takéto praktiky môžu viesť k zavádzaniu zákazníkov a dlhodobo poškodiť reputáciu značky. [10]

E-shopy by preto mali zodpovedne vyvažovať marketingové stratégie tak, aby využívali psychologické faktory eticky a transparentne. Dlhodobá dôvera zákazníkov je dôležitejšia než krátkodobé zisky. [10]

3. Budúcnosť psychológie spotrebiteľského správania v e-commerce

Technologické inovácie a rastúca úloha umelej inteligencie (AI) v e-commerce naznačujú, že psychológia spotrebiteľského správania sa bude neustále vyvíjať. Niektoré trendy, ktoré môžu v budúcnosti zohrávať významnú úlohu, zahŕňajú: [1]

Pokročilá personalizácia pomocou AI – Algoritmy budú čoraz presnejšie analyzovať preferencie zákazníkov a ponúkať hyperpersonalizované nákupné skúsenosti. [1]

Virtuálna realita a rozšírená realita v e-commerce – Možnosť „vyskúšať si“ produkty v digitálnom prostredí (napr. oblečenie, nábytok) môže zvýšiť dôveru zákazníkov a znížiť mieru vrátenia tovaru. [19]

Väčší dôraz na etické a udržateľné nakupovanie – Spotrebiteľia sú čoraz viac citliví na hodnoty značiek, ekologické aspekty a transparentnosť obchodov. E-shopy, ktoré zohľadnia tieto faktory, môžu získať konkurenčnú výhodu. [2] [3]

Regulácie a ochrana spotrebiteľov – Očakáva sa, že legislatíva v oblasti digitálneho marketingu a ochrany osobných údajov bude čoraz prísnejšia, čo môže ovplyvniť stratégie e-commerce. [6]

Výskumy ukazujú, že psychologické faktory zohrávajú zásadnú úlohu pri formovaní spotrebiteľského správania v online prostredí. E-shopy môžu efektívne využívať stratégie založené na sociálnom dôkaze, cenových heuristikách, FOMO efekte a personalizácii, aby zvýšili svoje konverzné miery. Zároveň je však dôležité, aby tieto techniky boli aplikované transparentne a eticky, čím si predajcovia zabezpečia dlhodobú dôveru zákazníkov. [11]

S rozvojom technológií, umelej inteligencie a zmien v legislatíve sa psychológia online nakupovania bude naďalej vyvíjať. Firmy, ktoré pochopia a správne implementujú tieto psychologické princípy, získajú významnú konkurenčnú výhodu v digitálnom prostredí.

Záver

Psychológia spotrebiteľského správania zohráva kľúčovú úlohu v e-commerce a významne ovplyvňuje nákupné rozhodovanie zákazníkov. Na základe výsledkov výskumov a prípadových štúdií možno konštatovať, že faktory ako sociálny dôkaz, efekt kotvy, FOMO, personalizácia ponuky a gamifikácia sú účinnými nástrojmi na zvýšenie konverzií a zákazníckej lojality v online prostredí.

Jedným z najdôležitejších zistení je, že zákazníci sa pri rozhodovaní spoliehajú na recenzie, hodnotenia a odporúčania ostatných spotrebiteľov. Kvalitná vizuálna prezentácia, intuitívny dizajn e-shopu a dobre nastavené cenové stratégie dokážu významne ovplyvniť ich vnímanie hodnoty produktov. Taktiež časovo obmedzené ponuky a prvky personalizovaného marketingu môžu urýchliť nákupné rozhodnutia a podporiť impulzívne nakupovanie.

Na druhej strane, využívanie psychologických stratégií v e-commerce prináša aj etické výzvy. Zavádzajúce recenzie, agresívne cenové manipulácie či neetické využívanie FOMO efektu môžu poškodiť dôveru zákazníkov a dlhodobo ovplyvniť reputáciu e-shopu. Preto je dôležité, aby podniky aplikovali psychologické princípy zodpovedne a v súlade s etickými normami.

S rastúcim významom umelej inteligencie, pokročilej personalizácie a nových technológií sa spotrebiteľské správanie bude naďalej vyvíjať. Budúce výskumy by sa mohli zamerať na hlbšiu analýzu efektivity jednotlivých psychologických techník, ich vplyv na dlhodobé zákaznícke vzťahy a na hľadanie rovnováhy medzi efektívnosťou marketingu a ochranou spotrebiteľa.

Psychológia v e-commerce tak ponúka nielen široké možnosti pre optimalizáciu predajných stratégií, ale zároveň kladie otázky o etike digitálneho marketingu a jeho vplyve na správanie moderného spotrebiteľa

Literatúra

- [1] LAITKEP, D. (2020). Kľúčové faktory ovplyvňujúce proces nákupu mužov v prostredí e-commerce. Pošta, Telekomunikácie a Elektronický obchod [Internet]. 2020 Mar [cit. 2025-03-15]; s. 50–58. Dostupné na: https://www.researchgate.net/publication/341360281_KLUCOVE_FAKTORY_OVPLYVNUJUCE_PROCES_NAKUPU_MUZOV_V_PROSTREDI_E-COMMERCE
- [2] KOTLER, P. a KELLER, K. L. Marketing Management. 15. vyd. Pearson Education, 2016.
- [3] SOLOMON, M. R. Consumer Behavior: Buying, Having, and Being. 12. vyd. Pearson Education, 2018.
- [4] PELSMACKER, P., GEUENS, M. a VAN DEN BERGH, J. Marketing Communications: A European Perspective. 6. vyd. Pearson Education, 2017.
- [5] CIBÁKOVÁ, V. a BARTÁKOVÁ, G. Základy marketingu. Iura Edition, 2007.
- [6] BLOOMREACH. AI Personalization: 5 Examples and Business Challenges [online]. Bloomreach, 2023 [cit. 2025-03-15]. Dostupné na: <https://www.bloomreach.com/en/blog/ai-personalization-5-examples-business-challenges>
- [7] JAKUBÍKOVÁ, D. Strategický marketing – stratégie a trendy. Grada Publishing, 2008.
- [8] Copymate. Behaviorálny marketing – personalizácia komunikácie na základe správania používateľov [online]. 27. februára 2024 [cit. 15. marca 2025]. Dostupné na: <https://copymate.app/sk/blog/multi/behavioralny-marketing-personalizacia-komunikacie-na-zaklade-spravania-pouzivatelov/>
- [9] BOOKING.COM. Booking.com – Online hotel reservations [online]. 2025 [cit. 2025-03-15]. Dostupné na: <https://www.booking.com/>
- [10] BRIGHTLOCAL. (2025). Local Consumer Review Survey [Internet]. 2025 Jan [cit. 2025-03-16]. Dostupné na: <https://www.brightlocal.com/research/local-consumer-review-survey/>
- [11] PRZYBYLSKI, A. K., MURAYAMA, K., DEHAAN, C. R., & GLADWELL, V. (2013). Motivational, Emotional, and Behavioral Correlates of Fear of Missing Out. Computers in Human Behavior [Internet]. 2013 Jul [cit. 2025-03-16]; 1841–1848. Dostupné na: https://www.researchgate.net/publication/236260708_Motivational_Emotional_and_Behavioral_Correlates_of_Fear_of_Missing_Out
- [12] RANKTRACKER. The Impact of Google Reviews on Consumer Trust and Purchase Decisions [online]. Ranktracker, 2024 [cit. 2025-03-16]. Dostupné na: <https://www.ranktracker.com/blog/the-impact-of-google-reviews-on-consumer-trust-and-purchase-decisions/>
- [13] HINDS, P. J. The Psychology of Consumer Decision Making in E-Commerce. Journal of Retailing and Consumer Services [online]. 2006 [cit. 2025-03-16]. Dostupné na: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1574071406010062>
- [14] ELSEVIER. Confirmation Bias [online]. ScienceDirect, 2025 [cit. 2025-03-16]. Dostupné na: <https://www.sciencedirect.com/topics/neuroscience/confirmation-bias>
- [15] BEHAVIORAL ECONOMICS. Loss Aversion - Mini Encyclopedia of Behavioral Economics [online]. 2025 [cit. 2025-03-17]. Dostupné na: <https://www.behavioraleconomics.com/resources/mini-encyclopedia-of-be/loss-aversion/>

- [16] FURNHAM, A., BOO, H. C. A literature review of the anchoring effect. *The Journal of Socio-Economics* [online]. 2011, 40(1), 35-42 [cit. 2025-03-17]. ISSN 1053-5357. Dostupné na: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1053535710001411>
- [17] ARIELY, D. *Predictably Irrational: The Hidden Forces That Shape Our Decisions*. HarperCollins [online]. 2008 [cit. 2025-03-17]. ISBN 978-0061353246. Dostupné na: <https://psycnet.apa.org/record/2008-04432-000>
- [18] KIM & KIM Social media influencers as human brands: An interactive marketing perspective. *Journal of Interactive Marketing* [online]. 2022, 45, s. 16–27 [cit. 2025-03-18]. Dostupné na: https://www.researchgate.net/publication/358339626_Social_media_influencers_as_human_brands_an_interactive_marketing_perspective
- [19] AMAZON.COM. Plastic Stackable Containers - Collapsible Organizers [online]. Amazon, 2025 [cit. 2025-03-18]. Dostupné na: <https://www.amazon.com/dp/B0CHRP96MS>
- [20] DHAR, R., NOWLIS, S. M. The Effect of Time Pressure on Consumer Choice Deferral. *Journal of Consumer Research* [online]. 1999, 25(4), 369–384 [cit. 2025-03-18]. Dostupné na: <https://academic.oup.com/jcr/article-abstract/25/4/369/1785876>
- [21] KRISTOFFERSON, K., McFERRAN, B., MORALES, A. C. a DAHL, D. The Dark Side of Scarcity Promotions: How Exposure to Limited-Quantity Promotions Can Induce Aggression. *Journal of Consumer Research* [online]. 2017, 44(5), 000–000 [cit. 2025-03-18]. Dostupné na: https://www.researchgate.net/publication/308740940_The_Dark_Side_of_Scarcity_Promotions_How_Exposure_to_Limited-Quantity_Promotions_Can_Induce_Aggression
- [22] ACCENTURE. Future of Work: Reimagining the workforce for a post-pandemic world. Accenture [online]. 2022 [cit. 2025-03-18]. Dostupné na: <https://www.accenture.com/us-en/insights/consulting/future-work>
- [23] NETFLIX. Netflix [online]. ©1997-2024. [Cit. 18. 03. 2025]. Dostupné na: <https://www.netflix.com>
- [24] SPOTIFY. Spotify [online]. ©2008-2024. [Cit. 18. 03. 2025]. Dostupné na: <https://www.spotify.com>
- [25] ZALANDO. Zalando [online]. ©2008-2024. [Cit. 18. 03. 2025]. Dostupné na: <https://www.zalando.com>
- [26] ABOUT YOU. About You [online]. ©2014-2024. [Cit. 18. 03. 2025]. Dostupné na: <https://www.aboutyou.com>
- [27] GUNAWAN, F., & NOVENDRA, R. (2019). Gamification analysis and implementation in online learning. *Journal of Physics: Conference Series*, 1402(7), 077004. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1402/7/077004>
- [28] STARBUCKS. (N.D.). Starbucks Rewards. Retrieved March 2025, from <https://www.starbucks.com/rewards>



PRIMARY RESEARCH AND CONTENT ANALYSIS OF CURRENT EMPLOYER EXPECTATIONS

Rebecca Neumannová¹, Katarína Repková Štofková²

Abstract: This paper examines the evolving landscape of digital competency requirements within the Slovak labor market. The primary objective is to identify and categorize specific digital skills. The research methodology is based on a quantitative content analysis of 384 job advertisements from major recruitment platforms.

Keywords: Digital Skills Gap, Labor Market, Slovakia, Employer Requirements, Digital Transformation

Introduction

Digital competencies constitute a fundamental pillar of the modern digital economy and society. The level of these skills directly influences the capacity of individuals, enterprises, and public institutions to adapt to technological changes, implement digital innovations, and operate effectively in an environment driven by data and connectivity. To quantify these capabilities, the European Commission developed the Digital Economy and Society Index (DESI), a complex analytical tool that enables the monitoring and benchmarking of digital progress across European Union member states. The index evaluates national performance through four primary dimensions: Connectivity, Human Capital, Integration of Digital Technology, and Digital Public Services. Since 2023, DESI has been integrated into the Digital Decade report, monitoring progress toward the EU's 2030 digital targets [1].

This study places particular emphasis on the second dimension - Human Capital. This category encompasses the digital proficiency of the general population and IT professionals, factors that are critical for strategic business management, innovation capacity, and economic competitiveness. Current data indicates that Slovakia faces significant challenges in this area. Since 2021, the share of citizens with at least basic digital skills has declined from 55 % to 51%, widening the gap with the EU average. Furthermore, in advanced digital skills, Slovakia reaches only 22%, falling short of the EU average of 27% and its own 2030 target of 30% [2,3].

The primary aim of this paper is to investigate the current demand for digital proficiency within the Slovak labor market through a quantitative content analysis of 384 job advertisements. By utilizing the European Digital Competence Framework (DigComp 2.2), this research seeks to delineate how digital requirements vary across key economic sectors - including manufacturing, ICT, and services and according to organization size. The resulting empirical data serves as a foundation for optimizing business models and bridging the divide between academic preparation and market expectations in the digital economy [4,5].

¹ Ing. Rebecca Neumannová, Internal PhD. Student, Department of Communications, Faculty of Operation and Economics of Transport and Communications, University of Žilina, Univerzitná 8215/1, 010 26 Žilina, neumannova1@stud.uniza.sk

² doc. Ing. Katarína Repková Štofková, PhD., Department of Communications, Faculty of Operation and Economics of Transport and Communications, University of Žilina, Univerzitná 8215/1, 010 26 Žilina, katarina.repkova@fpedas.uniza.sk

Research Objectives and Problem Definition

The primary aim of this paper is to investigate the current demand for digital proficiency within the Slovak labor market. The research specifically focuses on the "competency gap", the persistent misalignment between the sophisticated requirements of the digital transformation era and the actual skill sets possessed by job seekers. This disparity is identified as a significant bottleneck, obstructing the seamless adoption of Industry 4.0 standards, and undermining the overall competitive edge of domestic enterprises.

Beyond identifying general trends, this study seeks to delineate how digital requirements vary across key economic sectors (including manufacturing, services, ICT, and commerce) and according to organization size. The resulting empirical data serves as a foundation for a comprehensive research framework dedicated to optimizing business models for the digital economy.

Methodology and Data Acquisition

This study employs a quantitative research design, utilizing systematic observation and rigorous content analysis of job vacancies. The data collection phase was conducted between July 15 and September 22, 2025, targeting a randomized selection of prominent recruitment portals active in the Slovak Republic.

To maintain theoretical and terminological rigor, the European Digital Competence Framework (DigComp 2.2) was adopted as the primary reference for skill categorization. Requirements were systematically coded into five core competency areas and further segmented into two distinct proficiency tiers:

- **Foundational Digital Literacy:** Representing the baseline requirements for participation in the digital workforce. This tier encompasses information management (e.g., productivity suites like MS Office or Google Workspace), digital collaboration (e.g., MS Teams, Slack), basic content generation, and essential cybersecurity protocols (e.g., GDPR compliance).
- **Strategic Digital Competencies:** Representing advanced skills necessary for driving organizational transformation. This includes complex problem-solving via digital tools (e.g., ERP systems, Power BI, Python), process automation (AI, Cloud computing, RPA), advanced cyber-defenses, and strategic digital leadership.

Statistical Validity and Sampling

To ensure the representativeness of the findings given the vast population of total job advertisements, the required sample size (n) was determined using Cochran's Formula:

$$n = \frac{Z^2 \cdot p(1 - p)}{E^2}$$

The calculation utilized a confidence level of 95% ($Z=1,96$), an estimated population proportion of $p=0,5$ (to account for maximum variability), and a 5% margin of error ($E=0,05$). Consequently, the minimum threshold for a statistically significant sample was established at $n=384$ postings, providing a reliable reflection of market trends with a $\pm 5\%$ precision.

Analytical Framework

The extracted data underwent systematic coding and was processed using Microsoft Excel. The analysis leveraged descriptive statistics to evaluate the frequency and distribution of specific digital competencies, allowing for a comparative study across various industries and enterprise scales. This research was conducted independently by the authors and was entirely self-funded.

Results

Data Sources for Primary Research via Recruitment Platforms

The initial phase of the primary research involved a systematic selection of recruitment platforms to ensure a diversified and representative sample of the Slovak labor market. As illustrated in Table 1, the data corpus was constructed to capture a wide array of economic segments, ranging from traditional industrial hubs to specialized technological niches. The primary objective was to achieve a balanced dataset reflecting the requirements of various economic sectors and enterprise sizes.

Table 1 Distribution of primary data sources

PLATFORM NAME	PLATFORM TYPE	NUMBER OF ANALYZED JOB POSTINGS	TARGET SECTORS	DATA ACCESS METHOD
PROFESIA.SK	National platform	150	Manufacturing, Services, Administration	Manual filtering and coding of postings
LINKEDIN JOBS	International platform	80	IT, Management, Finance	Export and categorization of positions by sector
PRACUJ.SK	National platform	70	Trade, Marketing, Logistics	Text analysis of job advertisements
KARIÉRA.SK	National platform	50	Industry, Manufacturing, Services	Manual data collection
JOOBLE.SK	Aggregation platform	34	Various sectors	Automated observation
TOTAL		384		

Source: Own processing based on systematic observation of job advertisements on recruitment platforms in the Slovak Republic between July 15 and September 22, 2025

The largest share of data originated from Profesia.sk (39%), which serves as the dominant benchmark for national labor trends in Slovakia, particularly in manufacturing, services, and administration. This was strategically supplemented by LinkedIn Jobs, which provided insights into high-tier managerial and specialized ICT positions requiring advanced digital competencies such as AI, data analytics, and cloud computing. To ensure a holistic view, portals such as Pracuj.sk, Kariéra.sk, and Jooble.sk were integrated into the research. These platforms expanded the database to include a higher representation of Small and Medium-sized Enterprises (SMEs), thereby enabling a robust comparative analysis of digitalization requirements across different size categories.

Ultimately, the total number of analyzed job postings was established at 384. This sample size was determined through a statistically representative calculation, ensuring a 95% confidence interval with a 5% margin of error, thus providing a reliable empirical foundation for the subsequent analysis of the digital skills gap.

The research evaluated the demand for digital proficiency through two primary lenses: economic sector and enterprise scale. As detailed in Table 2 (see on page 4), the findings illustrate how digital requirements are structurally distributed across the Slovak labor market.

Table 2 Sectoral vacancies by organization size

SECTOR	SMALL ENTERPRISES	MEDIUM ENTERPRISES	LARGE ENTERPRISES	TOTAL	SHARE (IN %)
IT SECTOR	22	35	41	98	25,5 %
INDUSTRY AND MANUFACTURING	28	46	36	110	28,6 %
TRADE AND SERVICES	25	30	25	80	20,8 %
FINANCE AND BANKING	10	26	30	66	17,2 %
LOGISTICS AND TRANSPORT	8	12	10	30	7,8 %
TOTAL	93	149	142	384	100 %

Source: Own processing based on systematic observation of job advertisements on recruitment platforms in the Slovak Republic between July 15 and September 22, 2025

The analysis indicates that the Manufacturing and Industry sector remains the largest contributor to job vacancies (28,6%). This segment acts as a primary driver of digitalization, where requirements are increasingly shaped by Industry 4.0 standards. It is closely followed by the ICT sector (25,5%), which is characterized by a high concentration of roles requiring advanced technical expertise, including programming, cloud architecture, and cybersecurity. In the Trade and Services sector (20,8%), digitalization manifests through the automation of sales and customer-centric platforms (CRM and e-commerce), while the Financial and Banking sector (17,2%) prioritizes data analytics and Business Intelligence (BI). Although Logistics and Transport represents the smallest share (7,8%), a gradual shift toward intelligent warehouse and route optimization systems is evident.

A significant finding of this study is the high concentration of demand within larger organizational structures. Medium (39%) and large enterprises (37%) collectively generate 76% of the analyzed postings. This suggests that the "digitalization momentum" is predominantly driven by entities with the capital capacity and strategic infrastructure necessary to implement complex digital transformations, such as ERP system administration and large-scale process automation.

In contrast, small enterprises account for 24% of the total sample. Their demand remains more conservative, focusing largely on foundational digital competencies, including office productivity tools (MS Office), online communication, and basic e-shop administration. This disparity underscores a significant gap in digital maturity: while larger corporations pursue transformative, data-driven strategies, smaller firms remain in a transitional phase, focusing on essential operational digitalization.

Main Part of Primary Research on Recruitment Platforms

The granularity of digital requirements varies significantly across industries, as detailed in Table 3 (see page 5). The ICT sector displays a near-saturation of demand for advanced technical skills (92%) and cybersecurity (75%), highlighting its role as the technological vanguard.

Table 3 Matrix of digital skill requirements by industry (in %)

SECTOR	BASIC DIGITAL SKILLS	ADVANCE D DIGITAL SKILLS (BI, AI, CLOUD)	CYBERSE CURITY AND DATA	DIGITAL COMMUNIC ATION (CRM, ERP)	AUTOMAT ION AND ROBOTICS
IT SECTOR	45%	92%	75%	65%	40%
INDUSTRY AND MANUFACTURING	70%	50%	25%	60%	65%
TRADE AND SERVICES	85%	40%	20%	70%	15%
FINANCE AND BANKING	60%	80%	70%	55%	25%
LOGISTICS AND TRANSPORT	75%	45%	30%	50%	35%

Source: Own processing based on systematic observation of job advertisements on recruitment platforms in the Slovak Republic between July 15 and September 22, 2025

As evidenced by Table 4, there is a linear correlation between the size of an enterprise and the complexity of required digital competencies. Small enterprises predominantly seek "Foundational Literacy" (88%), with negligible requirements for AI or advanced data analytics (10 - 12%).

Table 4 Proficiency levels relative to enterprise size

ENTERPRISE SIZE	BASIC SKILLS	ADVANCED TECHNICAL SKILLS	DIGITAL MANAGEMEN T (ERP, CRM, BI)	AI AND DATA ANALYTICS	CYBERSE CURITY
SMALL ENTERPRISES	88%	25%	35%	10%	12%
MEDIUM ENTERPRISES	75%	45%	55%	20%	25%
LARGE ENTERPRISES	60%	70%	80%	40%	45%

Source: Own processing based on systematic observation of job advertisements on recruitment platforms in the Slovak Republic between July 15 and September 22, 2025

In contrast, the Manufacturing sector exhibits a specialized demand profile where "Automation and Robotics" (65%) outpaces general "Advanced Digital Skills" (50%), reflecting the sector's focus on physical-digital integration. The Finance and Banking sector shows a high correlation between advanced analytics (80%) and data security (70%), emphasizing the sector's reliance on Business Intelligence and risk management.

Table 5 (see page 6) synthesizes the relationship between industry type and company size, acting as a proxy for the "digitalization index" of the Slovak economy. The IT and Finance sectors emerge as leaders in digital adoption regardless of company size. However, the most profound "digital divide" is observed in Trade, Services, and Logistics, where small firms significantly lag their larger counterparts. This disparity underscores the need for size-adaptive business models that facilitate digital entry for smaller market players.

Table 5 Digitalization density matrix (sector vs. size)

SECTOR	SMALL ENTERPRISES	MEDIUM ENTERPRISES	LARGE ENTERPRISES
IT SECTOR	65%	80%	95%
INDUSTRY AND MANUFACTURING	30%	55%	75%
TRADE AND SERVICES	25%	40%	60%
FINANCE AND BANKING	50%	70%	85%
LOGISTICS AND TRANSPORT	35%	45%	65%

Source: Own processing based on systematic observation of job advertisements on recruitment platforms in the Slovak Republic between July 15 and September 22, 2025

The "Digital Leap" occurs in the transition to medium and large enterprises, where requirements for Digital Management (ERP, CRM, BI) jump to 55% and 80%, respectively. This data confirms that large-scale organizations have moved beyond basic productivity tools toward strategic, data-driven management ecosystems.

The final analysis, presented in Table 6, categorizes the findings according to the standardized DigComp 2.2 framework. The results indicate a "pyramid structure" of skills:

1. **The Base:** Information and Data Literacy (72%) remains the most universal requirement.
2. **The Middle:** Communication and Content Creation (65% and 43%) are standard for administrative and marketing roles.
3. **The Apex:** Problem Solving and Safety (37% and 21%) represent the specialized tier.

Table 6 Frequency of digital areas according to DigComp 2.2

DIGITAL AREA (DIGCOMP)	DESCRIPTION	INCIDENCE RATE (IN %)	MOST FREQUENTLY REQUESTED SKILLS
INFORMATION AND DATA LITERACY	Working with digital information and data	72%	MS Office, Excel, Google Workspace
COMMUNICATION AND COLLABORATION	Digital communication, CRM, and collaboration	65%	Teams, Outlook, Slack, CRM systems
DIGITAL CONTENT CREATION	Working with documents, presentations, and content	43%	WordPress, PowerPoint, Canva
SAFETY	Data protection and cybersecurity	21%	GDPR, password management, antivirus systems
PROBLEM SOLVING	Digital innovations, data analysis, automation	37%	ERP, Power BI, Python, SQL

Source: Own processing based on systematic observation of job advertisements on recruitment platforms in the Slovak Republic between July 15 and September 22, 2025

The relatively low emphasis on Safety (21%) is a critical finding, suggesting a "security awareness gap" in the Slovak labor market, which could pose long-term risks for national digital resilience.

Discussion

The empirical evidence gathered from the content analysis of Slovak job advertisements confirms a deepening structural imbalance in the labor market. While employer expectations are rapidly advancing toward the "Strategic Tier" of digital proficiency, the general workforce development (as indicated by the DESI index) appears to be stagnating or even declining.

- **The Sectoral Divide (Digital Dualism):** Our research identifies a clear "double speed" digital economy in Slovakia. On one hand, the ICT and Finance sectors are already operating within the paradigms of Industry 4.0, requiring sophisticated skills in AI and cloud architecture. On the other hand, traditional sectors like Manufacturing and Trade are still struggling to bridge the gap in foundational information literacy.
- **SMEs as a Vulnerable Segment:** A critical observation is the "readiness gap" in Small and Medium-sized Enterprises (SMEs). With only 12% of SME job postings requiring advanced data analytics compared to 44% in large corporations, there is a significant risk that smaller firms will be excluded from the benefits of digital transformation due to a lack of human capital.
- **The Security Awareness Deficit:** Despite the rising frequency of cyber threats, the area of "Safety" (according to DigComp 2.2) remains underrepresented in job requirements (21%). This suggests that Slovak employers may be underestimating the importance of cybersecurity as a cross-cutting competency, focusing instead on immediate operational productivity.

Conclusion

This study provides a comprehensive mapping of the digital skills demand in the Slovak Republic, utilizing a representative sample of 384 job vacancies across various economic sectors. The findings confirm that digital competency has transitioned from a specialized asset to a universal prerequisite for labor market participation.

The research successfully identified that enterprise size and sectoral affiliation are the primary determinants of digital requirement complexity. Large enterprises in technologically intensive industries act as the main drivers of digital innovation, while the SME sector remains focused on basic operational tools. The "mismatch" identified between market needs and the actual proficiency of the workforce (as highlighted by the decline in basic skills to 51% in recent DESI reports) represents a significant barrier to Slovakia's long-term economic resilience and its competitive position within the European Digital Decade 2030 framework.

Recommendations

Based on the empirical findings and subsequent analysis, the following strategic recommendations are proposed:

- **Alignment with DigComp 2.2 Framework:** Educational institutions and vocational training providers should harmonize their curricula with the European Digital Competence Framework. This shift should move beyond teaching specific software (e.g., MS Excel) toward fostering broader digital problem-solving and critical data management.
- **Targeted Upskilling for SMEs:** Policymakers should design, and fund digital transition programs specifically tailored for Small and Medium-sized Enterprises. These programs should focus on lowering the barrier to entry for advanced tools like CRM, ERP, and basic data analytics.
- **Cross-Sectoral Cybersecurity Integration:** Cybersecurity should be promoted not just as a technical skill for IT specialists, but as a "basic hygiene" requirement for all administrative and managerial roles, given the increasing data exposure of all business processes.

- **Strengthening Business-Academia Partnerships:** To mitigate the "skills mismatch," a more dynamic feedback loop is required between major employers (especially in the Industrial and IT sectors) and universities to ensure that graduates possess the "Strategic Digital Competencies" identified in this research.

References

- [1] European Commission. *Europe's Digital Decade: Digital targets 2030*. 2021. [online]. [accessed 2025-05-12]. Available online: <https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/europe-fit-digital-age/europes-digital-decade-digital-targets-2030_en>
- [2] European Commission. *DESI: Above basic digital skills: country comparison (EU, SK). Data for 2024*. [online]. [accessed 2025-02-10]. Available online: <https://digital-decade-desi.digital-strategy.ec.europa.eu/datasets/desi/charts/compare-countries-progress?indicator=desi_dsk_ab&breakdown=ind_total&unit=pc_ind&country=EU,SK>
- [3] European Commission. *DESI: Basic digital skills: country comparison (EU, SK). Data for 2024*. [online]. [accessed 2025-01-02]. Available online: <https://digital-decade-desi.digital-strategy.ec.europa.eu/datasets/desi/charts/compare-countries-progress?indicator=desi_dsk_bab&breakdown=ind_total&unit=pc_ind&country=EU,SK>
- [4] European Commission. Expert group on digital transformation. *Final Report on the Impact of the Digital Transformation on EU Labour Markets*. [online]. 2019. [accessed 2025-02-12]. Available online: <<https://health-inequalities.eu/wp-content/uploads/2021/03/FinalReportHLGontheImpactoftheDigitalTransformationonEULabourMarkets.pdf>>
- [5] Ministry of Investments, Regional Development and Informatization of the Slovak Republic (MIRRI SR). *Strategy of the Digital Transformation of Slovakia 2030*. Bratislava: 2019. [online]. [accessed 2025-02-18]. Available online: <<https://mirri.gov.sk/wp-content/uploads/2019/06/Strategia-digitalnej-transformacie-Slovenska-2030.pdf>>

Grant Support

This article was published as part of the grant project No. 051ŽU-4/2025, titled "Implementation of innovative methods into the educational process of the E-commerce and Management study program in the context of digital transformation".



AGILE DEVELOPMENT OF OPTIMIZATION APPLICATIONS WITH AN EXPERIMENTAL BACKLOG

Peter Malacký¹

Abstract: We describe how to apply agile and hypothesis-driven practices to optimization software development. By adding experimental backlog items that pair user stories with solver tasks, data tests, and clear hypotheses, each sprint delivers both a functional increment and a statistically validated improvement. The approach is grounded in agile values and evidence-based management.

Keywords: Agile development, optimization, hypothesis-driven development, backlog, data test

Introduction

Agile software development emphasizes iterative delivery, customer collaboration, and responsiveness to change [5]. In many industries, decision-support and optimization applications are critical for improving efficiency (e.g. logistics routing, scheduling, resource planning). Yet OR solutions often require extensive tuning and their real-world impact can be uncertain until measured. Traditional waterfall or ad hoc approaches may deliver a solver but not guarantee it yields better outcomes for users. We propose combining agile user stories with experimental methods so that every increment is also a small experiment testing a hypothesis about improvement. In our approach, each sprint does not just produce code, but also collects evidence that the change improves a key metric (e.g. cost, time, service level). This fusion of agile and hypothesis-driven development ensures validated learning: teams learn whether their solver changes actually deliver value before moving on [1][2].

The remainder of this article develops a structured methodology for this approach. We review agile and hypothesis-driven practices, discuss how to adapt them to optimization projects, and then describe practical processes and artifacts. We include templates and examples for backlog items (linking user stories to solver tasks and experiments), a sample sprint schedule, a flowchart of the process, and tables illustrating roles and criteria. Guidance is offered for different team sizes and solver types.

Background: Agile and Hypothesis-Driven Development

Agile development is grounded in the values of the Agile Manifesto: prioritizing individuals and interactions, working software, customer collaboration, and responding to change [5]. Agile teams break work into short iterations (sprints) and continuously incorporate feedback. A common framework is Scrum: a Product Owner maintains a product backlog of prioritized user stories, the development team implements features in time-boxed sprints (often 1–4 weeks), and each increment delivers potentially shippable software.

¹ Ing. Peter Malacký, Department of Communications, FPEDAS, UNiversity of Žilina, Slovakia,
e-mail: peter.malacky@uniza.sk

Traditional user stories follow the form “As a [role] I want [capability] so that [value]”. However, in Hypothesis-Driven Development (HDD), each story is reframed as an experiment: teams explicitly state what they believe will happen and how they will measure it[4]. Barry O’Reilly (Lean Enterprise) suggests a template like:

We believe [this change/capability] will result in [expected outcome], and we will have confidence when [measurable signal of success][1].

For example: We believe that adding memory-caching to our route optimization engine will result in a 20% reduction in average solve time, and we will have confidence to proceed when we observe this speedup on sample workload tests.

In agile parlance, this means backlog items include not just feature descriptions but also hypotheses and metrics. After implementation, teams gather data (via A/B tests, benchmarks, user trials, etc.) to validate or refute the hypothesis [1][4]. Work is only “done” when the hypothesis has been tested and validated (or refuted) with real data. As O’Reilly notes, combining continuous delivery with hypothesis-driven development makes validated learning the primary measure of progress: “we should not say we are done until we have measured the value of what is being delivered”[1]. In short, agile plus experimentation ensures teams build the right solution, not just some solution.

Agile in Optimization and OR Projects

Applying agile methods to optimization/OR projects is gaining attention. Like data science, optimization development sits between research and engineering. Vidoni et al. (2020) surveyed agile adoption in OR, noting that both OR and software projects share similar phases (requirements, design, implementation, testing, deployment). They map agile artifacts (user stories, backlogs, releases) to OR artifacts (problem statements, mathematical models, solution outputs)[3]. For example, a Scrum-style product backlog of features can align with an OR backlog of mathematical models to build or refine, and acceptance tests can incorporate model validation or performance tests[3].

Crucially, Vidoni identifies team and project characteristics for agile in OR. Small teams (3–5 people) with limited agile experience may start with lightweight, incremental approaches (Type A methods), whereas larger or distributed teams (6–12+) can adopt fuller Scrum processes (Type B)[3]. This suggests tailoring the methodology: a small team might combine roles (the same person may handle both OR modeling and data analysis), while a medium team might have distinct roles for product owner, analyst, developer, and tester. Longer projects or those in rigid environments might integrate more documentation and formal planning, while short cycles focus on delivering incremental models and insights[3].

In all cases, the goal is to make optimization development iterative and empirical. Instead of delivering one big optimization model after long upfront work, teams break the problem into increments (for example, solve smaller subproblems or add features to the model in phases). After each sprint, they evaluate outcomes (e.g. solution quality, computational performance, business metrics). This mirrors agile’s embrace of change and feedback, but with a twist: the feedback is quantitative validation of the solver’s effectiveness.

Connecting User Stories, Solver Stories, and Experiments

User Stories and Solver Stories

In a standard Scrum project, a user story captures a customer need. For optimization projects, we similarly define user stories that reflect operational pain points. Example: “As a delivery dispatcher, I want the system to compute vehicle routes minimizing total distance, so that fuel costs are reduced.” This story focuses on end-user value (cost reduction). The

development team then breaks it down technically. We introduce solver stories (or technical stories) as a way to document algorithm/model tasks derived from the user story. A solver story might be: “Implement a Mixed-Integer Programming (MIP) model for vehicle routing including time windows.” This is not phrased as an end-user need but as a technical task aligned with the user story’s goal.

By linking these, we ensure traceability: each solver story has a parent user story. For example, the solver story above explicitly supports the dispatcher’s need. In agile terms, the product backlog contains both user stories (customer-facing features) and technical backlog items (solver/model tasks). Each item should have acceptance criteria. For a user story, acceptance might involve both functional verification (the UI shows routes) and metric verification (routes are within X% of optimal). For a solver story, acceptance would include correctness (the model solves test instances) and performance (solution time or quality meets expectations).

The key is that solver stories incorporate algorithmic improvements: choosing heuristics vs exact methods, tuning parameters, adding constraints, etc. Example solver story: “As a developer, I want to implement a novel heuristic that uses historical traffic data to seed initial routes”. Its acceptance criteria might include benchmark results on historical datasets. In effect, the development team views algorithm development as a sequence of agile stories, with each increment building and testing some aspect of the solver.

This approach contrasts with traditional OR development where a model might be fully built and only then tested. Instead, each sprint delivers a partial solver enhancement that is immediately tested.

Hypotheses and Data Tests

Every backlog item (user or solver story) carries an explicit hypothesis about improvement. Following the hypothesis-driven template[4], we require something like: “We believe that [change] will result in [quantified outcome], and we will have confidence when [metric threshold] is met.” For the dispatcher example:

We believe adding historical traffic data to the routing solver will reduce average delivery time by 15%. We will have confidence in this hypothesis when, in test simulation on last month’s orders, the average time reduces by at least 15% compared to the baseline solver.

The hypothesis frames the experiment. Next, a data test plan specifies how to measure: this might be an A/B test in production, a simulation using historical data, or a dedicated benchmark. For instance, one could “run the legacy solver and the new solver on a 10-day sample of routes and compare metrics.” The data test identifies datasets, metrics, and analysis method. Common metrics include percentage improvement in cost, time, or service level, and statistical significance criteria for A/B tests. (A data scientist or QA engineer typically designs these tests.) For optimization tasks, data tests often simulate real scenarios: e.g. backtesting, Monte Carlo, or pilot deployment.

By codifying these, each sprint yields not only “working code” but also empirical results. If the hypothesis is confirmed (success metric reached), the feature is validated. If not, the team learns and can pivot: perhaps the approach needs revision or a different assumption. Importantly, this ensures we don’t continue down unpromising paths indefinitely – unvalidated assumptions surface early.

Evidence-based management frameworks also suggest measuring outcomes (e.g. customer satisfaction, business value) rather than outputs[2][1]. In our method, that means every acceptance criterion includes not just technical correctness but evidence of value. For example, “Total delivery time reduced by $\geq 15\%$ in pilot” rather than just “routes computed within 5s”.

Experimental Backlog Methodology

We now outline how a sprint-based process incorporates these ideas. The heart of the methodology is the experimental backlog: a product backlog that mixes regular features with items framed as experiments (hypotheses). As Scrum.org notes, we should “include ‘experimental’ backlog items...work driven by a clear future-looking hypothesis, work that has clearly defined value”[2]. In practice:

1. **Backlog Refinement:** The Product Owner (often with input from data analysts and stakeholders) writes or refines backlog items. Each item has: (a) a description (user or solver story), (b) an explicit hypothesis (“We believe X yields Y”), (c) a data test plan, and (d) a quantifiable success metric. Tools like user story templates can be extended to include these fields.
2. **Sprint Planning:** The team selects a set of backlog items for the sprint, balancing feature development, algorithm improvements, bug fixes, and experiments. For each experimental item, plans are made to gather data (e.g. reserve test cases, schedule an A/B run).
3. **Implementation:** Developers and optimization experts implement the feature/solver enhancements. Concurrently, data engineers prepare data sets and test infrastructure needed to evaluate them.
4. **Execution and Testing:** Once implemented, the team immediately runs the defined data tests. This could be automated benchmarks, simulation runs, or A/B testing in a controlled environment.
5. **Review:** The sprint review includes not only a demo of new functionality but also a presentation of results: e.g. performance graphs, statistical analysis, or pilot outcomes. The hypothesis is either accepted (if metrics are met) or investigated further.
6. **Retrospective & Learning:** The team reflects on both the development process and the experimental outcomes. If a hypothesis failed, the next sprint’s backlog may include refined experiments or new ideas.

Key to this workflow is that “Done” means tested for value. For example, Definition of Done for a solver story might be: code is merged, unit tests pass, and experiment confirms the expected improvement (or clearly documents the result). This ensures validated learning becomes part of the Definition of Done[1].

Roles, Artifacts, and Acceptance

The experimental backlog approach involves both traditional agile roles and roles specific to OR:

Table 1. Roles, artifacts, and example acceptance criteria in the experimental backlog methodology.

Role	Artifacts/Deliverables	Acceptance Criteria
Product Owner / Stakeholder	Product Backlog (with prioritized user stories and experiments), product vision	Stories with clear value hypotheses; backlog reflects stakeholder goals
Scrum Master / Coach	Sprint backlog, burndown charts, retrospective notes	Team follows process; impediments removed; process improvements made
Developer / OR Modeler	Working code (software components, solver modules), mathematical models	Code compiles; unit tests and model validations pass; satisfies solver constraints

Role	Artifacts/Deliverables	Acceptance Criteria
Data Scientist / Analyst	Test datasets (real/synthetic), benchmark results, A/B test reports	Data tests are executed; metrics collected; statistical analysis done
Tester / QA	Acceptance test scripts, regression tests	All functional tests pass; new features meet performance targets

Defining Done: Functionality and Validated Improvement

Traditionally, “Done” for a user story means the feature is coded, tested, and deployed. Here we add a scientific element: observing the intended outcome. A useful guideline (inspired by Evidence-Based Management) is that progress is measured in customer/business outcomes[2]. Thus, after a sprint, the team should be able to point to data confirming improvement. If not, they have learned that more work is needed or the assumption was wrong.

Consider an example acceptance for a backlog item: “Route computation time must be under 10 seconds and average delivery distance must decrease by at least 5% on our test set.” Both parts are mandatory. If the code meets the first criterion but not the second, the item is not done in our methodology – the hypothesis is unproven. This may generate new backlog items (e.g. “investigate why distance did not drop”).

This tight linkage between building and measuring increases accountability and aligns the team with business goals. It also justifies the sprint investment: each sprint yields both software and insight (validated or not), rather than producing features of unknown value.

Example Backlog Table

Table 2 shows sample backlog items combining user stories, solver stories, and data tests. Each row has an ID, type, description, hypothesis, data test, success metric, priority, and planned sprint. This illustrates how to record and prioritize experimental items.

Table 2. Sample backlog items (US=user story, SS=solver story, DT=data test) with linked hypotheses and metrics.

ID	Type	Description	Hypothesis	Data Test	Success Metric	Priority	Sprint
US1	User Story	As a dispatcher, I want the system to optimize delivery routes to minimize distance.	Using advanced routing will reduce avg. distance by $\geq 15\%$.	Compare distances on historical orders (old vs new solver).	$\geq 15\%$ reduction in avg. distance	High	1
SS1	Solver Story	Enhance routing solver: integrate real-time traffic data as	Including traffic data will cut travel time by $\geq 10\%$.	Simulate routes with/without traffic data on sample cases.	$\geq 10\%$ drop in avg. travel time	High	1

ID	Type	Description	Hypothesis	Data Test	Success Metric	Priority	Sprint
		additional cost factor.					
DT1	Data Test	Benchmark current solver on baseline dataset of 100 cases.	<i>N/A (baseline measurement for comparison)</i>	Run current solver on 100 cases; record metrics.	Record baseline distance, time, cost	Medium	1
US2	User Story	As an operator, I want scheduling to consider crew availability so that schedules are feasible.	Constraint programming solver will ensure 100% feasible schedules.	Test new CP model on 200 crew scenarios.	100% schedules feasible (no violations)	Medium	2
SS2	Solver Story	Implement CP-SAT model for scheduling with crew constraints.	CP-SAT yields solutions 25% faster than current heuristic on average.	Run CP-SAT vs old solver on 50 sample tasks.	$\geq 25\%$ faster average solve time	High	2

Each item in the backlog table spans multiple categories: types (user, solver, experiment) and fields ensure traceability. Prioritization depends on business impact and feasibility. For instance, US1 and SS1 are high priority to quickly validate the core routing improvement. US2 and SS2 may be scheduled in Sprint 2 after initial successes.

Guidance for Team Sizes and Solver Types

Team Size. Small teams (3–5 people) should keep processes lightweight. Roles may be combined: for example, one person might be both product owner and analyst, or a developer might write and run experiments. Sprints might be 1 week long to maintain focus. Communication is easy in co-located small teams, but they should still explicitly allocate time to run experiments (not all developers may be experienced with statistical testing). Large or medium teams (6–12) can separate roles: a dedicated analyst can design experiments, and a scrum master can facilitate. Sprints of 2–3 weeks allow for more complex work. Medium teams should also maintain a living backlog document with hypotheses and metric results clearly recorded (for knowledge sharing). In either case, cross-functional training (developers learning basic stats, analysts understanding code) helps.

Solver Type. The development process can adapt to different solver approaches:

- **Heuristic/Metaheuristic:** These solvers often evolve incrementally (e.g. adding a new local search operator). The backlog can capture each heuristic enhancement as a story, with experiments comparing solution quality or speed. A/B tests might be Monte Carlo

simulations. Because heuristics may have randomness, multiple runs and statistical measures (mean, variance) should be used.

- **Mixed-Integer Programming (MIP):** Building an MIP model (e.g. in Gurobi) is often heavy but can be modularized. Early sprints might implement a basic model without all constraints (validating feasibility), then iteratively add constraints (time windows, capacities) in later sprints. Each addition is a solver story with a hypothesis (e.g. "adding constraint X will increase solution time by $\leq Y\%$ "). Data tests involve solving benchmark instances; success metrics cover optimality gaps or solve times.
- **Constraint Programming (CP):** CP models (e.g. OR-Tools CP-SAT) similarly are built iteratively. CP is often used when feasibility is tricky; initial stories might focus on correct constraint encoding. The incremental approach works well here, too: each sprint adds or refines a constraint or heuristic in the CP search. Metrics involve constraint violation rates or solve speed.

The common thread is that no matter the technique, backlog items describe both what is built and how its effect will be evaluated. For instance, a solver story for a heuristic might hypothesize a quality improvement, whereas a MIP story might focus on performance or robustness.

Conclusion

Integrating agile development with an experimental mindset is essential for building optimization applications that deliver real value. By structuring backlog items as hypothesis-driven experiments, teams make data-driven decisions at every sprint. This approach aligns with agile values of collaboration and responsiveness[5] while adding a scientific rigor to validation[1][2]. The methodology presented here – roles and artifacts tables, backlog templates, sample sprint plan, and diagrams – provides a practical guide for teams of varying size.

In practice, this means no more “just fixing bugs or adding features” in optimization projects; every change is asked, “How will we know this improved things?”. The examples and templates can be adapted: for instance, an airline crew-scheduling team might use CP stories and test with historical rosters; a supply-chain planner might add inventory heuristics and test with rolling forecasts.

Ultimately, every sprint concludes not just with working software but with validated learning: evidence that the optimization solution moves the needle on key metrics. Over successive sprints, this leads to continual operational improvement and high confidence in the optimization software’s impact.

References

- [1] O'REILLY, B.: How to Implement Hypothesis-Driven Development, Barry O'Reilly, 2013, dostupné online: <https://barryoreilly.com/explore/blog/how-to-implement-hypothesis-driven-development/>, cit. 16. 6. 2026.
- [2] SCRUM.ORG and DEVOPS INSTITUTE: The Convergence of Scrum and DevOps, Scrum.org, 2017, dostupné online: <https://www.scrum.org/resources/convergence-scrum-and-devops>, cit. 16. 6. 2026.
- [3] VIDONI, M., CUNICO, M. L., VECCHIETTI, A.: Agile operational research, Journal of the Operational Research Society, 2021, roč. 72, č. 6, s. 1221–1235, DOI: 10.1080/01605682.2020.1718557.
- [4] YAN, E.: Data Science and Agile: What Works, and What Doesn't, 2019, dostupné online: <https://eugeneyan.com/writing/data-science-and-agile-what-works-and-what-doesnt/>, cit. 16. 6. 2026.

- [5] KOCÁKOVÁ, Z.: Čo je agilný vývoj a aké sú agilné metodiky riadenia softvéru?, 2022, dostupné online: <https://msgtester.sk/agilny-pristup/>, cit. 16. 6. 2026.
- [6] SCHWABER, K., SUTHERLAND, J.: Sprievodca Scrumom: Definitívny sprievodca Scrumom – pravidlá hry, Scrum Guides, november 2020, dostupné online: <https://scrumguides.org/docs/scrumguide/v2020/2020-Scrum-Guide-Slovak.pdf>, cit. 16. 6. 2026.
- [7] DYBÅ, T., DINGSØYR, T.: Empirical studies of agile software development: A systematic review, *Information and Software Technology*, 2008, roč. 50, č. 9–10, s. 833–859, DOI: 10.1016/j.infsof.2008.01.006.
- [8] MINGERS, J., ROSENHEAD, J.: Problem structuring methods in action, *European Journal of Operational Research*, 2004, roč. 152, č. 3, s. 530–554, DOI: 10.1016/S0377-2217(03)00056-0.
- [9] KOHAVI, R., LONGBOTHAM, R., SOMMERFIELD, D., HENNE, R. M.: Controlled experiments on the web: Survey and practical guide, *Data Mining and Knowledge Discovery*, 2009, roč. 18, č. 1, s. 140–181, DOI: 10.1007/s10618-008-0114-1.
- [10] LIU, Y., BOSCH, J., OLSSON, H. H., and LANTZ, J.: An architecture for enabling A/B experiments in automotive embedded software, In: 2021 IEEE 45th Annual Computers, Software, and Applications Conference (COMPSAC), Madrid: IEEE, 2021, s. 992–997, ISBN 978-1-6654-2463-9, DOI: 10.1109/COMPSAC51774.2021.00134.
- [11] BEHUTIYE, W., KARHAPÄÄ, P., LÓPEZ, L., BURGUÉS, X., MARTÍNEZ-FERNÁNDEZ, S., VOLLMER, A. M., RODRÍGUEZ, P., FRANCH, X., and OIVO, M.: Management of quality requirements in agile and rapid software development: A systematic mapping study, *Information and Software Technology*, 2020, roč. 123, čl. 106225, DOI: 10.1016/j.infsof.2019.106225.



APPLICATIONS OF ELECTRIC TRUCKS IN TRANSPORT LOGISTICS

Peter Malacký¹, Zuzana Malacká²

Abstract: This paper examines the advantages of deploying electric trucks in transport logistics, with emphasis on environmental, economic, and social implications. It also aims to strengthen the algorithmic basis for mathematical and economic modelling of logistics networks in the context of digitalization and advanced transport technologies.

Keywords: Mathematical model, electric truck, transport logistics

Introduction

Efficient transport networks are fundamental to the movement of people and goods and therefore to economic and social development. In many parts of the world, however, traffic congestion has intensified because of increased motorization, urban growth, population expansion, and changing settlement patterns. These pressures undermine social welfare and economic performance by increasing travel time, fuel consumption, and air pollution, while simultaneously reducing the effective use of transport infrastructure. For this reason, transport regulation and infrastructure management remain essential societal responsibilities. Rather than relying solely on the construction of new road systems, recent advances in electronics, communications, control systems, computing, and sensor technologies make it possible to develop more effective policies for using the existing network more efficiently. Such technologies support more accurate traffic data collection, better control interventions, and a reduction in the uncertainty that characterizes contemporary transport systems.

The successful implementation of intelligent transport systems requires an understanding of traffic dynamics at both local and system levels, including disturbances such as shock-wave formation and propagation, congestion onset, and related nonlinear effects. It is equally important to understand how users interact with the transport system. Because transport systems are highly complex and dynamic, simplified mathematical representations are often inadequate. More advanced modelling approaches are needed to capture causality, coupling, feedback effects, and the sometimes chaotic behavior of transport phenomena. Such models support both the design and the management of modern transport systems.

The driving range of an electric vehicle is not a fixed value; instead, it varies according to operating conditions and driving cycles. For that reason, manufacturers and researchers need models that estimate range on the basis of representative traffic and driving cycles. In the source manuscript, vehicle power reserve is assessed by means of a mathematical model incorporating four driving cycles, the forces acting on the vehicle, the lengths of the cycles, and resistive

¹ Ing. Peter Malacký, Department of Communications, FPEDAS, University of Žilina, Slovakia,
e-mail: peter.aalacky@uniza.sk

² RNDr. Zuzana Malacká, PhD., Department of Applied Mathematics, SjF, University of Žilina, Slovakia,
e-mail: peter.aalacky@uniza.sk

forces during motion, while accounting for electric-motor efficiency in order to estimate overall energy consumption.

Literature review

Logistics and transportation are central to the functioning of the global economy and to wider social and economic development. Because the sector contributes substantially to regional GDP and has expanded steadily under globalization and the growth of international trade, operations research and computer science have studied logistics systems for decades with the aim of increasing efficiency. One of the most established research themes in this area is the modelling and optimization of vehicle tours, commonly referred to as the Vehicle Routing Problem (VRP) [1]. The basic capacitated version of the VRP addresses customer demand under vehicle capacity limits, while time-window formulations extend the problem by assigning service intervals to depots and customers. More realistic variants, often described as rich VRPs [2] or multi-attribute VRPs [3], incorporate additional operational constraints and attributes.

Much of the classical VRP literature assumes fleets composed exclusively of internal combustion engine vehicles, yet this assumption no longer reflects current transport realities. Road transport consumes a major share of oil use in Europe and the United States and contributes substantially to transport-related carbon emissions. One response is to include emissions costs directly in routing objectives [4,5]. Another is to adopt alternative propulsion technologies, including electric and plug-in hybrid vehicles, though these require models that explicitly address their technological characteristics. Cities increasingly promote EV technologies to improve urban air quality, and adoption has been encouraged by corporate decarbonization goals, volatility in petroleum costs, public subsidies, and improvements in alternative-energy technologies [6]. At the same time, deficiencies remain, especially in battery energy density, charging duration, and charging-station availability. Although long range and acquisition cost historically limited EV adoption, technological progress and rising fuel prices continue to improve competitiveness [6].

Transport externalities also remain central to the debate. Air pollution, noise, congestion, infrastructure wear, visual intrusion, and accidents all impose costs that are not always incorporated into transport planning. Because transport consumes more than one quarter of global energy, these externalities must be considered if long-term sustainability is to be achieved [7]. Research has focused particularly on air and noise pollution, yet the valuation of transport externalities remains unsettled, especially in Europe [8]. Electrified mobility introduces its own strategic questions, including how many charging stations are required, where they should be located, and what capacity they should provide [9]. Vehicle range must likewise be considered in route design [10]. Moreover, if electricity generation continues to rely heavily on carbon-intensive primary energy sources, the environmental benefit of e-mobility may be limited in the medium term unless charging is increasingly supplied by renewables [11,12]. For that reason, sustainable freight electrification must be approached within a broader energy-system perspective.

The literature also addresses policy evaluation and operational deployment. One study proposes a framework for assessing policy options that support EV use in urban freight transport [13]. Taefi compares EV-based distribution with alternative strategies using a multi-criteria approach and concludes that electric medium-duty freight vehicles become financially attractive only at higher annual mileages, when lower operating costs offset battery replacement expenditures [14]. Deflorio and Castello model traffic impacts associated with electric medium-sized vans in freight distribution [15]. Cagliano and colleagues analyze the diffusion of low-impact commercial vehicles in urban contexts while taking key operational factors into account [16]. Tan et al. examine a remote-driving platform as a possible response to last-mile transport problems [17].

Characteristics of an Electric Vehicle

A driving cycle is a sequence of speed–time observations used to evaluate vehicle performance under standardized conditions. Pure battery electric vehicles rely on a single energy-source system. In operation, the traction battery supplies electrical energy through a power distribution unit to the motor control unit, which converts high-voltage direct current into alternating current for the traction motor. The motor transforms electrical energy into mechanical energy and transmits it to the wheels through a reduction gear. When regenerative braking is enabled, part of the vehicle's kinetic energy is transferred back through the drivetrain to the motor, which then acts as a generator and returns electrical energy to the battery.

To model vehicle range across different motion cycles, the source text first computes acceleration for each segment of the cycle. Acceleration is expressed as the derivative of vehicle speed with respect to time:

$$a = \frac{dV(t)}{dt}$$

The dynamic force is then calculated as

$$F_d = (1 + \gamma)ma$$

where γ denotes the coefficient accounting for the inertia of rotating parts, given in the source as $\gamma = 0.1$. Total resistance is defined as the sum of rolling resistance and aerodynamic resistance:

$$F = F_r + F_a$$

Aerodynamic resistance increases with speed and frontal area and is expressed as

$$F_a = SkV^2$$

where S is frontal area and k is the streamlining coefficient:

$$k = 0.5C_x\rho_{air}$$

Using $\rho_{air} = 1.225 \text{ kg/m}^3$ and $C_x = 0.35$, the source obtains $k \approx 0.21$. The frontal area is calculated from the empirical relation

$$S = 0.9hb = 0.9 \times 1.705 \times 1.585 = 2.43 \text{ m}^2$$

The rolling-force component is written as

$$F_r = mgf_r$$

where m is vehicle mass, $g = 9.81 \text{ m/s}^2$, and $f_r = 0.015$ for asphalt-concrete pavement. Three operating cases are distinguished in the source text: traction, coast-down, and braking mode:

$$F_r = F_d + F_c \quad (\text{traction})$$

$$F_r = F_c \quad (\text{coast-down})$$

$$F_r = F_d - F_c \quad (\text{braking})$$

Mechanical power is defined as the product of wheel force and instantaneous speed:

$$P_{mech} = F_k V$$

Energy consumption in traction mode is the time integral of traction power:

$$E_c = \int_0^t P_t(t) dt$$

where the source expresses traction electrical power as a function of mechanical power and drivetrain efficiencies. In braking mode, the electrical energy returned to the battery is

$$E_g = \int_0^t P_b(t) dt$$

with braking electrical power depending on the same efficiency chain, but in the reverse direction. The manuscript further explains that mechanical braking power may be derived from the change in kinetic energy over the braking interval.

The battery energy state is described by a piecewise relation that subtracts consumed energy in traction mode and adds regenerated energy in braking mode, while accounting for average battery efficiency $\eta_{acum} = 97\%$:

$$E_f = \begin{cases} E_0 - \frac{E_{cons}}{\eta_{acum}} \\ E_0 + E_{gen}\eta_{acum} \end{cases}$$

For comparative purposes, the specific energy consumption is defined per unit distance as

$$E_{spec} = \frac{E_f}{3600 l}$$

in Wh/km, where 1/3600 converts joules into watt-hours. The state of charge is then expressed as the remaining battery energy relative to full capacity:

$$SoC = \frac{E_f}{E_0} \times 100\%$$

Finally, the vehicle range estimate is obtained from the proportionality relation

$$\frac{l}{l_c} = \frac{E}{E_c}$$

which yields

$$l = \frac{E}{E_c} l_c$$

where l_c and E_c denote the distance and energy consumption associated with one motion cycle, and E is total traction-battery capacity.

Electric trucks and transport logistics

The source manuscript presents electric trucks as a major shift in contemporary transport logistics and identifies several categories of benefit.

- Electric trucks reduce direct tailpipe emissions and therefore lower local emissions of nitrogen oxides, carbon dioxide, and particulate matter. Their environmental profile becomes still more favorable when the electricity used for charging is generated from renewable sources.
- They may offer economic benefits through lower fuel and maintenance costs over their operational life, while government incentives, toll reductions, access privileges for low-emission zones, and related policy measures can mitigate high upfront acquisition costs.
- Electric drivetrains are more energy-efficient than internal combustion technologies, which means that a larger share of stored energy is converted into useful motion.
- Electrification supports regulatory compliance in jurisdictions with increasingly strict emissions standards and may help operators' future-proof their fleets against later restrictions on diesel vehicles.
- Electric trucks reduce operational noise, which is especially valuable in dense urban and residential settings and may expand the feasibility of night-time distribution.
- Ongoing improvements in battery performance, charging speed, and renewable-energy integration strengthen the technological viability of electric trucks while also supporting corporate sustainability image and stakeholder relations.

In that sense, the transition toward electric freight transport can contribute simultaneously to environmental, economic, and reputational goals.

Table 1. Electric Truck Market Development in Czechia and Slovakia at the Turn of 2025 and 2026.

Topic	Czechia	Slovakia
Electric trucks in operation, end of 2025	184 BEV trucks in categories N2/N3	77 BEV trucks in categories N2/N3
New electric truck registrations in 2025	136 new BEV trucks	Smaller market; confirmed stock reached 77 vehicles by year-end
Electric trucks in operation, Q1 2026	233 BEV trucks in categories N2/N3	Exact total not specified in the earlier data
Q1 2026 market share	1.4% of new truck registrations	0.4% of new truck registrations
Typical use cases	Urban logistics, municipal services, regional distribution, depot-based fleets	Early fleet deployment, pilots, urban/regional logistics
Market maturity	Early commercial scaling	Pilot / early adoption phase
Main growth drivers	Purchase subsidies, depot charging support, first public heavy-truck charging sites	More available truck models, planned high-power charging infrastructure
Main barriers	Still limited heavy-duty public charging network	Low adoption, weaker purchase support, limited high-power truck charging

Table 1 compares the development, market uptake, typical applications, maturity, growth drivers, and key barriers of battery-electric trucks in Czechia and Slovakia. It covers vehicles in the N2 and N3 categories at the end of 2025 and during the first quarter of 2026. Data for 2026 refer only to Q1 and should not be interpreted as full-year results.

Conclusion

This paper offers a simplified mathematical account of the benefits associated with integrating electric trucks into transport logistics. It argues that the adoption of electric vehicles in road distribution, especially in urban environments, is promising but still far from fully realized. At the same time, broader deployment raises strategic and operational problems, including the design of charging or battery-swapping networks, decisions about the size and composition of mixed fleets, route-feasibility constraints associated with heterogeneous vehicle ranges, time-window limitations driven by charging requirements, and supply-chain-wide economic effects. The source concludes that new optimization and hybrid optimization–simulation methods, especially those capable of handling uncertainty and dynamic scenarios, are essential if logistics systems are to transition effectively toward more sustainable energy sources.

References

- [1] TOTH, P. and VIGO, D., eds. *Vehicle Routing: Problems, Methods, and Applications*. 2nd ed. Philadelphia: Society for Industrial and Applied Mathematics, 2014. MOS-SIAM Series on Optimization, Vol. 18. ISBN 978-1-61197-358-7. DOI: 10.1137/1.9781611973594.
- [2] CACERES-CRUZ, J., ARIAS, P., GUIMARANS, D., RIERA, D. and JUAN, A. A. Rich vehicle routing problem: Survey. *ACM Computing Surveys*. 2014, vol. 47, no. 2, article 32, pp. 1–28. ISSN 0360-0300. DOI: 10.1145/2666003.
- [3] VIDAL, T., CRAINIC, T. G., GENDREAU, M. and PRINS, C. Heuristics for multi-attribute vehicle routing problems: A survey and synthesis. *European Journal of Operational Research*. 2013, vol. 231, no. 1, pp. 1–21. ISSN 0377-2217. DOI: 10.1016/j.ejor.2013.02.053.
- [4] FIGLIOZZI, M. A. Vehicle routing problem for emissions minimization. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*. 2010, vol. 2197, no. 1, pp. 1–7. ISSN 0361-1981. DOI: 10.3141/2197-01.
- [5] BEKTAŞ, T. and LAPORTE, G. The pollution-routing problem. *Transportation Research Part B: Methodological*. 2011, vol. 45, no. 8, pp. 1232–1250. ISSN 0191-2615. DOI: 10.1016/j.trb.2011.02.004.
- [6] DAVIS, B. A. and FIGLIOZZI, M. A. A methodology to evaluate the competitiveness of electric delivery trucks. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*. 2013, vol. 49, no. 1, pp. 8–23. ISSN 1366-5545. DOI: 10.1016/j.tre.2012.07.003.
- [7] SINHA, K. C. and LABI, S. *Transportation Decision Making: Principles of Project Evaluation and Programming*. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, 2007. 576 p. ISBN 978-0-471-74732-1. DOI: 10.1002/9780470168073.
- [8] PIECYK, M., MCKINNON, A. and ALLEN, J. Evaluating and internalizing the environmental costs of logistics. In: MCKINNON, A., BROWNE, M. and WHITEING, A., eds. *Green Logistics: Improving the Environmental Sustainability of Logistics*. 2nd ed. London: Kogan Page, 2012. ISBN 978-0-7494-6625-1.
- [9] NAPOLI, G., POLIMENI, A., MICARI, S., DISPENZA, G. and ANTONUCCI, V. Optimal allocation of electric vehicle charging stations in a highway network: Part 2. The Italian case study. *Journal of Energy Storage*. 2019, vol. 26, article 101015. ISSN 2352-152X. DOI: 10.1016/j.est.2019.101015.
- [10] JUAN, A. A., MENDEZ, C. A., FAULIN, J., DE ARMAS, J. and GRASMAN, S. E. Electric vehicles in logistics and transportation: A survey on emerging environmental, strategic, and operational challenges. *Energies*. 2016, vol. 9, no. 2, article 86. ISSN 1996-1073. DOI: 10.3390/en9020086.

- [11] SCHLÖGL, R. E-mobility and the energy transition. *Angewandte Chemie International Edition*. 2017, vol. 56, no. 37, pp. 11019–11022. ISSN 1521-3773. DOI: 10.1002/anie.201701633.
- [12] NAPOLI, G., MICARI, S., DISPENZA, G., DI NOVO, S., ANTONUCCI, V. and ANDALORO, L. Development of a fuel cell hybrid electric powertrain: A real case study on a minibus application. *International Journal of Hydrogen Energy*. 2017, vol. 42, no. 46, pp. 28034–28047. ISSN 0360-3199. DOI: 10.1016/j.ijhydene.2017.07.239.
- [13] MIRHEDAYATIAN, S. M. and YAN, S. A framework to evaluate policy options for supporting electric vehicles in urban freight transport. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*. 2018, vol. 58, pp. 22–38. ISSN 1361-9209. DOI: 10.1016/j.trd.2017.11.007.
- [14] TAEFI, T. T. Viability of electric vehicles in combined day and night delivery: A total cost of ownership example in Germany. *European Journal of Transport and Infrastructure Research*. 2016, vol. 16, no. 4, pp. 512–553. ISSN 1567-7141. DOI: 10.18757/ejtir.2016.16.4.3160.
- [15] DEFLORIO, F. and CASTELLO, L. Dynamic charging-while-driving systems for freight delivery services with electric vehicles: Traffic and energy modelling. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*. 2017, vol. 81, pp. 342–362. ISSN 0968-090X. DOI: 10.1016/j.trc.2017.04.004.
- [16] CAGLIANO, A. C., CARLIN, A., MANGANO, G. and RAFELE, C. Analyzing the diffusion of eco-friendly vans for urban freight distribution. *The International Journal of Logistics Management*. 2017, vol. 28, no. 4, pp. 1218–1242. ISSN 0957-4093. DOI: 10.1108/IJLM-05-2016-0123.
- [17] TAN, K. K., HTET, K. K. K. and NARAYANAN, A. S. Mitigation of vehicle distribution in an EV sharing scheme for last mile transportation. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*. 2015, vol. 16, no. 5, pp. 2631–2641. ISSN 1524-9050. DOI: 10.1109/TITS.2015.2413356.

Pošta, Telekomunikácie a Elektronický obchod

Elektronický vedecký časopis zameraný na problematiku poštových a telekomunikačných podnikov a oblasť elektronického obchodovania.

Za jazykovú stránku článku zodpovedajú autori.

Všetky články boli recenzované dvoma recenzentmi.

Jazyk vydávania časopisu: slovenský, český a anglický.

Periodicita vydávania: dvakrát ročne.

Vydavateľ: Katedra spojov, Fakulta prevádzky a ekonomiky dopravy a spojov, Žilinská univerzita v Žiline, Univerzitná 1, 010 26 Žilina

ISSN 1336-8281