



# IMPLEMENTÁCIA INTELIGENTNÝCH TECHNOLOGIÍ PRIEMYSLU 4.0 ZA ÚČELOM ZNIŽOVANIA LOGISTICKÝCH RIZÍK V PRIEMYSELNOM PODNIKU WHIRLPOOL SLOVAKIA – PRÍPADOVÁ ŠTÚDIA

## IMPLEMENTATION OF INTELLIGENT INDUSTRY 4.0 TECHNOLOGIES TO REDUCE LOGISTICS RISKS IN THE INDUSTRIAL COMPANY WHIRLPOOL SLOVAKIA – CASE STUDY

PAVOL BUJDA

Ing. Pavol Bujda, Ekonomická fakulta Univerzity Mateja Bela v Banskej Bystrici,  
pavol.bujda@student.umb.sk, ORCID 0009-0003-1679-9216

**Abstract:** Companies are constantly taking risks that threaten their business and are looking for ways to mitigate, reduce, or eliminate them. The aim of this work is to specify the intelligent technologies of Industry 4.0 used in the studied industrial enterprise to reduce logistics risks and to identify logistics risks whose negative impacts can be mitigated by using intelligent technologies. In this article, an interview was used as a qualitative research method. The data from the interviews with managers of company under study were analysed by thematic analysis using a combined coding strategy. The results show that managing logistics risks using intelligent technologies provides new opportunities for their reduction, and intelligent technologies can significantly reduce or eliminate logistics risks. The research results confirmed that the implementation of intelligent technologies increases the efficiency and effectiveness of risk management in logistics in the studied company, which can be a recommendation for other industrial enterprises. This paper brings new knowledge expanding the theoretical foundations in the field of risk management and empirical data that can be used in further academic research about new risk management approaches.

**Keywords:** logistics risk, supply chain risk, risk mitigation, industry 4.0, intelligent technologies

**JEL Classification:** O32

### ÚVOD

Logistické riziká zahŕňajú riziká vyplývajúce zo všetkých činností, hmotných aj nehmotných operácií v oblasti dopravy, skladovania, výroby, predaja a najmä zákaznickeho servisu. Aven (2016) definuje logistické riziko ako potenciálnu možnosť nežiaducej situácie, ktorá umožní logistickému systému dosiahnuť parametre dodania týkajúce sa času, miesta, množstva a kvality na očakávanej úrovni. Logistické riziká sa môžu vyskytnúť v celom logistickom reťazci od primárnych dodávateľov až po konečných zákazníkov, či už sa týkajú získavania zdrojov, dopravy, riadenia zásob, skladovania, balenia a distribúcie k zákazníkovi (Fan a Stevenson, 2018). Môže ísť o malé oneskorenie, ale aj o také väčšie, ako je výpadok dodávok, prerušenie výroby, alebo poškodenie zásob. Na rozdiel od tradičných metód riadenia

rizík, inteligentné technológie Priemyslu 4.0 prinášajú do manažmentu rizík veľmi presné predpovedanie a predvídanie vzniku rizikových udalostí, čím je možné riziku predchádzať, výraznou mierou ho znížiť, alebo úplne eliminovať. Existujú veľké očakávania, že štvrtá priemyselná revolúcia Priemysel 4.0, prinesie vďaka veľmi rýchlemu technologickému rozvoju veľké zmeny v priemyselnej výrobe. Predstavuje veľké množstvo príležitostí, ako je prepojenie ľudí so smartfónmi, kapacity na ukladanie dát a takmer neobmedzený prístup k vedomostiam. Vychádzajúc z predpokladu, že technologický pokrok bude na čoraz sofistikovanejšej úrovni a rastúceho dôrazu na zvyšovanie efektívnosti priemyselných podnikov, je téma využívania inteligentných technológií na riadenie rizík veľmi dôležitá. Aplikácia inteligentných technológií v súvislosti s elimináciou logistických rizík nie je v literatúre zatiaľ jasne definovaná. To je dôvod, prečo je táto téma veľmi aktuálna. Výskum v tejto prípadovej štúdii prináša nové poznatky o riadení logistických rizík v kontexte Priemyslu 4.0 a rozširuje teoretické základy v oblasti riadenia rizík. Výsledky primárneho výskumu poskytujú empirické údaje, ktoré možno využiť v ďalšom akademickom výskume a prispieť k vývoju nových prístupov k riadeniu rizík. Prípadová štúdia predstavuje konkrétne príklady implementácie inteligentných technológií za účelom zníženia a eliminácie logistických rizík v podniku Whirlpool Slovakia, ktorý má svoj výrobný závod na Slovensku, pôsobí v priemyselnej výrobe domácich spotrebičov a počtom zamestnancov sa radí medzi veľké podniky. Táto práca je štruktúrovaná do šiestich častí. Druhá časť sa zaoberá teoretickými základmi príslušnej problematiky. Tretia časť sa týka metód výskumu a štvrtá objasňuje výsledky získané z výskumu. Posledné dve časti obsahujú diskusiu o zisteniach a záver. Tento článok ponúka podrobnú analýzu využívania inteligentných technológií v priemyselnom podniku, ktorá môže slúžiť ako základ pre ďalšie štúdie a výskum v oblasti riadenia rizík. Cieľom tohto článku je prezentovať výsledky výskumu využívania inteligentných technológií Priemyslu 4.0 na zníženie logistických rizík v priemyselnom podniku a identifikovať logistické riziká, ktoré skúmaný podnik zmierňuje pomocou inteligentných technológií Priemyslu 4.0.

### 1. PREHEAD LITERATÚRY

#### 1.1. Logistické riziká v dodávateľskom reťazci priemyselných spoločností.

Ali a kol. (2021) skúmali tri riziká dodávateľského reťazca: (1) nesúlad medzi ponukou a dopytom, (2) výrobné riziká a (3) dopravné riziká, ich vplyv na výkonnosť firiem a potenciálny vplyv inteligentných technológií Priemyslu 4.0 na znižovanie a zmierňovanie týchto rizík. Testovali model, ktorý rieši prepojenie inteligentných technológií Priemyslu 4.0 a ich využitie na zmierňovanie rizík dodávateľského reťazca. Zistili, že nesúlad medzi ponukou a dopytom, výrobné riziká a dopravné riziká sú v súčasnosti hlavnými zdrojmi narušenia dodávateľského reťazca a dospeli k záveru, že technológie Priemyslu 4.0 významne zmierňujú nesúlad medzi ponukou a dopytom, výrobné riziká a následné narušenia dodávateľského reťazca. Technológie Priemyslu 4.0 vnímajú ako príležitosť, ktorá môže pomôcť riešiť tieto riziká. Simonetto a kol. (2022) vypracovali štúdiu, ktorá sa zameriava na analýzu výhod, ktoré môžu technológie Priemyslu 4.0 poskytnúť z hľadiska zmierňovania rizík v uzavretom dodávateľskom reťazci so zameraním na procesné a logistické riziká a skúma vplyv technológií Priemyslu 4.0 na zmierňovanie týchto rizík. Navrhol koncepčný rámec na podporu manažérskych iniciatív v logistickom reťazci s cieľom znížiť riziká v dodávateľskom reťazci. Zistil, že inteligentné technológie Priemyslu 4.0 preukázali svoj pozitívny vplyv na znižovanie rizík vo výrobe aj v logistike. Zimmerman a kol. (2019) sa zaoberali vplyvom technológií Priemyslu 4.0 na riziká dodávateľského reťazca a skúmali, ktoré rizikové faktory tento vzťah zmierňujú. Dospeli k

záveru, že inteligentné technológie používané v Priemysle 4.0 majú tendenciu znižovať vystavenie sa súčasným rizikám dodávateľského reťazca, ako sú riziká na strane dopytu (nestály dopyt a čoraz individualizovanejšie potreby zákazníkov) a prevádzkové riziká (chyby spôsobené manuálnymi procesmi, poruchy strojov). Iní autori považujú technológie Priemyslu 4.0 za riešenie, ktoré ponúka väčšiu viditeľnosť, predvídateľnosť a spoluprácu, čo zvyšuje potrebu pokračovať v digitalizácii dodávateľských reťazcov s cieľom dosiahnuť väčšiu odolnosť (Dolgui a kol., 2020; Ivanov a kol., 2019; Zouari a kol., 2021). V štúdiách o riadení rizík dodávateľského reťazca je riziko spôsobené nespoľahlivými a neistými zdrojmi, ktoré spôsobujú narušenie dodávateľského reťazca (Tang a Musa, 2011). Niektorí autori zdôrazňujú, že narušenie dodávateľského reťazca je spôsobené nesúladom medzi ponukou a dopytom a v dôsledku výrobných a prepravných rizík (Ali a kol., 2017, Leat a kol., 2013). Podľa Sniesku a kol. (2020) by zavedenie konceptu Priemysel 4.0 do spoločností malo priniesť nové technológie na zlepšenie kvality, efektívnosť využívania zdrojov, zníženie potenciálnych rizík a udržanie konkurencieschopnosti na trhu. Vo svojej štúdiu sa zamerali na identifikáciu a posúdenie najdôležitejších rizík súvisiacich s implementáciou Priemyslu 4.0. V ére Priemyslu 4.0 sa spoločnosti spoliehajú na nové technológie, aby dosiahli lepšie obchodné výsledky (Frank a kol., 2019) a zabezpečili kvalitné logistické operácie v dlhodobom horizonte. Súčasný trend výmeny údajov v reálnom čase prostredníctvom inteligentných technológií priemyselnej revolúcie Priemyslu 4.0 poskytuje významné príležitosti na efektívne riešenie neočakávaných narušení dodávateľského reťazca. Narušenie dodávateľského reťazca sa často vzťahuje na zlyhanie spôsobené nepredvídanou udalosťou alebo rizikom vo výrobnom alebo distribučnom procese dodávateľského reťazca. Dodávateľské reťazce sú v súčasnosti globalizované, komplexné a rozšírené a vykazujú zvýšenú zraniteľnosť voči rôznym rizikám a narušeniam (Ali a kol., 2021). Z tohto dôvodu by mal byť dodávateľský reťazec podporovaný infraštruktúrou, ktorá umožňuje rýchle riadenie fyzických a informačných tokov pomocou inteligentných technológií (Ivanov a Dolgui, 2021), čo vedie k lepšiemu prehľadu o potenciálnych rizikách narušenia. Implementáciu logistických inovácií na riešenie problémov v logistike a doprave skúmali Daniel a Fredrik (2011) a zistili, že logistické inovácie zmiernujú dopady rizík dodávateľského reťazca. Schopnosť logistických inovácií zlepšuje logistické operácie a efektívne logistické operácie vytvárajú konkurenčnú výhodu a získavajú podiel na trhu pre spoločnosť (Wang a kol., 2019). Wang a kol. (2019) skúmali možnosti nasadenia logistických inovácií na podporu riadenia rizík dodávateľského reťazca. Logistické inovácie považujú za nástroj na zmiernenie rizík dodávateľského reťazca v riadení rizík a zlepšenie odolnosti dodávateľského reťazca. Dospeli k záveru, že stratégia riadenia rizík dodávateľského reťazca s využitím logistických inovácií Priemyslu 4.0 má pozitívny vplyv na zmiernenie rizík v dodávateľskom reťazci. Niektorí autori vo svojich štúdiách zistili, že inovácie možno využiť na zníženie rizika v dodávateľskom reťazci (Daniel a Fredrik, 2011; Lin, 2013), pričom zdôrazňujú, že budovanie inovačných kapacít je kľúčom k riadeniu a zmiernovaniu rizík v dodávateľskom reťazci. Nasledujúca tabuľka prezentuje klasifikáciu logistických rizík.

**Tabuľka 1 Klasifikácia logistických rizík**

Kategória rizika	Druh rizika	Literárny prameň
Doprava	Porucha vozidla bez možnosti pokračovanie v preprave.	Fuchs a Wohinz, 2009
	Práce na dopravnej ceste, poškodenie dopravnej cesty	Ali a kol., 2017; Chen a kol., 2013;
	Oneskorené dodanie tovaru, alebo nesprávne načasovanie dodania tovaru	Leat a kol., 2013; Tang a Nurmaya

	Dopravné zápchy z dôvodu preťaženia dopravnej cesty	Musa, 2011; Simonetto a kol., 2022; Sanchez-Rodrigues a kol., 2010
Počasie a prírodné podmienky	Nepriaznivé počasie (hmla, poľadovica, sneh, kalamita, intenzívny dážď), Force Majeure	Barmuta a kol., 2022; Fuchs a Wohinz, 2009
	Prírodné katastrofy a nepriaznivé živelné javy (povodeň, víchrica, požiar, zosuvy pôdy)	
Manipulácia s tovarom a skladovanie	Problémy pri nakládke/vykládke tovaru.	Barmuta a kol., 2022
Výroba	Prerušenie výroby z titulu poruchy výrobných zariadení, nedostatku základného materiálu a následné oneskorenie expedície tovaru.	Ali a kol., 2021; Simonetto a kol., 2022; Zimmerman a kol., 2019; Dolgui a kol., 2020; Ivanov a kol., 2019; Zouari a kol., 2021; Tang a Nurmaya Musa, 2011
Ceny a dodatočné náklady	Rast cien komodít (ropa, energie) a následné zvýšenie cien pohonných hmôt, Zvýšené náklady na prepravu (diaľničné poplatky, pokuty)	Zhen a kol., 2016; Tsao, 2017
Zamestnanci	Nedostatok kvalifikovaných vodičov.	Barmuta a kol., 2022; Fuchs a Wohinz, 2009

Prameň: Vlastné spracovanie, 2024.

Prípadová štúdia sa zaoberá logistickými rizikami v zmysle kategórií rizík vyplývajúcich z prehľadu literatúry. Jednotlivé kategórie sú následne konkretizované logistickými rizikami počas pološtruktúrovaných rozhovorov s manažermi skúmaného podniku.

## 1.2. Inteligentné technológie Priemyslu 4.0 v dodávateľskom reťazci priemyselných spoločností

Strategická línia Priemysel 4.0 vznikla v Nemecku ako reakcia na pokles priemyselnej výroby po presune výrobných pracovných síl do krajín s lacnou pracovnou silou. Podľa Holubčíka a kol. (2021) predstavuje Priemysel 4.0 organizáciu zariadení a technologicky založených výrobných procesov, ktoré navzájom komunikujú v rámci logistického reťazca. Priemysel 4.0 sa často označuje ako štvrtá veľká revolúcia v modernej výrobe, po štyhlej revolúcii v 70. rokoch 20. storočia, outsourcingovej revolúcii v 90. rokoch 20. storočia a automatizácii, ktorá sa začala v roku 2000 (Roland Berger, 2014).

### a) Veľké dáta

Viacerí autori vo svojich prácach prezentujú, ako môžu veľké dáta pomôcť spoločnostiam vytvoriť nové metódy prognózovania, nové cenové stratégie a zlepšiť flexibilitu dodávateľského reťazca s cieľom lepšie uspokojiť dopyt zákazníkov a tým znížiť riziká súvisiace s dopytom po produktoch (Choi a kol., 2018; Kong a Li, 2018; Boone a kol., 2018; Ivanov a kol., 2019). Iní autori uvádzajú, že prostredníctvom veľkých dát si spoločnosti môžu vybrať najlepších dodávateľov, čo môže zlepšiť kvalitu produktov a znížiť riziko nespokojnosti na trhu z dôvodu neschopnosti vyrábať a následne nedodávať tovar na trh (Ghadimi a kol., 2019; Vieira a kol., 2019; Gholizadeh a kol., 2020; Kara a kol., 2020; Pramanik a kol., 2020; Vo a kol., 2020). Niektorí autori uvádzajú, že analýzou veľkých dát pomocou simulácií a prípadových štúdií majú spoločnosti záujem o dosiahnutie zníženia emisií uhlíka, optimalizáciu dopravných trás a výroby, identifikáciu najlepšieho miesta na otvorenie nových zariadení a predpovedanie životnosti výrobných zariadení (Zhong a kol., 2015; Mani a kol., 2017; Jiao a kol., 2018; Tao a kol., 2018; Massaro a Galiano, 2020; Mishra a Singh, 2020). Vďaka ich výskumu môžu spoločnosti zmierniť riziká súvisiace s dodávateľmi, výrobou a distribúciou a môžu poskytnúť dodávateľským reťazcom väčšiu flexibilitu pri prispôbovaní svojich obchodných procesov zmenám na trhu (Fu a Chien, 2019; Rane a kol., 2019; Saniuk a kol., 2021).

### *b) Cloudy a cloud computing*

Podľa Zimmermana a kol. (2019) predstavujú cloudové a softvérové riešenia množstvo príležitostí na zníženie rizika v dodávateľskom reťazci. Podľa niektorých autorov je možné monitorovať a riadiť výrobu a distribúciu s rovnakými informáciami v reálnom čase, s možnosťou konať, ak niečo nefunguje správne alebo je potrebné to zmeniť. Synchronizáciou všetkých článkov v dodávateľskom reťazci môže technológia cloud computingu zmierniť riziká súvisiace s dopytom po produktoch, výrobou a distribúciou (Wang a kol., 2016; Ivanov a kol., 2019), pretože pomocou informácií zdieľaných prostredníctvom cloud computingu sú výrobné spoločnosti v reálnom čase informované o výrobných kapacitách tovární a o tom, či distribútori majú prepravnú kapacitu na prepravu tovaru. Týmto spôsobom sa spoločnosť môže rozhodnúť, kto bude vyrábať a prepravovať ich finálne produkty. Podľa Aliho a kol. (2021) má efektívne využívanie relevantných a aktuálnych informácií a nepretržitá výmena informácií prostredníctvom cloud computing serverov významný vplyv na znižovanie rozdielov medzi ponukou a dopytom, prepravných rizík a môže pomôcť vybudovať odolnosť voči iným rizikám. Zároveň analýza veľkých dát a cloud computing ponúkajú možnosť lepšie predpovedať budúce požiadavky zákazníkov a prinášať väčšiu efektívnosť v logistike a distribúcii produktov (Kamble a kol., 2021).

### *c) Kyberneticko-fyzikálne systémy*

Kyberneticko-fyzikálne systémy (CPS) môžu pomôcť spoločnostiam automatizovať procesy, ktoré sa predtým vykonávali manuálne alebo poloautomaticky. Zariadenia môžu medzi sebou komunikovať a odosielať všetky svoje informácie na konkrétne miesto, kde sa ukladajú a používajú na posúdenie ich stavu a toho, či je potrebné podniknúť nejaké kroky na nápravu nežiaducich situácií (Fernández-Caramés a kol., 2018). Prostredníctvom simulácií a aplikácií KFS sa Bogataj a kol. (2017) a Hofmann a Rüschi (2017) pokúsili optimalizovať výrobu a distribúciu produktov. Zistili, že prepojenie strojov, nákladných vozidiel a všetkých dopravných systémov v rámci spoločnosti môže poskytnúť príležitosť na plánovanie výroby v reálnom čase a presmerovanie dopravného systému v reálnom čase bez ľudského zásahu, čím sa výrobné a dopravné systémy lepšie pripravujú na splnenie rôznorodých požiadaviek trhu a zároveň sa zabráni výrobe nežiaducich produktov a dopravným rizikám.

### *d) Aditívna výroba a blockchain*

Táto inteligentná technológia 3D tlače môže znížiť potrebu prepravy, skladovania a balenia (Muir a Haddud, 2018; Ivanov a kol., 2019). Autori Afshari a kol. (2019) a Ramon-Lumbierres a kol. (2020) skúmali výhody implementácie aditívnej výroby v dodávateľskom reťazci. Skúmali, ako môže aditívna výroba ovplyvniť organizáciu aktivít dodávateľského reťazca a kedy je vhodné implementovať aditívnu výrobu. Dospeli k záveru, že aditívna výroba môže znížiť riziká súvisiace s dodávateľom, výrobou, logistikou a distribúciou, pretože zníženie počtu komponentov potrebných na vytvorenie konečného produktu môže znížiť počet dodávateľov potrebných pre každý komponent. Inteligentná technológia blockchainu môže zvýšiť výkonnosť obchodných procesov a zvýšiť flexibilitu dodávateľského reťazca, zlepšiť kvalitu spolupráce a vybudovať dôveryhodnejšie vzťahy medzi jednotlivými článkami v dodávateľskom reťazci (Nandi a kol., 2020; Stranieri a kol., 2020). Na základe informácií zhromaždených v blockchaine môžu spoločnosti zmierniť riziká spojené s výrobou, logistikou a distribúciou produktov a veľmi flexibilne identifikovať akékoľvek chyby vo výrobe alebo preprave svojich produktov.

### e) *Umelá inteligencia*

Umelá inteligencia (AI) je známa svojou schopnosťou myslieť a konať ako ľudia. Niekoľko autorov skúmalo možnosti zlepšenia výkonnosti dodávateľského reťazca prostredníctvom riešení AI a zamerali svoj výskum na štúdium vzťahu medzi výrobcom a dodávateľom prostredníctvom simulácií (Cavalcante a kol., 2019; Vo a kol., 2020). Následne ďalší autori potvrdili, že riešenia AI možno použiť v prípadových štúdiách na predpovedanie narušení a rizík dodávateľského reťazca a plánovanie výroby (Rodríguez a kol., 2020). Implementácia umelej inteligencie a analýzy veľkých dát je založená na využití obrovských objemov údajov, ktoré poskytujú veľkú podporu pri rozhodovaní (Bag a kol., 2020; De Giovanni, 2021). Iní autori dospeli k záveru, že inteligentné riadenie logistiky umožňuje výpočet najlepšej prepravnej trasy, čím sa minimalizujú časy a náklady na prepravu, čo vedie k zvýšenej spokojnosti zákazníkov (Su a Fan, 2020) a zníženému riziku oneskoreného dodania tovaru zákazníkovi (Liu a kol., 2020; Sarabia-Jacome a kol., 2020). Dumanska a kol. (2021) skúmali využitie umelej inteligencie pri preprave tovaru prostredníctvom rozsiahleho zavádzania dronov a potvrdili, že využitie dronov v logistických a dodávateľských systémoch podnikov zníži prepravné riziko a spolu s technikami 3D tlače budú kľúčovými technológiami Priemyslu 4.0 v medzinárodnom obchode.

### f) *Internet vecí a rozšírená realita*

Ali a Gölgeci (2019) skúmali inteligentné technológie Priemyslu 4.0 vrátane elektronickej výmeny údajov, internetu vecí, senzorov a geografických informačných systémov, ktoré poskytujú informácie v reálnom čase, čím v mnohých ohľadoch zmiernujú riziká v oblasti dopravy a logistiky. Títo autori dospeli k záveru, že zmiernenie rizík v oblasti dopravy je možné na základe elektronickej výmeny údajov podporovanej internetom vecí (IoT) a aktualizácií informácií v reálnom čase, ktoré spoločnosti poskytujú lepšie pochopenie toho, kedy ich tovar dorazí do cieľa. Aktualizácie informácií o očakávanom dodaní v reálnom čase prostredníctvom zdrojov RFID (rádiofrekvenčná identifikácia) pripojených k internetu vecí sú veľmi prospešné pre udržanie efektívnejšej dopravy. Winkelhaus a Grosse (2020) poukázali na to, že zariadenia GPS pripojené k internetu vecí pomáhajú pri navigácii a plánovaní tovaru počas prepravy po mori, cestnej alebo železničnej doprave do cieľa. Sensory nainštalované na vozidlách a pripojené prostredníctvom internetu vecí poskytujú užitočné údaje o tom, či je vozidlo uzamknuté, a tým zabraňujú poškodeniu, zničeniu alebo krádeži prepravovaného tovaru a rizikám v oblasti dopravy. Ghouri a kol. (2021) skúmali používanie rádiofrekvenčnej identifikácie (RFID) a elektronickej výmeny údajov (EDI) v dodávateľskom reťazci a dospeli k záveru, že používanie týchto inteligentných technológií spojených s internetom vecí zlepšuje schopnosť spoločností zdieľať informácie o výrobe, logistike, distribúcii a predaji tovaru v reálnom čase. Rozšírená realita (AR) sa používa na zlepšenie zážitku spotrebiteľov pri interakcii s konkrétnymi produktmi. To umožňuje lepšie uspokojiť spotrebiteľa, čím sa znižujú riziká spojené s nízkym dopytom po finálnych produktoch a riziko výroby a dodania nežiaduceho produktu.

**Tabuľka 2 Implementované inteligentné technológie a znižované logistické riziká**

Technológia	Autori a zistenia	Mechanizmus
-------------	-------------------	-------------

Big Data (BD) a Cloud Computing	Využitie BD umožní lepšie uspokojiť dopyt zákazníkov a tým znížiť riziká súvisiace s dopytom po produktoch, znížiť riziko neuspokojenia trhu z dôvodu neschopnosti vyrábať a následného nedodanie tovar na trh a optimalizovať prepravné trasy. Cloud Computing má významný vplyv na zníženie rozdielov medzi ponukou a dopytom, dopravné riziká a môže pomôcť vytvoriť odolnosť voči iným rizikám a umožňuje lepšie predpovedať budúce požiadavky zákazníkov	Databázy a údaje získavané z rôznych zdrojov
Kyberneticko Fyzické Systémy (CPS)	CPS umožňuje prepájať dopravné systémy v spoločnosti, plánovať výrobu v reálnom čase a vyhnúť sa výrobe nežiadúcich produktov pre trh a prepravným rizikám.	
Umelá inteligencia (AI)	Využitie AI umožňuje výpočet najlepšej prepravnej trasy, čím sa minimalizujú dopravné riziká a znižujú rizika neskorého dodania tovaru zákazníkovi. AI umožňuje skrátenie dodacích časov a zvyšuje flexibilitu pri reakcii na výkyvy dopytu	dáta získané zo senzorov a monitorovacích zariadení
Internet Vecí (IoT)	Senzory inštalované na dopravných prostriedkoch a prepojené prostredníctvom IoT umožňujú predchádzať poškodeniu, zničeniu, alebo krádeži prepravovaného tovaru a RFID technológia optimalizuje dopravné trasy a znižuje dopravné riziká	
Rozšírená realita (AR)	AR umožňuje zvyšovať spokojnosť spotrebiteľa, čím sa znižujú riziká súvisiace s dopytom po konečných produktoch a riziko dodania nežiadúceho produktu. AR umožňuje zvyšovať spokojnosť spotrebiteľa, čím sa znižujú riziká súvisiace s dopytom po konečných produktoch a riziko dodania nežiadúceho produktu. AR môže navigovať pracovníkov po optimálnych trasách v sklade. AR zobrazujú pracovníkom informácie o tovare, ktorý majú vyzdvihnúť, čím zrýchľujú proces vychystávania a znižujú chybovosť.	Technologické prepojenie zariadení na spracovanie dát a senzorov
Autonómne roboty a drony	Autonómne roboty a drony umožňujú zvýšiť rýchlosť prepravy, spokojnosť zákazníka	Technické zariadenia s autonómnym pohybom
Aditívna výroba (AM)	AM môže znížiť potrebu prepravy, skladovania a balenia, a tým riziká súvisiace s dodávateľom, výrobou, distribúciou a prepravou	3D tlačiarne

Prameň: Vlastné spracovanie, 2024

Vyššie uvedené štúdie zaoberajúce sa riadením rizík dodávateľského reťazca prostredníctvom implementovaných inteligentných technológií Priemyslu 4.0 riešia väčšinou separátne jednu, alebo niekoľko vybraných inteligentných technológií a neposkytujú komplexný pohľad na všetky inteligentné technológie Priemyslu 4.0 v kontexte znižovania rizík v logistike. Zmiernované logistické riziká sú v niektorých štúdiách špecifikované v širšom zmysle bez bližšej konkretizácie.

Inteligentné technológie zlepšujú riadenie narušení dodávateľského reťazca tým, že poskytujú prehľady v reálnom čase, automatizujú procesy, zlepšujú komunikáciu a umožňujú prediktívne schopnosti (Aljohani, 2023). Inteligentné technológie zlepšujú riadenie rizík dodávateľského reťazca prostredníctvom údajov v reálnom čase, prediktívnej analytiky, viditeľnosti, automatizácie, komunikácie, plánovania scenárov a stratégií odolnosti. Umožňujú včasnú detekciu rizík, efektívnu reakciu na riziká a lepšiu komunikáciu medzi partnermi v dodávateľskom reťazci (Walid el al, 2024)

### 1.3. Konceptný rámec

Konceptný rámec tejto štúdie pozostáva z objasnenia kľúčových konceptov, definovania vzťahov medzi nimi a ich prepojenia s výskumnými otázkami. Medzi kľúčové koncepty tejto práce patria inteligentné technológie, ktoré možno použiť v riadení rizík, logistické riziká, ktoré možno zmierniť pomocou inteligentných technológií a reálne príklady implementácie inteligentných technológií na minimalizáciu pravdepodobnosti vzniku alebo dopadu rizík v skúmanej spoločnosti. Vzťahy medzi konceptami prepájajú implementáciu špecifických inteligentných technológií Priemyslu 4.0 a monitorovanie existujúcich logistických rizík v reálnom čase. Monitorovanie týchto rizík umožňuje včasné rozhodovanie, čím sa znižuje pravdepodobnosť výskytu týchto rizík.

Výskumné otázky sú prepojené s kľúčovými konceptami a poskytujú odpovede na otázky týkajúce sa implementovaných inteligentných technológií v skúmanej spoločnosti, logistických rizík, ktoré môže skúmaná spoločnosť zmierniť pomocou inteligentných technológií a reálneho použitia inteligentných technológií na zníženie logistických rizík v analyzovanej spoločnosti. Tradičný proces riadenia rizík spočíva v riadení rizík riešením vznikajúcej rizikovej situácie, keď sa vznikajúce riziko analyzuje, hodnotí a monitoruje spolu s formami riešenia tohto rizika. Riadenie rizík môže spoločnosti pomôcť navrhnúť postupy a procesy na zmiernenie a zníženie týchto rizík. V súčasnosti sú v priemyselných podnikoch, ktoré sú nositeľmi štvrtej priemyselnej revolúcie, zavedené inteligentné technológie, ktoré dokážu predvídať riziká a tým predchádzať ich vzniku a eliminovať ich. Výskum prezentovaný v tejto práci bol realizovaný prostredníctvom prípadovej štúdie vo výrobnej spoločnosti. V súlade s cieľom výskumu boli formulované nasledujúce tri výskumné otázky:

Otázka 1: Ktoré technológie Priemyslu 4.0 sa používajú v skúmanej priemyselnej spoločnosti a ktoré z týchto technológií táto spoločnosť využíva na zmiernenie logistických rizík?

Otázka 2: Ktoré logistické riziká ohrozujúce analyzovanú spoločnosť môže spoločnosť znížiť pomocou implementovanej inteligentnej technológie Priemyslu 4.0?

Otázka 3: Ako skúmaná spoločnosť využíva implementované inteligentné technológie Priemyslu 4.0 na zníženie logistických rizík v praxi?

Odpoveďou na tieto výskumné otázky táto práca objasňuje použitie inteligentných technológií v riadení rizík v konkrétnej priemyselnej spoločnosti skúmaním vzťahu medzi implementovanou inteligentnou technológiou a jej potenciálom zmierniť existujúce logistické riziká.

## 2. METODOLÓGIA

Priemyselná spoločnosť Whirlpool Slovakia analyzovaná v tejto prípadovej štúdii je výrobná spoločnosť pôsobiaca v sektore domácich spotrebičov. Pre kvalitatívny výskum bola na primárny zber údajov použitá metóda pološtruktúrovaných rozhovorov. Prostredníctvom metódy pološtruktúrovaných rozhovorov boli získané dôležité poznatky a informácie potrebné na zmapovanie využívania inteligentných technológií a logistických rizík, ktoré túto spoločnosť ohrozujú. Prvým kritériom pre výber spoločnosti pre prípadovú štúdiu bol jej priemyselný sektor, keďže inteligentné technológie Priemyslu 4.0 sa používajú najmä v priemyselnom sektore. Druhým kritériom bola veľkosť spoločnosti, keďže inteligentné technológie sa implementujú najmä v stredných a veľkých priemyselných podnikoch, pretože ich

implementácia si vyžaduje nemalé finančné prostriedky a zároveň ich aplikácia v podnikateľskej praxi je vhodná pre podniky s väčším objemom výroby. Tretím dôležitým kritériom pre výber spoločnosti pre prípadovú štúdiu boli skúsenosti s implementáciou inteligentných technológií. V roku 2017 bol závod Whirlpool Slovakia vybraný ako jeden z dvoch pilotných projektov Priemyslu 4.0 pre spoločnosť Whirlpool Corporation (druhým je závod v Clevelande v USA). Pilotné riešenia viedli k prepojeniu výroby s technológiami Priemyslu 4.0 a vytvoreniu „digitálneho dvojčeta“, ktoré umožňuje simulovať výrobné a logistické činnosti a odhaľovať príčiny prípadov, ktoré môžu negatívne ovplyvniť tieto procesy v skúmanom podniku. Pre túto prácu bol zvolený prístup prípadovej štúdie, pretože odráža možnosti využitia inteligentných technológií na zníženie logistických rizík vo veľkej priemyselnej spoločnosti prostredníctvom konkrétnych príkladov z praxe.

Prípadová štúdia s využitím pološtruktúrovaných rozhovorov poskytuje detailnejší pohľad na tému výskumu v porovnaní s inými alternatívnymi metódami, ako je napríklad dotazník. Prípadová štúdia umožňuje analyzovať reálne situácie, rozvíjať nové koncepty a prinášať odporúčania priamo aplikovateľné v praxi. Nevýhodou prípadovej štúdie je jej časová náročnosť, sprístupnenie potrebných dát a opakovateľnosť výskumu. V máji 2024 boli vykonané rozhovory s manažérmi tejto spoločnosti, ktorí odpovedali na otázky týkajúce sa implementácie inteligentných technológií Priemyslu 4.0 a možnosti zmiernenia rizík v dodávateľskom reťazci implementáciou inteligentných technológií Priemyslu 4.0. Prehľad počtu manažérov zúčastnených výskumu formou pološtruktúrovaných rozhovorov, ich pracovných pozícií a trvania rozhovoru sú uvedené v tabuľke 1. Uvedení respondenti boli oslovení pretože pracujú v oddeleniach, v ktoré sú kľúčové pre využívanie inteligentných technológií a zároveň pracujú na pozíciách, ktoré vyžadujú dlhodobé skúsenosti. Rozhovory sa uskutočnili v priestoroch spoločnosti a každému manažérovi bolo položených 15 otázok. Odpovede respondentov boli písomne zaznačené. Rozhovor bol rozdelený do troch častí, ktoré boli previazané s výskumnými otázkami. Prvá časť otázok sa týkala identifikácie implementovaných inteligentných technológií a špecifikácie tých technológií, ktoré spoločnosť využíva na zmiernenie rizík v dodávateľskom reťazci. Druhá časť otázok bola zameraná na konkretizáciu logistických rizík znižovaných pomocou implementovanej inteligentnej technológie. Tretia časť otázok pomáhala objasniť využívanie inteligentných technológií za účelom znižovania logistických rizík prostredníctvom konkrétnych príkladov z činnosti skúmaného podniku. Pološtruktúrované rozhovory umožňujú získať komplexný a podrobný pohľad na skúmanú tému, využiť praktické skúsenosti respondentov a objaviť nové témy v skúmanej problematike. Slabou stránkou výskumu prostredníctvom pološtruktúrovaných rozhovorov je možná miera subjektivity a jej časová a organizačná náročnosť. Obmedzením je aj limitovaný prístup ku niektorým údajom, ktoré manažéri považujú za citlivé informácie o podniku. Údaje z rozhovorov boli analyzované tematickou analýzou s použitím kombinovanej stratégie kódovania. Niektoré kódy boli vygenerované z údajov a neboli pripravené, niektoré kódy boli preddefinované. Analytická presnosť bola zabezpečená trianguláciou dát formou pozorovania počas prezentácie využitia inteligentných technológií na zníženie logistických rizík priamo na pracoviskách v skúmanej spoločnosti. Druhým spôsobom zabezpečenia analytickej presnosti bola „member checking“, kedy boli predbežné výsledky konzultované s osobami, s ktorými boli rozhovory vykonané.

### Tabuľka 3 Prehľad respondentov a čas rozhovoru

Osoby	Pozícia	Čas rozhovoru
Osoba 1	Manažér logistického oddelenia	55 min.
Osoba 2	Manažér R&D oddelenia	55 min.
Osoba 3	Manažér výrobného oddelenia	40 min.
Osoba 4	Manažér technologického oddelenia	40 min.

Prameň: Vlastné spracovanie.

Údaje získané z rozhovorov sú analyzované a prezentované v nasledujúcej kapitole, týkajúcej sa konkrétnych výsledkov výskumu.

### 3. VÝSLEDKY VÝSKUMU

Spoločnosť Whirlpool Slovakia je popredným výrobcom bielej techniky na Slovensku. V roku 2024 bola táto spoločnosť súčasťou americkej spoločnosti Whirlpool Corporation. V roku 2024 sa sídlo v USA rozhodlo predať svoje európske pobočky novému majiteľovi, spoločnosti Beko Europe. Všetky implementované inteligentné technológie Priemyslu 4.0 boli vyriešené na základe investícií spoločnosti Whirlpool Corporation. Výsledky prípadovej štúdie sú prezentované v troch častiach. Prvá časť sa zaoberá výsledkami, ktoré prezentujú zistenia týkajúce sa inteligentných technológií Priemyslu 4.0, ktoré spoločnosť implementovala a ktoré spoločnosť aplikuje na zníženie rizík v logistike. Druhá časť predstavuje výsledky týkajúce sa identifikácie logistických rizík, ktoré ohrozujú skúmanú spoločnosť, ale skúmaná spoločnosť ich dokáže zmierniť pomocou špecifickej inteligentnej technológie Priemyslu 4.0. Tretia časť predstavuje zistenia o tom, ako skúmaná spoločnosť realizuje používanie implementovanej inteligentnej technológie Priemyslu 4.0 na zníženie identifikovaných logistických rizík vo svojej podnikateľskej praxi.

#### 3.1. Inteligentné technológie používané na zníženie logistických rizík v analyzovanej spoločnosti

Spoločnosť Whirlpool Slovakia vybudovala koncept digitálnej továrne, v ktorom si stanovila tri oblasti a štyri ciele, ktoré sú strategické pri implementácii inteligentných technológií Priemyslu 4.0. Prvou oblasťou je podnikateľské prostredie, druhou oblasťou je prostredie štíhlej administratívy a treťou oblasťou je prvotriedna výroba (World Class Manufacturing). Všetky tri tieto oblasti majú za cieľ vytvoriť jednotný, integrovaný systém, v ktorom spoločnosť považuje za nevyhnutné naplniť svoje ciele. Prvým cieľom je ponúknuť zákazníkovi najkvalitnejší produkt na trhu v danom segmente. Druhým cieľom je vytvoriť pridanú hodnotu k produktu, ktorá spoločnosti umožní získať konkurenčnú výhodu. Tretí cieľ sa zameriava na výrobu ekonomicky najefektívnejších produktov, čo chce spoločnosť dosiahnuť prostredníctvom konzistentného a presného zberu údajov a zamestnávaním vysokokvalifikovaných zamestnancov v dôležitých divíziách spoločnosti, ako sú výroba, ľudské zdroje, energetika, logistika a divízie kvality. Štvrtý cieľ je zameraný na dosiahnutie technickej sofistikovanosti, ktorá sa týka zamestnancov, výrobných zariadení, ale aj budov využívaných na obchodné aktivity. Na základe výskumnej metódy pološtruktúrovaných rozhovorov boli identifikované inteligentné technológie Priemyslu 4.0 používané v skúmanom priemyselnom podniku. Výsledky sú uvedené v tabuľke nižšie.

#### Tabuľka 4 Implementácia inteligentných technológií Priemyslu 4.0 v spoločnosti Whirlpool Slovakia

Inteligentné technológie Industry 4.0	Implementované inteligentné technológie	Inteligentné technológie využívané na znižovanie logistických rizík
Analýza veľkých dát (BDA)	✓	✓
Cloudy a cloud computing	✓	✓
Priemyselný internet vecí (IoT)	✓	✓
Systémová horizontálna a vertikálna integrácia	✓	✓
Autonómne roboty	✓	✓
Simulácie a digitálne dvojča	✓	✓
Aditívna výroba (3D tlač)	x	x
Rozšírená realita (AR)	x	x
Kybernetická bezpečnosť	✓	✓
Fyzikálno-kybernetické systémy(CPS)	x	x
Blockchain	x	x
Umelá inteligencia (AI)	x	x

Prameň: Vlastné spracovanie

Z výsledkov výskumu môžeme konštatovať a odpovedať na prvú výskumnú otázku, a to, ktoré inteligentné technológie Priemyslu 4.0 skúmaná spoločnosť implementovala a ktoré z nich využíva pri riadení rizík. Na zníženie rizík v dodávateľskom reťazci skúmaná spoločnosť na základe údajov získaných z pološtruktúrovaných rozhovorov a analýzy interných dokumentov využíva inteligentné technológie analýzu veľkých dát, cloud computing, priemyselný internet vecí, systémovú integráciu, autonómne roboty, simulácie a kybernetickú bezpečnosť. Zvyšných päť inteligentných technológií analyzovaná spoločnosť neimplementovala a nevyužíva na zmiernenie logistických rizík.

### 3.2. Znižovanie logistických rizík využitím inteligentných technológií v analyzovanej spoločnosti

Na základe pološtruktúrovaných rozhovorov s manažermi spoločností z rôznych oddelení sú ďalšími zisteniami tejto štúdie logistické riziká, ktoré ohrozujú skúmanú spoločnosť, a logistické riziká, ktorých hrozby môže spoločnosť zmierniť pomocou špecifických inteligentných technológií Priemyslu 4.0. Výsledky výskumu poukazujú na skutočnosť, že skúmaná spoločnosť je schopná zmierniť logistické riziká, ktoré sa týkajú logistických procesov počas jednotlivých fáz výroby finálneho produktu, pomocou implementovaných inteligentných technológií. Ide najmä o riziká oneskorenej expedície tovaru, oneskorenej naložky tovaru a oneskoreného dodania tovaru zákazníkovi v dôsledku poruchy výrobného zariadenia, ktoré sú zmiernované väčšinou implementovaných inteligentných technológií v skúmanej spoločnosti. Na zníženie týchto logistických rizík spoločnosť využíva analýzu veľkých dát, cloud computing, priemyselný internet vecí, systémovú integráciu, autonómne roboty, simulácie, digitálne dvojčatá a kybernetickú bezpečnosť. Takmer všetky implementované technológie Priemyslu 4.0 v analyzovanej spoločnosti umožňujú spoločnosti zmierniť logistické riziko straty tovaru a riziko krádeže tovaru, pretože senzory, ktoré monitorujú pohyb tovaru v celom logistickom reťazci, posielajú informácie do databáz, ktoré následne spracovávajú a vyhodnocujú implementované inteligentné technológie. Riziko nevhodných skladovacích podmienok a riziko prírodných vplyvov počas prepravy tovaru môže skúmaná spoločnosť zmierniť pomocou technológií priemyselného internetu vecí, systémovej integrácie, autonómnych robotov, simulácií a digitálneho dvojčata. Zmiernenie rizika poškodenia tovaru inou osobou umožňujú technológie priemyselného internetu vecí,

systemovej integrácie a autonómnych robotov. Na základe výsledkov výskumu môžeme konštatovať, že väčšina implementovaných inteligentných technológií v skúmanej spoločnosti sa používa na prevenciu a zmiernenie logistických rizík, ktoré môžu spoločnosť ohroziť počas výroby a prepravy produktu v rámci spoločnosti, t. j. ide o riziká súvisiace s internými logistickými procesmi. Na základe výsledkov výskumu boli presne identifikované logistické riziká, ktoré skúmaná spoločnosť môže zmierniť pomocou inteligentných technológií a boli tieto technológie jasne špecifikované. Na základe výskumných zistení o tom, ktoré inteligentné technológie spoločnosť Whirlpool Slovakia implementovala do svojej praxe a ktoré logistické riziká ju ohrozujú, boli získané cenné údaje, ktoré boli vzájomne prepojené. Výsledky výskumu špecifikovali, ktoré logistické riziká ohrozujúce spoločnosť sú zmiernené pomocou konkrétnej inteligentnej technológie a ukazujú reálne prípady aplikácie inteligentných technológií v riadení rizík v skúmanej spoločnosti. Inteligentné technológie Priemyslu 4.0 pomáhajú skúmanej spoločnosti znižovať logistické riziká, ktoré jej hrozia aj v externom logistickom prostredí. Ide o inteligentné technológie analýza veľkých dát a cloud computing, ktoré na základe výsledkov výskumu dokážu okrem už spomínaných logistických rizík znížiť logistické riziko poruchy vozidla a nepokračovania v preprave, riziko z titulu dopravnej nehody iných vozidiel, riziko z dôvodu poškodenia vozovky, riziko prekážok na ceste, riziko dopravných zápch v dôsledku cestnej preťažnosti, riziko nepriaznivého počasia, riziko prírodných katastrof a nepriaznivých prírodných javov, riziko poškodenia tovaru počas prepravy, riziko poškodenia tovaru v dôsledku prírodných vplyvov a riziko zlyhania komunikácie s vodičom alebo GPS navigácie. Skúmaná spoločnosť zmierňuje logistické riziko poškodenia tovaru počas prepravy a riziko poškodenia tovaru v dôsledku prírodných vplyvov vo internej preprave v rámci spoločnosti pomocou inteligentných technológií, ako je priemyselný internet vecí, systémová integrácia a autonómne roboty. Skúmanej spoločnosti umožňujú zmierniť logistické riziko nedostatku kvalifikovaných vodičov a logistické riziko zlyhania komunikácie s vodičom autonómne roboty, konkrétne ide o automaticky riadené vozidlá. Inteligentné technológie Priemyslu 4.0 implementované v skúmanej spoločnosti pomáhajú tejto spoločnosti predchádzať logistickým rizikám, ktoré túto spoločnosť ohrozujú v interných aj externých logistických procesoch, a tým znižovať ich výskyt v celom logistickom reťazci. Výsledky výskumu sú zhrnuté v matici 1, ktorá v stĺpcoch definuje inteligentné technológie Priemyslu 4.0 a v riadkoch logistické riziká ohrozujúce skúmanú spoločnosť.

## ACTA AERARII PUBLICI, vol. 22, 2025, no. 2

**Matica 1 Logistické riziká v spoločnosti Whirlpool Slovakia znížené použitím inteligentných technológií**

Kód rizika	Logistické riziko	Analýza veľkých dát	Cloudy a cloud computing	Internet vecí	Systémová integrácia	Autonómne roboty	Simulácia a digitálne dvojča	Kyber. bezpečnosť
LR01	Porucha vozidla bez možnosti pokračovania v preprave.	✓		✓				
LR02	Poškodenie špeciálneho vybavenia vozidla (napr. klimatizovaná nadstavba)							
LR03	Nehoda vozidla, zrážka s divou zverou, únik prepravovaných látok.							
LR04	Dopravná nehoda s účasťou iných vozidiel na dopravnej trase	✓	✓					
LR05	Práce na cestách, poškodenie vozovky	✓	✓					
LR06	Prekážky na ceste (uvoľnený náklad, prioritná preprava)	✓	✓					
LR07	Dopravné zápchy spôsobené dopravnými prekážkami, štrajk na cestách	✓	✓					
LR08	Nepriaznivé počasie (hmla, ľad, snehová búrka, silný dážď, spadnutý strom)	✓	✓					
LR09	Prírodné katastrofy a nepriaznivé prírodné javy (povodne, búrky, požiare, zemetrasenia)	✓	✓					
LR10	Predĺženie doby prepravy z dôvodu neznalosti právnych noriem a legislatívy cudzej krajiny							
LR11	Porucha komunikácie s vodičom alebo porucha GPS navigácie, informačných technológií	✓	✓			✓		
LR12	Zranenie alebo choroba vodiča počas prepravy.		✓					
LR13	Poškodenie tovaru počas prepravy (výbuch počas prepravy nebezpečných látok)	✓	✓	✓	✓	✓		
LR14	Poškodenie tovaru v dôsledku prírodných vplyvov (blesk, silný vietor)	✓	✓	✓	✓	✓		
LR15	Poškodenie tovaru inou osobou, vandalizmus			✓	✓	✓		
LR16	Strata tovaru počas prepravy (nesprávne zabezpečenie tovaru)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
LR17	Krádež tovaru	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
LR18	Problémy s nakladaním/vykladaním tovaru		✓				✓	
LR19	Zdržania na hraničných kontrolách pri prekračovaní štátnych hraníc.							
LR20	Prerušenie výroby a následné oneskorenie expedície tovaru, oneskorenie nakládky tovaru	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
LR21	Rastúce ceny komodít (ropa, energie) a následný nárast cien pohonných hmôt.	✓	✓					
LR22	Nevhodné skladovacie podmienky a prírodné javy počas prepravy tovaru			✓	✓	✓	✓	
LR23	Zvýšené náklady na dopravu (diaľničné poplatky, pokuty za dopravné priestupky, predpisy)							
LR24	Oneskorené dodanie tovaru, porucha výrobného zariadenia, prestoje	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
LR25	Nedostatok kvalifikovaných vodičov					✓		

Prameň: Vlastné spracovanie

Legenda: ✓ – implementované a využívané na znižovanie logistických rizík

Výsledky výskumu ukazujú, že analýza veľkých dát a dátové úložiská pomáhajú skúmanému podniku znižovať väčšinu dôležitých logistických rizík. Je to umožnené tým, že tieto dve inteligentné technológie dokážu sumarizovať obrovské množstvá dát z množstva zdrojov údajov a senzorov. Môžeme skonštatovať, že inteligentné technológie analýza veľkých dát a dátové úložiská sú pre podniky technologicky dostupnejšie a dokážu veľmi rýchlo a flexibilne spracovať veľké množstvo údajov z obrovského počtu informačných zdrojov pri relatívne nízkych prevádzkových nákladoch v porovnaní s ostatnými inteligentnými technológiami. Na základe údajov, ktoré poskytujú veľké dáta a dátové úložiská je možné potenciálne logistické riziká zmierniť, znižovať a eliminovať.

Skúmaný Priemyselný podnik využíva pre účely znižovania logistických rizík tie inteligentné technológie, ktoré dokážu zmierniť čo najväčší rozsah rizík, čím dosahujú požadovanú ekonomickú efektívnosť. Pre skúmaný podnik bolo dôležité zdokonalenie prediktívnej analýzy, ktorá dokáže poskytovať včasné varovanie pred blížiacim sa potenciálnym rizikom. Takýmto spôsobom je skúmaný podnik schopný prijať preventívne opatrenia zabráňujúce vzniku rizikovej udalosti. Prípadne, ak inteligentné systémy identifikujú riziko, sú tieto systémy schopné automaticky spúšťať preddefinované postupy a opatrenia na jeho zmiernenie alebo elimináciu, čím sa zníži potreba ľudskej zásahu a zrýchli reakčný čas na vzniknutú situáciu. Inteligentné technológie umožňujú skúmanému podniku detailnejšie sledovanie tovaru v logistickom reťazci, čím sa znižujú riziká s prerušením dodávok. Nasledujúca podkapitola uvádza reálne príklady aplikácie inteligentných technológií za účelom znižovania rizík v dodávateľskom reťazci.

### **3.3. Aplikácia zmiernovania logistických rizík využitím implementovaných inteligentných technológií Priemyslu 4.0 v skúmanom podniku**

Spoločnosť Whirlpool Slovakia využíva inteligentné technológie podporujúce digitálny zber dát, analýzu dát a optimalizáciu procesov a výrobných systémov, čo umožňuje predchádzať hrozbám a rizikám vo výrobných a logistických procesoch. Pre prevádzku a plánovanie výroby spoločnosť využíva ERP a MES systémy, ktoré zhromažďujú a vyhodnocujú údaje o internej produkcii, čo pomáha identifikovať nové príležitosti na zlepšenie interných procesov. Spoločnosť vyvinula systém riadenia zásob vo forme „elektronického kanbanu“, ako aj podrobné plánovanie expedícií a týždennej prepravy pomocou softvérového riešenia PIEx, ktoré je prepojené s firemným systémom. Ide o systém zameraný na riadenie toku materiálu a informácií s cieľom uspokojiť zákazníka dodaním správneho produktu v správnom čase, v požadovanom množstve a v požadovanej kvalite. Efektivita výrobných liniek a základných výrobných procesov sa v spoločnosti presne meria prostredníctvom elektronického systému OEE (Overall Equipment Effectiveness), na základe ktorého má spoločnosť online prehľad o výrobných linkách a ich aktuálnej produkcii. Pomocou tohto systému spoločnosť sleduje výrobné straty, produktivitu výrobných zariadení v porovnaní s ich celkovou kapacitou a je schopná eliminovať plytvanie z výrobných procesov. Tento systém umožňuje zaznamenávanie mikroprestojov a v prípade prestojov presahujúcich 2 minúty spoločnosť vedie záznamy o dôvodoch prestojov za účelom analýzy ich príčin. Spoločnosť Whirlpool Slovakia implementovala digitálne dvojča svojej výrobnej haly s cieľom optimalizovať interné logistické procesy. Tento virtuálny model umožňuje simulovať rôzne scenáre a identifikovať slabé miesta pred implementáciou zmien v reálnom prostredí. Spoločnosť implementuje systémy pre online monitorovanie logistických zariadení, čo jej umožňuje sledovať ich stav a výkon v reálnom čase.

### *a) Analýza veľkých dát*

Analýza veľkých dát umožňuje spoločnosti v prípade štúdie spracovať obrovské množstvo dát z rôznych zdrojov dát. Dáta na analýzu sa získavajú zo senzorov, informačných serverov a informačných databáz. Analýzou dát môže spoločnosť predpovedať, kedy môže dôjsť k potenciálnej poruche vo výrobe. Implementáciou prediktívnej údržby spoločnosť predchádza hroziacim poruchám, neplánovaným prestojom a oneskoreným dodávkam tovaru svojim zákazníkom. Analýza veľkých dát umožňuje spoločnosti predpovedať požiadavky spotrebiteľov, čo znamená minimalizovať riziko nedostatku zásob, s tým spojené neočakávané prestoje a riziko oneskorených dodávok. Spoločnosť využíva analýzu veľkých dát z informačných databáz na určenie najefektívnejšej trasy prepravy materiálov, aby sa predišlo preprave cez oblasti s vysokou nehodovosťou a aby sa minimalizoval vplyv rizika nepriaznivého počasia a oneskorených dodávok. Podľa vyjadrenia manažéra R&D „analýzou dát zo senzorov v dopravnom vozidle má spoločnosť k dispozícii údaje o technických parametroch vozidla a tovaru počas prepravy.“ Na základe týchto dát môže spoločnosť včas identifikovať potenciálne problémy, znížiť riziko poruchy vozidla, riziko poškodenia tovaru a riziko nedodržania termínov plánovaného dodania tovaru zákazníkom. Podľa vyjadrenia respondentov „analýza veľkých dát umožňuje spoločnosti zachytiť odchýlky a hrozby v dodávateľskom reťazci“, a tým rozpoznať nepredvídané okolnosti a prijať rýchle opatrenia na ich odstránenie.

### *b) Cloudy a cloud computing*

Cloudy a cloud computing v spojení so senzorovými technológiami pomáhajú skúmanej spoločnosti monitorovať pohyb tovaru v reálnom čase, čo umožňuje spoločnosti flexibilne reagovať v prípadoch odchýlky od plánovaných termínov, optimalizovať prepravné trasy a minimalizovať riziko oneskorenia pri dodávke tovaru zákazníkom. Sensory v skladoch prenášajú údaje o množstve a umiestnení skladového materiálu do cloudu, čo umožňuje spoločnosti neustále sledovať stav svojich zásob. Podľa vyjadrenia manažéra výroby „na základe údajov z cloudu a senzorov je spoločnosť schopná vykonať okamžitú inventúru“, čo znižuje riziko straty alebo krádeže tovaru. Využívaním cloudov a cloud computingu skúmaná spoločnosť zvyšuje efektívnosť a spoľahlivosť svojich logistických procesov.

### *c) Priemyselný internet vecí*

Internet vecí prostredníctvom siete prepojených zariadení a senzorov pomáha skúmanej spoločnosti získať obrovské množstvo údajov v reálnom čase, ktoré spoločnosť následne analyzuje a využíva na zlepšenie efektívnosti a predchádzanie možným hrozbám v logistickom reťazci. Sensory umiestnené na paletách a regáloch umožňujú spoločnosti sledovať presné množstvo a umiestnenie jednotlivých materiálových položiek, čo výrazne znižuje riziko chýbajúceho tovaru a riziko oneskoreného dodania finálneho produktu zákazníkom. Priemyselný internet vecí umožňuje spoločnosti monitorovať technický stav dopravných prostriedkov a výrobných zariadení pomocou senzorov. Podľa vyjadrenia manažéra logistiky „v prípade potenciálnej poruchy priemyselný internet vecí predpovedá poruchu zariadenia,“ čo umožňuje spoločnosti vyhnúť sa prestojom, časovým oneskoreniam a znížiť riziko prerušenia výroby. Priemyselný internet vecí dokáže sledovať pohyb tovaru v sklade, čo zabezpečuje efektívne a rýchle vyskladnenie v spoločnosti.

### *d) Horizontálna a vertikálna integrácia systému*

Systemová integrácia v skúmanej spoločnosti spája jednotlivé softvérové a hardvérové systémy do jedného celku. Takto prepojený systém zabezpečuje plynulý tok informácií v spoločnosti, koordináciu logistických procesov a zníženie logistických rizík. Skúmaná spoločnosť integruje svoje údaje o zákazníkoch, produktoch a zásobách (ERP systémy), o riadení skladu (WMS systémy) a o prepravných trasách (TMS systémy). Na základe integrácie týchto systémov spoločnosť získava údaje zo senzorov a tým v reálnom čase dostáva informácie o poruchách, ktoré využíva na prediktívne plánovanie údržby. Systemová integrácia umožňuje spoločnosti automaticky generovať objednávky na doplnenie zásob, čo môže znížiť riziko nedostatku materiálu a riziko prerušenia výroby. Systemová integrácia pomáha spoločnosti optimalizovať umiestnenie tovaru v sklade, čím sa môže predísť poškodeniu materiálu, ktoré by mohlo spôsobiť riziko oneskorenia výroby v dôsledku oneskoreného dodania materiálu a riziko nedodania tovaru zákazníkovi v plánovanom termíne. Spoločnosť plánuje využiť systémovú integráciu aj na získanie informácií o prognózach dopytu zákazníkov. To by umožnilo optimalizáciu plánovania zásob a výroby a minimalizovalo by riziko nedostatku materiálu, ktorý by mohol spôsobiť prerušenie výroby a následné oneskorenie dodávok. Všetky relevantné údaje o zásobách, preprave a dodávkach sú zhromažďované na jednom mieste, čo spoločnosti umožňuje lepší prehľad a monitorovanie celého dodávateľského reťazca. Vďaka integrácii rôznych systémov je možné sledovať pohyb tovaru v reálnom čase, čo umožňuje včasnú identifikáciu a riešenie problémov. Systemová integrácia vecí predstavuje pre spoločnosť dôležitý nástroj na modernizáciu a optimalizáciu logistických procesov, pomocou ktorého môže zmierniť dopad logistických rizík a poskytovať zákazníkovi kvalitnejšie služby.

### *e) Autonómne roboty*

Analyzovaná spoločnosť využíva autonómne riadené vozidlá (AGV - Automated Guided Vehicle) na prepravu materiálov a surovín medzi vnútropodnikovými pracoviskami, čo spoločnosti umožňuje zvýšiť produktivitu práce, znížiť náklady na pracovnú silu a chybovosť vo výrobnom procese. Autonómne roboty dokážu optimalizovať svoje trasy v reálnom čase, čo vedie k úspore času pri preprave materiálu. Podľa vyjadrenia manažéra výroby „autonómne roboty dokážu pracovať nepretržite, čo zvyšuje produktivitu, skracuje dodacie lehoty, znižuje riziko prestojov“ a riziko oneskorenia výroby a dodávky tovaru.

### *f) Simulácie a digitálne dvojčatá*

Simulácie sú mimoriadne efektívnym nástrojom modernej logistiky. Umožňujú firmám vytvoriť virtuálny model reálneho logistického procesu, v ktorom je možné testovať rôzne scenáre, identifikovať potenciálne problémy, optimalizovať dodávateľský reťazec a minimalizovať logistické riziká. Týmto spôsobom je možné identifikovať potenciálne problémy skôr, ako sa stanú realitou. Porovnaním rôznych scenárov v simulácii si spoločnosť môže vybrať ten najefektívnejší a tým minimalizovať náklady a čas. Skúmaná spoločnosť využíva simuláciu na optimalizáciu pohybu materiálu, prepravných trás a hľadanie najkratších trás na presun materiálov medzi vnútropodnikovými pracoviskami. Whirlpool Slovakia využíva digitálne dvojča reálnej výroby na optimalizáciu svojich výrobných procesov, simuluje rôzne nastavenia výrobného procesu a vyhodnocuje, ktoré nastavenia sú najefektívnejšie. Tento virtuálny model sa neustále aktualizuje na základe údajov z reálneho prostredia, čo umožňuje simulovať rôzne scenáre a identifikovať slabé miesta výroby pred implementáciou zmien v reálnom prostredí. Týmto spôsobom môže spoločnosť implementovať zmeny v reálnej výrobe bez rizika prerušenia, minimalizovať prestoje, predpovedať poruchy strojov a zariadení a

oneskorenia výroby a zmierniť riziká, ktoré by mohli spôsobiť oneskorenia vo výrobe a dodávkach tovaru koncovým zákazníkom.

### *g) Kybernetická bezpečnosť*

Kybernetická bezpečnosť chráni citlivé informácie o zákazníkoch, dodávateľoch a interných procesoch pred neoprávneným prístupom a informačné systémy a zariadenia pred kybernetickými útokmi, ktoré by mohli spôsobiť výpadky a narušenie prevádzky spoločnosti, oneskorenia vo výrobe a dodávkach zákazníkom. Skúmaná spoločnosť využíva inteligentné technológie kybernetickej bezpečnosti na ochranu firemných údajov, údajov o zásobách a údajov o finančných transakciách. Kybernetická bezpečnosť v skúmanej spoločnosti je implementovaná prostredníctvom viacfaktorového overovania prístupu k logistickým systémom, pravidelného zálohovania údajov, používania antivírusových programov, aktualizácie softvérových aplikácií a implementácie bezpečnostných štandardov.

## 4. DISKUSIA

Inteligentné technológie Priemyslu 4.0 môžu významne prispieť k zmierneniu alebo predpovedaniu logistických rizík. Na základe zistení a výsledkov výskumu z prípadovej štúdie v priemyselnej spoločnosti Whirlpool Slovakia vyplýva, že implementované inteligentné technológie umožňujú predpovedať potenciálne hrozby a predchádzať negatívnym dopadom v logistických procesoch. Zníženie alebo zmiernenie rizík pomocou implementovaných inteligentných technológií Priemysel 4.0 možno chápať aj v zmysle predpovedania, predpokladania alebo varovania, že hrozba rizika pravdepodobne nastane v určitom čase a za určitých okolností, a preto je možné prijať preventívne opatrenia. Inteligentné technológie Priemyslu 4.0 používané skúmanou spoločnosťou: analýza veľkých dát, cloud computing, priemyselný internet vecí, systémová integrácia, autonómne zariadenia, simulácie a digitálne dvojča umožňujú vyhodnotenie a poskytovanie informácií o tom, kedy a kde môže nastať potenciálna riziková situácia, a poskytujú spoločnosti včasné varovanie. Logistické riziká budú priemyselné spoločnosti neustále ohrozovať, ale digitálne technológie Priemyslu 4.0 môžu pomôcť predchádzať týmto rizikám a ponúknuť riešenia na zabránenie vzniku rizikových situácií. Implementované inteligentné technológie Priemyslu 4.0 využívajú senzory v zariadeniach na zhromažďovanie údajov o stave strojov a ich výkone, predpovedanie potenciálnych porúch, plánovanie údržby a odporúčanie preventívnych opatrení ešte predtým, ako nastane problémová situácia. Prediktívna údržba minimalizuje riziko prestojov, zabezpečuje plynulú výrobu a zvyšuje spoľahlivosť logistických procesov. Senzory odosielajúce údaje na spracovanie a analýzu pre inteligentné technológie Priemyslu 4.0 dokážu sledovať pohyb tovaru v rôznych fázach dodávateľského reťazca v reálnom čase, čo umožňuje skúmanej spoločnosti zlepšiť prehľadnosť a transparentnosť logistických procesov a identifikovať potenciálne problémy, ako sú oneskorenia, straty alebo poškodenie tovaru, skôr ako táto situácia nastane. Analyzovaná spoločnosť využíva v internej logistike autonómne vozidlá, ktoré dokážu prepravovať materiál medzi internými pracoviskami s vysokou presnosťou a dodržiavaním harmonogramu bez rizika prestojov v dôsledku ľudských chýb. Takáto automatizácia logistických procesov pomocou autonómnych robotov znižuje riziko ľudských chýb, zvyšuje efektivitu práce a znižuje riziko nedostatku materiálu a oneskorených dodávok. Kybernetická bezpečnosť pomáha skúmanej spoločnosti chrániť citlivé firemné údaje pred neoprávneným prístupom k firemným informačným systémom používaných v logistike a pred kybernetickými útokmi, ktoré by mohli spôsobiť prerušenie výroby a následné prestoje výroby. Výsledky prípadovej štúdie naznačujú, že väčšina inteligentných technológií Priemyslu

4.0, ktoré skúmaná spoločnosť implementovala vo svojej praxi, môže pomôcť zmierniť logistické riziká. V budúcnosti má skúmaná spoločnosť záujem o využitie implementovaných inteligentných technológií na predpovedanie dopytu na trhu s cieľom optimalizovať stav zásob a znížiť riziko nedostatku, alebo prebytku materiálu. Týmto spôsobom bude spoločnosť vďaka využitiu inteligentných technológií schopná rýchlejšie reagovať na zmeny na trhu a požiadavky zákazníkov.

Výrobné spoločnosti pôsobiace v rôznych odvetviach majú rôzne podmienky pre zavádzanie inteligentných technológií do svojich podnikateľských praktík. Rozmanitosť podmienok môže byť založená na rôznej veľkosti spoločnosti, technologickej vyspelosti, odlišnom odvetví alebo geografickej polohe. Riziká, ktorým výrobné spoločnosti čelia v logistike, sa však v mnohých prípadoch prekrývajú, pretože každá výrobná spoločnosť chce vyrobiť kvalitný produkt, dodať ho za dohodnutú cenu, v dohodnutom dodacom termíne a vyhnúť sa a predísť všetkým negatívnym situáciám, ktoré by mohli spôsobiť narušenie výrobných a logistických procesov. Vďaka inteligentným technológiám môže priemyselná firma zvýšiť transparentnosť svojich procesov, flexibilnejšie reagovať na zmeny na trhu a zmierniť logistické riziká. Investícia do týchto technológií sa preto stáva nevyhnutnosťou pre každú spoločnosť, ktorá chce zostať konkurencieschopná a úspešná na trhu. Jednou z oblastí, kde môžu spoločnosti efektívne implementovať inteligentné technológie, je dodávateľský reťazec. Priemysel 4.0 prináša do oblasti logistiky množstvo inovatívnych riešení a ponúka obrovský potenciál pre zvýšenie bezpečnosti, efektívnosti a transparentnosti. Jednou z kľúčových výhod používania inteligentných technológií je schopnosť výrazne znížiť logistické riziká, ktoré sú neoddeliteľnou súčasťou každého dodávateľského reťazca. Výsledky štúdie poukazujú na skutočnosť, že implementácia inteligentných technológií Priemyslu 4.0 v analyzovanej spoločnosti umožňuje zmiernenie rizík v logistike. Zníženie logistických rizík pomocou inteligentných technológií Priemyslu 4.0 je možné vďaka informáciám alebo znalostiam o pravdepodobných a predpovedaných rizikových hrozbách, na základe ktorých je možné prijať opatrenia.

Digitálne technológie Priemyslu 4.0 tak ponúkajú riešenia na predchádzanie týmto rizikám. Implementované technológie Priemyslu 4.0, ako sú analýza veľkých dát, cloud computing, internet vecí, systémová integrácia, autonómne roboty, simulácie v reálnom čase a digitálne dvojča, pomáhajú znižovať riziká dodávateľského reťazca súvisiace najmä s vnútro podnikovou logistikou. V súlade s výsledkami prípadovej štúdie by sa využitie inteligentných technológií Priemyslu 4.0 v riadení logistických rizík mohlo odporučiť ako moderná alternatíva na zníženie logistických rizík aj v iných priemyselných spoločnostiach. Implementácia inteligentných technológií v logistike prináša výhody ako zvýšená sledovateľnosť logistického reťazca, prediktívna údržba, zvýšená kvalita produktov, optimalizácia prepravných trás, automatizácia procesov, zvýšená bezpečnosť, znížené logistické riziká, zvýšená konkurencieschopnosť, zvýšená flexibilita a lepšia spokojnosť zákazníkov. Logistické riziká predstavujú hrozby, ktoré môžu priemyselnej spoločnosti spôsobiť materiálne a finančné škody a časové straty, čo zvyčajne vedie k oneskoreným dodávkam a nespokojnosti zákazníkov. Implementáciou inteligentných technológií Priemyslu 4.0 a ich používaním v reálnej praxi sa priemyselná spoločnosť môže včas vyhnúť nebezpečenstvám a hrozbám, ktoré by s najväčšou pravdepodobnosťou nastali, ak by spoločnosť tieto technológie nemala.

Implementácia inteligentných technológií prináša množstvo výhod, no zároveň čelí rôznym bariéram a obmedzeniam, ktoré môžu spomaliť alebo znemožniť ich úspešné zavedenie. Tieto bariéry sa týkajú technických, ekonomických, organizačných, sociálnych a etických aspektov. Skúmaná spoločnosť pri implementácii inteligentných technológií čelila

problémom s nedostatkom kvalifikovaného personálu, problémom s integráciou, problémom s bezpečnosťou a ochranou súkromia a etickými bariérami. Zavedenie inteligentných technológií si vyžaduje značné finančné prostriedky na nákup hardvéru, softvéru a infraštruktúry a následné investície do ich údržby a aktualizácií. V skúmanej spoločnosti bola výzvou integrácia nových inteligentných technológií s existujúcimi staršími systémami, čo bolo technicky aj ekonomicky náročné. Inteligentné technológie zhromaždili rozsiahle množstvo dát, vrátane osobných údajov zamestnancov, čo vyvolalo obavy o ich ochranu a súlad s legislatívou. Významnou etickou bariérou bolo pri implementácii určenie zodpovednosti v prípade chyby alebo škody spôsobenej autonómnym zariadením.

Skúmaná spoločnosť Whirlpool Slovakia implementovala do svojej podnikateľskej praxe sedem inteligentných technológií, a to: Analýzu veľkých dát, dátové úložiská a cloudy, priemyselný internet vecí, systémovú integráciu, autonómne roboty, simulácie a kybernetickú bezpečnosť. Všetky implementované inteligentné technológie skúmaná spoločnosť využíva za účelom znižovania logistických rizík. Ide o tieto logistické riziká:

**Tabuľka 5 Logistické riziká znižované pomocou inteligentných technológií**

Kód rizika	Logistické riziko
LR01	Porucha vozidla bez možnosti pokračovania v preprave.
LR04	Dopravná nehoda s účasťou iných vozidiel na dopravnej trase
LR05	Práce na cestách, poškodenie vozovky
LR06	Prekážky na ceste (uvoľnený náklad, prioritná preprava)
LR07	Dopravné zápchy spôsobené dopravnými zápchami, štrajk na cestách
LR08	Nepriaznivé počasie (hmla, ľad, snehová búrka, silný dážď, spadnutý strom)
LR09	Prírodné katastrofy a nepriaznivé prírodné javy (povodne, búrky, požiare, zemetrasenia)
LR11	Porucha komunikácie s vodičom alebo porucha GPS navigácie, informačných technológií
LR12	Zranenie alebo choroba vodiča počas prepravy.
LR13	Poškodenie tovaru počas prepravy (výbuch počas prepravy nebezpečných látok)
LR14	Poškodenie tovaru v dôsledku prírodných vplyvov (blesk, silný vietor)
LR15	Poškodenie tovaru inou osobou, vandalizmus
LR16	Strata tovaru počas prepravy (nesprávne zabezpečenie tovaru)
LR17	Krádež tovaru
LR18	Problémy s nakladaním/vykladaním tovaru
LR20	Prerušenie výroby a následné oneskorenie expedície tovaru, oneskorenie nakládky tovaru
LR21	Rastúce ceny komodít (ropa, energie) a následný nárast cien pohonných hmôt.
LR22	Nevhodné skladovacie podmienky a prírodné javy počas prepravy tovaru
LR24	Oneskorené dodanie tovaru, porucha výrobného zariadenia, prestoje
LR25	Nedostatok kvalifikovaných vodičov

Prameň: vlastné spracovanie, 2024

Tsao (2017) skúmal riziko zlyhania v dodávateľskom reťazci a spôsoby, ako toto riziko zmierniť pomocou inteligentnej technológie analýzy veľkých dát. Výsledkom jeho výskumu bolo zistenie, že využitie dát umožňuje včasné a rýchle rozhodnutia, a preto analýza veľkých dát môže výrazne pomôcť spoločnostiam efektívne zmierniť zlyhania v dodávateľskom reťazci. Vo svojej práci autor identifikuje špecifickú inteligentnú technológiu Priemyslu 4.0, analýzu veľkých dát, ktorú možno použiť na zmiernenie zlyhania a z neho vyplývajúcich logistických rizík. V porovnaní s výsledkami výskumu v prípadovej štúdii je možné vyjadriť rovnaký názor

a dospieť k záveru, že riziká v dodávateľskom reťazci je možné efektívne a účinne znížiť pomocou inteligentnej technológie analýzy veľkých dát. Autori El Mesmary a Said (2019) vo svojej práci skúmali, ako inteligentné technológie Priemyslu 4.0 ovplyvňujú dodávateľský reťazec a logistické procesy. Podrobnejšie rozoberajú technológie cloud computingu, veľkých dát, priemyselného internetu vecí a blockchainu. Na základe štúdie týchto autorov inteligentná technológia analýzy veľkých dát poskytuje časovo relevantné údaje týkajúce sa predpovedania dopytu, skracaje reakčný čas na rozhodovanie a umožňuje predpovedať riziká v dodávateľskom reťazci. Autori štúdie konkrétne neuvádzajú, ktoré riziká v dodávateľskom reťazci je možné predvídať, ale vo svojej štúdii špecifikujú konkrétne inteligentné technológie, ktoré umožňujú spoločnosti predchádzať rizikám v logistike. V porovnaní s výskumom v prípadovej štúdii máme rovnaký názor na možnosť zníženia logistických rizík prostredníctvom inteligentných technológií analýzy veľkých dát, cloud computing a priemyselného internetu vecí. Autori Tupa, Simota a Steiner (2017) vo svojej práci predstavili návrh rámca pre implementáciu riadenia rizík podľa požiadaviek konceptu Priemysel 4.0. Uvádzajú, že na základe obrovského množstva dát, ktoré je možné spracovať inteligentnými technológiami Priemyslu 4.0, je možné presnejšie predpovedať potenciálne typy hrozieb, škôd a pravdepodobnosť ich výskytu. Autori nešpecifikujú potenciálne hrozby, ale návrhom rámca pre implementáciu riadenia rizík zároveň potvrdzujú výsledky výskumu v prípadovej štúdii, že inteligentné technológie umožňujú predvídať a predchádzať logistickým rizikám.

Prezentovaná prípadová štúdia sa od prípadových štúdií z literatúry odlišuje prepojením konkrétneho reálneho logistického rizika s inteligentnými technológiami Industry 4.0, ktoré dané riziko dokážu znižovať, prípadne eliminovať. Väčšina štúdií v literatúre uvádza inteligentné technológie, ale bez detailného uvedenia konkrétnych znižovaných rizík. Iné štúdie prezentujú zmierňované logistické riziká, ale len v rámci jednej inteligentnej technológie.

Implementácia inteligentných technológií prináša mnohé výhody, no súčasne vytvára aj nové technické, organizačné, ekonomické, kybernetické a sociálne riziká. Riziká môžu priniesť výpadky senzorov a serverov, čo môže spôsobiť narušenie prevádzky. Integrácia systémov môže byť spojená s problémami s kompatibilitou, čo predlžuje ich implementáciu. Zavádzanie inteligentných technológií prináša ekonomické riziká vo forme vyšších počiatočných nákladov, kybernetické riziká vo forme hackerských útokov a organizačné riziká vo forme nízkej digitálnej gramotnosti zamestnancov.

Skúmaný podnik patri počtom zamestnancov medzi veľké priemyselné podniky, ktorý je na vysokej technologickej úrovni. Môžeme konštatovať, že implementácia inteligentných technológií si vyžaduje, aby podnik disponoval technologickou vyspelosťou a dostatočnými finančnými zdrojmi. Uvedené atribúty spĺňajú vo väčšine prípadovstredne veľké a veľké podniky.

Originálny prínos prípadovej štúdie v porovnaní s predchádzajúcimi štúdiami spočíva v nových poznatkoch, ktoré vyplňajú medzeru v literatúre o skúmanej problematike riadenia rizík so zameraním na znižovanie dôležitých rizík v logistike. Prípadová štúdia ponúka podrobnú analýzu využitia inteligentných technológií v konkrétnom priemyselnom podniku a špecifikáciu jednotlivých inteligentných technológií Priemyslu 4.0 a ich priradenie k jednotlivým logistickým rizikám za účelom ich zníženia. Výsledky primárneho výskumu poskytujú empirické údaje, ktoré možno využiť v ďalšom výskume a prispieť k vývoju nových prístupov k riadeniu rizík. Výsledky ukazujú, že implementácia inteligentných technológií Priemyslu 4.0 zvyšuje efektívnosť a účinnosť riadenia rizík v logistike a má potenciál prispieť k zvýšeniu konkurencieschopnosti. Implementácia zistení tejto štúdie môže pomôcť priemyselným podnikom minimalizovať, znížiť alebo eliminovať logistické riziká.

## ZÁVER

Budúcnosť využívania inteligentných technológií v riadení rizík sa vyznačuje zvyšovaním technologickej úrovne technológií a procesov. Priemysel 4.0 definuje metódy riadenia technológií, ktoré sa už používajú najmä v oblastiach priemyselnej výroby, kde stroje, zariadenia a výrobky navzájom komunikujú a sú individuálne organizované vo výrobnom procese. Vplyvom týchto faktorov sa zlepši schopnosť znižovať alebo eliminovať riziko, čo zvýši význam využívania technológií Priemyslu 4.0 v riadení rizík. Na základe výsledkov výskumu sme zistili, že implementáciou inteligentných technológií Priemyslu 4.0 a ich používaním v praxi sa priemyselná spoločnosť môže včas vyhnúť nebezpečenstvám a hrozbám, ktoré by s najväčšou pravdepodobnosťou nastali, ak by tieto technológie nemala. Z výsledkov výskumu je dôležité poukázať na praktické odporúčania, ktoré môžu byť veľmi užitočné pre spoločnosti, ktoré už implementovali alebo majú záujem o implementáciu inteligentných technológií Priemyslu 4.0 na zníženie logistických rizík. Výsledky výskumu potvrdili, že v skúmanej spoločnosti sa najviac logistických rizík zmiernuje prostredníctvom analýza veľkých dát a cloud computingu. Tieto dve najefektívnejšie inteligentné technológie pomáhajú znižovať nasledovné logistické riziká: Porucha vozidla, poškodenie špeciálneho vybavenia vozidla, nehoda vozidla, dopravná nehoda, práce na cestách, poškodenie vozovky, prekážky na ceste, dopravné zápchy, štrajk na cestách, nepriaznivé počasie, prírodné katastrofy a nepriaznivé prírodné javy, neznalosť právnych noriem, porucha komunikácie s vodičom alebo porucha GPS, zranenie alebo choroba vodiča, poškodenie tovaru, poškodenie tovaru v dôsledku prírodných vplyvov, poškodenie tovaru inou osobou, vandalizmus, strata tovaru, krádež tovaru, problémy s nakladaním/vykladaním tovaru, zdržania na hraničných kontrolách, prerušenie výroby a následné oneskorenie expedície, rastúce ceny komodít, nevhodné skladovacie podmienky, zvýšené náklady na dopravu, oneskorené dodanie tovaru, nedostatok kvalifikovaných vodičov.

Informácie poskytované týmito dvoma inteligentnými technológiami možno flexibilne využiť pri manažérskom rozhodovaní a zmiernovaní špecifických rizík v logistike. Odporúčaním pre ostatné priemyselné spoločnosti je využívať inteligentné technológie, ktorých aplikácie dokážu zmierniť čo najširšiu škálu rizík v logistike. Dôležité bude zlepšenie prediktívnej analýzy, ktorá by mohla poskytnúť včasné varovanie pred hroziacim potenciálnym rizikom. Týmto spôsobom budú spoločnosti schopné prijať preventívne opatrenia. Prípadne, ak inteligentné systémy identifikujú riziko, budú tieto systémy schopné automaticky spustiť preddefinované postupy a opatrenia na jeho zmiernenie alebo odstránenie, čím sa zníži potreba ľudského zásahu a zrýchli sa reakčný čas. Očakáva sa, že úroveň kybernetickej bezpečnosti sa zvýši a dosiahne sa hlbšie a širšie prepojenie firemných systémov s implementovanými inteligentnými technológiami. Pokročilejšie inteligentné technológie umožnia detailnejšie sledovanie tovaru v logistickom reťazci, čím sa znížia riziká prerušenia dodávok. Na implementáciu, prevádzku a používanie inteligentných technológií bude potrebný kvalifikovaný personál so špecifickými zručnosťami.

Teoretickým prínosom štúdie sú nové poznatky, ktoré rozširujú teoretické základy v oblasti riadenia rizík a vyplňajú medzeru v literatúre v oblasti využívania inteligentných technológií Industry 4.0 v riadení rizík za účelom znižovania konkrétnych rizík v logistike. Rozšírenie konceptov riadenia rizík spočíva v identifikácii existujúcich logistických rizík, ktoré je možné znižovať, alebo eliminovať prostredníctvom inteligentných technológií Priemyslu 4.0.

Praktickým prínosom štúdie je detailná analýza využívania inteligentných technológií v priemyselnom podniku a výsledky výskumu, ktoré potvrdzujú, že inteligentné technológie môžu výrazne znížiť alebo eliminovať logistické riziká, čo môže slúžiť ako základ pre ďalšie štúdie a výskum v danej oblasti. Budúce výskumy by sa mohli zaoberať kvantifikáciou vplyvu inteligentných technológií na znižovanie rizík, prostredníctvom merania konkrétnych ukazovateľov rizika (čas meškania, počet incidentov) a porovnania stavu pred a po

implementácii technológií Implementácia zistení tejto štúdie môže pomôcť podnikom v riadení rizík a prispieť k vývoju nových prístupov k riadeniu rizík.

Obmedzením štúdie je výskum len v rámci jedného analyzovaného podniku, ale aj subjektívne hodnotenie respondentov. Štúdia ponúka hĺbkové porozumenie využívania inteligentných technológií za účelom znižovania logistických rizík, nie štatistickú generalizáciu. Napriek týmto obmedzeniam prináša štúdia presvedčivé dôkazy o tom, ktoré inteligentné technológie Priemyslu 4.0 môžu byť využívané na znižovanie, zmierňovanie a elimináciu konkrétnych logistických rizík v priemyselných podnikoch.

### LITERATÚRA

AFSHARI, H., JABER, M., SEARCY, C. 2019. Investigating the effects of learning and forgetting on the feasibility of adopting additive manufacturing in supply chains. *Comput. Ind. Eng.* 128, 576–590

ALI, I. and GÖLGEÇI, I. 2019. Where is supply chain resilience research heading? A systematic and cooccurrence analysis, *Int. J. Phys. Distrib. Logistics Manage.*, vol. 49, no. 8, pp. 793–815.

ALI, I., ARSLAN, A., KHAN, Z., & TARBA, S. Y. 2021. The Role of Industry 4.0 Technologies in Supply Chain Risk Mitigation: Empirical Evidence from the Food Processing Industry. *IEEE Transactions on Engineering Management*

ALJOHANI, A. 2023. Predictive analytics and machine learning for real-time supply chain risk mitigation and agility. *Sustainability*, Vol. 15 No. 20, 15088, doi: 10.3390/su152015088.

AVEN, T. 2016. Risk assessment and risk management: Review of recent advances on their foundation. *Eur. J. Oper. Res.* (2016), 253, 1–13

BAG, S., WOOD, L.C., Xu, L., DHAMIJA, P., KAYIKCI, Y. 2020. Big data analytics as an operational excellence approach to enhance sustainable supply chain performance. *Resour. Conserv. Recycl.* 153, 104559

BARMUTA, K., RUSAKOVA, N, MALKHASYAN, A. 2022. Improving the method of analyzing risks of the company's logistics processes. *Transportation Research Procedia*, 63: 737-745

BERGER, R., Industry 4.0 the New Industrial Revolution: How Europe Will Succeed.

BOGATAJ, D., BOGATAJ, M., HUDOKLIN, D. 2017. Mitigating risks of perishable products in the cyber-physical systems based on the extended MRP model. *Int. J. Prod. Econ.* 193, 51–62.

BOONE, T., GANESHAN, R., JAIN, A., SANDERS, N.R. 2018. Forecasting sales in the supply chain: consumer analytics in the big data era. *Int. J. Forecast.*

CAVALCANTE, I. M., FRAZZON, E., FORCELLINI, F., IVANOV, D. 2019. A supervised machine learning approach to data-driven simulation of resilient supplier selection in digital manufacturing. *Int. J. Inf. Manag.* 49, 86–97.

DANIEL, H. and FREDRIK, N. 2011. Logistics-driven packaging innovation: a case study at IKEA. *International Journal of Retail and Distribution Management*, Vol. 39 No. 9, pp. 638-657.

DE GIOVANNI, P. 2021. Smart supply chains with vendor managed inventory, coordination, and environmental performance. *Eur. J. Oper. Res.* 292, 515–531.

DOLGUI, A., IVANOV, D., SOKOLOV, B. 2020. Reconfigurable supply chain: the X-network. *Int. J. Prod. Res.* 58, 4138–4163. <https://doi.org/10.1080/00207543.2020.177>

DUMANSKA, I., VASYLKIVSKYI, D., ZHURBA, I., MATVIIETS, O., GONCHARUK, A. 2021. *Dronology and 3d printing as a catalyst for international trade in industry 4.0.*

FAN, Y. and STEVENSON, M. 2018. A review of supply chain risk management: definition, theory, and research agenda. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, Vol. 48 No. 3, pp. 205-230

- FERNÁNDEZ-CARAMÉS, T., FRAGA-LAMAS, P., SUÁREZ-ALBELA, M., DÍAZ-BOUZA, M., 2018. A fog computing based cyber-physical system for the automation of pipe-related tasks in the Industry 4.0 shipyard. *Sensors* 18 (6), 1961
- FRANK, A. G., DALENOGARE, L. S. and AYALA, N. F. 2019). Industry 4.0 technologies: implementation patterns in manufacturing companies. *International Journal of Production Economics*, Vol. 210, pp. 15-26.
- FU, W., CHIEN, C.-F. 2019. UNISON data-driven intermittent demand forecast framework to empower supply chain resilience and an empirical study in electronics distribution. *Comput. Ind. Eng.* 135, 940–949.
- GHADIMI, P., WANG, C., LIM, M., HEAVEY, C. 2019. Intelligent sustainable supplier selection using multi-agent technology: theory and application for Industry 4.0 supply chains. *Comput. Ind. Eng.* 127, 588–600.
- GHOLIZADEH, H., FAZLOLLAHTABAR, H., KHALILZADEH, M.. 2020. Using big data. *J. Clean. Prod.*, 120640
- GHOURI, A., MANI, V., JIAO, Z., VENKATESH, V., SHI, Y., and KAMBLE, S. 2021. An empirical study of real-time information-receiving using industry 4.0 technologies in downstream operations. *Technol. Forecast. Soc. Change*, vol. 165, Art. no. 120551
- HOLUBČÍK, M., KOMAN, G., and SOVIAR, J. 2021. Industry 4.0 in logistics operations. *Transportation Research Procedia*, 2021, 53: 282-288.
- CHOI, T.M., Feng, L., Li, R.. 2020. Information disclosure structure in supply chains with rental service platforms in the blockchain technology era. *Int. J. Prod. Econ.* 221, 107473
- IVANOV, D., DOLGUI, A. 2021. A digital supply chain twin for managing the disruption risks and resilience in the era of Industry 4.0. *Prod. Plan. Control* 32, 775–788.
- IVANOV, D., DOLGUI, A., SOKOLOV, B. 2019. The impact of digital technology and Industry 4.0 on the ripple effect and supply chain risk analytics. *Int. J. Prod. Res.* 57 (3), 829–84
- JIAO, Z., RAN, L., ZHANG, Y., Li, Z., ZHANG, W. 2018. Data-driven approaches to integrated closed-loop sustainable supply chain design under multi-uncertainties. *J. Clean. Prod.* 185, 105–12
- KAMBLE, S., GUNASEKARAN, A., & DHONE, C. 2020. Industry 4.0 and lean manufacturing practices for sustainable organisational performance in Indian manufacturing companies, *International Journal of Production Research*, 58:5, 1319-1337, DOI: 10.1080/00207543.2019.163077
- KARA, M., FIRAT, S., GHADGE, A. 2020. A data mining-based framework for supply chain risk management. *Comput. Ind. Eng.* 139, 105570.
- KONG, F., LI, J. 2018. The promotion strategy of supply chain flexibility based on deep belief network. *Appl. Intell.* 48 (5), 1394–1405.
- LIN, C. Y. 2013. Determinants of organisational innovation for logistics service providers in Taiwan. *Journal of Statistics and Management Systems*, Vol. 9 No. 3, pp. 613-631.
- LIU, C., FENG, Y., LIN, D., WU, L., GUO, M. 2020. Iot based laundry services: an application of big data analytics, intelligent logistics management, and machine learning techniques. *Int. J. Prod. Res.* 58, 5113–5131. <https://doi.org/10.1080/00207543.2019.1>
- MANI, V., DELGADO, C., HAZEN, B., PATEL, P. 2017. Mitigating supply chain risk via sustainability using big data analytics: evidence from the manufacturing supply chain. *Sustainability* 9 (4), 608.
- MASSARO, A., GALIANO, A. 2020. Re-engineering process in a food factory: an overview of technologies and approaches for the design of pasta production processes. *Production & Manufacturing Research* 8 (1), 80–100.
- MISHRA, S., SINGH, S. 2020. A stochastic disaster-resilient and sustainable reverse logistics model in big data environment. *Ann. Oper. Res.* 1–32.

- MUIR, M., HADDUD, A. 2018. Additive manufacturing in the mechanical engineering and medical industries spare parts supply chain. *J. Manuf. Technol. Manag.*
- NANDI, M., NANDI, S., MOYA, H., KAYNAK, H. 2020. Blockchain technology-enabled supply chain systems and supply chain performance: a resource-based view. *Supply Chain Manag.: Int. J.*
- PRAMANIK, D., MONDAL, S. C., HALDAR, A. 2020. Resilient supplier selection to mitigate uncertainty: soft-computing approach. *J. Model. Manag.*
- RAMON-LUMBIERRES, D., HEREDIA CERVERA, F., MINGUELLA-CANELA, J., MUGURUZA BLANCO, A. 2020. Optimal postponement in supply chain network design under uncertainty: an application for additive manufacturing. *Int. J. Prod. Res.* 1–18.
- RANE, S. B., NARVEL, Y. A. M., BHANDARKAR, B. M. 2019. Developing strategies to improve agility in the project procurement management (PPM) process. *Bus. Process. Manag. J.* 26, 257–286.
- RODRÍGUEZ, G., GONZALEZ-CAVA, J., PÉREZ, J. 2020. An intelligent decision support system for production planning based on machine learning. *J. Intell. Manuf.* 31 (5), 1257–1273
- SANIUK, S., SANIUK, A., CAGÁŇOVÁ, D. 2021. Cyber industry networks as an environment of the Industry 4.0 implementation. *Wirel. Networks* 27, 1649–1655. <https://doi.org/10.1007/s11276-019-02079-3>.
- SARABIA-JACOME, D., PALAU, C. E., ESTEVE, M., BORONAT, F. 2020. Seaport data space for improving logistic maritime operations. *IEEE Access* 8, 4372–4382. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2963283>
- SIMONETTO, M., SGARBOSSA, F., BATTINI, D., GOVINDAN, K. 2022. Closed loop supply chains 4.0: From risks to benefits through advanced technologies. A literature review and research agenda, *International Journal of Production Economics*, Volume 253, 108582, ISSN 0925-5273
- SNIEŠKA, V., NAVICKAS, V., HAVIERNIKOVÁ, K., OKRĘGLICKA, M. a GAJDA, W. 2020. Technical, information and innovation risks of industry 4.0 in small and medium-sized enterprises – case of slovakia and poland, *Journal of Business Economics and Management*, ISSN 1611-1699 / eISSN 2029-4433, Volume 21 Issue 5: 1269–1284
- STRANIERI, S., RICCARDI, F., MEUWISSEN, M., SOREGAROLI, C. 2020. Exploring the Impact of Blockchain on the Performance of Agri-Food Supply Chains. *Food Control*, 107495.
- SU, Y., FAN, Q.-M. 2020. The green vehicle routing problem from a smart logistics perspective. *IEEE Access* 8, 839–846. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2961701>.
- TANG, O. and NURMAYA MUSA, S. 2011. Identifying risk issues and research advancements in supply chain risk management. *International Journal of Production Economics*, Vol. 133 No. 1, pp. 25–34
- TAO, F., QI, Q., LIU, A., KUSIAK, A. 2018. Data-driven smart manufacturing. *J. Manuf. Syst.* 48, 157–169.
- TSAO, Y. C. 2017. Managing default risk under trade credit: who should implement Big Data analytics in supply chains? *Transport. Res. E Logist. Transport. Rev.* 106, 276–293.
- VIEIRA, A., DIAS, L., SANTOS, M., PEREIRA, G., OLIVEIRA, J. 2019. Simulation of an automotive supply chain using big data. *Comput. Ind. Eng.* 137, 10603
- VO, S., SCANLAN, J., TURNER, P., OLLINGTON, R. 2020. Convolutional neural networks for individual identification in the southern rock lobster supply chain. *Food Control* 118, 107419
- WALID Al Saad, W., AL-TALIB, M., ALZOUBI, A. and ANOSIKE, T. 2024. A systematic review of the literature on the use of information technologies in supply chain management. *International Journal of Industrial Engineering and Operations Management.* 7 (3), p. 247–268. <https://doi.org/10.1108/IJIEOM-09-2023-0073>
- WANG, M. 2016. *Logistics Capability, Supply Chain Uncertainty and Risk, and Logistics Performance:*

*An Empirical Analysis of the Australian Courier Industry*, RMIT University, Melbourne, Australia

WANG, M. and JIE, F. 2019. Managing supply chain uncertainty and risk in the pharmaceutical industry. *Health Services Management Research*, pp. 1-9

WINKELHAUS, S., GROSSE, E. 2020. Work Characteristics in Logistics 4.0: Conceptualization of a qualitative assessment in order picking. *IFAC-Papers OnLine*, Volume 53, Issue 2, Pages 10609-10614, ISSN 2405-8963

ZHONG, R., HUANG, G., LAN, S., DAI, Q., CHEN, X., ZHANG, T. 2015. A big data approach for logistics trajectory discovery from RFID-enabled production data. *Int. J. Prod. Econ.* 165, 260–272

ZIMMERMANN, M., ROSCA, E., ANTONS, O., BENDUL, J. 2019. Supply chain risks in times of Industry 4.0: Insights from German cases, *IFAC-Papers On Line*, Volume 52, Issue 13, Pages 1755-1760, ISSN 2405-8963

ZOUARI, D., RUEL, S., VIALE, L. 2021. Does digitalising the supply chain contribute to its resilience? *Int. J. Phys. Distrib. Logist. Manag.* 51, 149–180. [https://doi.org/ 10.1108/IJPDLM-01-2020-0038](https://doi.org/10.1108/IJPDLM-01-2020-0038).