

ŠKODA AUTO VYSOKÁ ŠKOLA o.p.s.

Studijní program: B6208 Ekonomika a management

Studijní obor/specializace: 6208R186 Podniková ekonomika a řízení provozu, logistiky a kvality

UMĚLÁ INTELIGENCE V PRŮMYSLOVÉ LOGISTICE

Bakalářská práce

Anastasiia Gaivoronskaia

Vedoucí práce: Ing. Tomáš Malčic, Ph.D.



ŠKODA AUTO Vysoká škola

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Zpracovatelka: **Anastasiia Gaivoronskaia**

Studijní program: Ekonomika a management

Obor: Podniková ekonomika a řízení provozu, logistiky a kvality

Název tématu: **Umělá inteligence v průmyslové logistice**

Cíl: Cílem práce je vypracování rešerše na téma umělá inteligence v průmyslové logistice a analýza využitelnosti nástrojů umělé inteligence v logistice automobilového průmyslu.

Rámcový obsah:

1. Vypracujte rešerši odborných publikací v oblasti průmyslové logistiky, logistiky 4.0 a umělé inteligence.
2. Analyzujte případy využití technologie umělé inteligence v logistice.
3. Vyhodnoťte možnosti aplikace nástrojů umělé inteligence v logistice automobilového průmyslu.

Rozsah práce: 25 – 30 stran

Seznam odborné literatury:

1. MACUROVÁ, P. – KLABUSAYOVÁ, N. – TVRDOŇ, L. *Logistika*. 2. vyd. VŠB-TU Ostrava, 2018. 342 s. Series of economics textbooks ;. ISBN 978-80-248-4158-8.
2. BARTODZIEJ, C J. *The Concept Industry 4.0: An Empirical Analysis of Technologies*. Berlin: Springer Gabler, 2017. ISBN 978-3-658-16501-7.
3. *Artificial intelligence in practice: how 50 successful companies used artificial intelligence to solve problems*. 1. vyd. John Wiley & Sons, Inc., 2019. 340 s. ISBN 978-1-119-54821-8
∴
4. BARR, A. – FEIGENBAUM, E. *The Handbook of Artificial Intelligence*. Stanford: Heuris-Tech Press, 2014. 442 s. ISBN 0-86576-006-3.

Datum zadání bakalářské práce: prosinec 2019

Termín odevzdání bakalářské práce: květen 2022

L. S.

Elektronicky schváleno dne 28. 4. 2021

Anastasiia Gaivoronskaia

Autorka práce

Elektronicky schváleno dne 28. 4. 2021

Ing. Tomáš Malčic, Ph.D.

Vedoucí práce

Elektronicky schváleno dne 28. 4. 2021

doc. Ing. Jan Fábry, Ph.D.

Garant studijního oboru

Elektronicky schváleno dne 28. 4. 2021

doc. Ing. Pavel Mertlík, CSc.

Rektor ŠAVŠ

Prohlašuji, že jsem závěrečnou práci vypracovala samostatně a použité zdroje uvádím v seznamu literatury. Prohlašuji, že jsem se při vypracování řídila vnitřním předpisem ŠKODA AUTO VYSOKÉ ŠKOLY o.p.s. (dále jen ŠAVŠ) směrnicí OS.17.10 Vypracování závěrečné práce.

Jsem si vědoma, že se na tuto závěrečnou práci vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, že se jedná ve smyslu § 60 o školní dílo a že podle § 35 odst. 3 je ŠAVŠ oprávněna mou práci využít k výuce nebo k vlastní vnitřní potřebě. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna podle § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách.

Beru na vědomí, že ŠAVŠ má právo na uzavření licenční smlouvy k této práci za obvyklých podmínek. Užiji-li tuto práci, nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, mám povinnost o této skutečnosti informovat ŠAVŠ. V takovém případě má ŠAVŠ právo ode mne požadovat příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to až do jejich skutečné výše.

V Mladé Boleslavi dne 02.05.2022

Ráda bych touto cestou vyjádřila poděkování Ing. Tomáši Malčicovi, Ph.D. za odborné vedení, podnětné a cenné rady, doporučení a trpělivost při vedení mé bakalářské práce.

Obsah

Úvod.....	7
1 Průmyslová logistika	8
1.1 Definice a cíle průmyslové logistiky.....	8
1.2 Integrovaný systém průmyslové logistiky	8
1.3 Logistické řídicí systémy	10
2 Umělá inteligence	14
2.1 Definice a funkce umělé inteligence.....	14
2.2 Metody umělé inteligence	15
3 Průmysl 4.0.....	19
3.1 Nástroje Průmyslu 4.0.....	20
3.2 Logistika 4.0.....	23
4 Využití technologií umělé inteligence v logistice	25
4.1 Umělá inteligence v automobilovém průmyslu	25
4.2 Představení vybraných automobilek	26
4.3 Aplikace technologií UI ve vybraných společnostech.....	29
4.4 Vyhodnocení možnosti aplikace nástrojů UI v průmyslové logistice analyzovaných automobilek.....	33
4.5 Návrh využití nástrojů UI v logistice automobilového průmyslu.....	34
4.6 Klíčové překážky pro analyzované automobilky při využití nástrojů UI v průmyslové logistice.....	36
Závěr	38
Seznam literatury	40
Seznam tabulek a obrázků	43

Úvod

Dnes se automobilový průmysl vyvíjí neuvěřitelným tempem. Společnosti působící v této oblasti se snaží, aby jejich stroje byly nejen rychlejší a spolehlivější, ale také bezpečné, ovladatelné, funkční a inteligentní. V dnešní době byly vytvořeny všechny nezbytné podmínky pro výrobu inteligentních automobilů. Prudce se rozvíjí IT sféra, objevují se stále inteligentnější a funkční systémy, internet věcí (IoT) také nabývá na popularitě. To vše poskytuje obrovské možnosti pro rozvoj automobilové dopravy a logistiky automobilového průmyslu.

Umělá inteligence stojí v čele nejinnovativnějších oblastí automobilového průmyslu. Nejde jen o autonomní vozidla, ale také o dílčí aplikaci umělé inteligence, která může znamenat revoluci v jiných oblastech. Jde například o služby mobility, řízení dodavatelského řetězce či preventivní údržbu a servis. S ohledem na to, že moderní automobily jsou stále složitější ze strany navrhování a výroby, nástroje UI jsou vyžadovány stále více, aby se zvýšila produktivita, optimalizoval se design a zlepšily se výrobní prvky, související s tímto sektorem.

Cílem této bakalářské práce je vypracovat rešerši na téma umělé inteligence v průmyslové logistice a analyzovat využitelnost nástrojů umělé inteligence v logistice automobilového průmyslu.

Bakalářská práce si klade za úkol prozkoumat téma umělé inteligence v průmyslové logistice. Práce sestává z teoretické a praktické části. V první z nich je probrána problematika průmyslové logistiky, koncepce Logistika 4.0 a umělé inteligence. Zde jsou detailněji popsány definice a cíle průmyslové logistiky, ale také klasifikace jejích součástí. Uvádějí se mj. možnosti využití nástrojů Logistiky 4.0 a metody umělé inteligence. Praktická část se zaměřuje na využití technologií umělé inteligence v logistice na základě rozboru technologií UI u tří vybraných automobilek. Jsou jimi japonská společnost Toyota, německý výrobce Volkswagen a česká ŠKODA AUTO. Po uvedení technologií je předložen návrh dalšího využití nástrojů UI v logistické automobilového průmyslu. Na závěr jsou také zmíněny klíčové překážky při jejich využití.

1 Průmyslová logistika

V této kapitole práce je popsáno téma průmyslové logistiky, její definice, cíle a integrovaný systém, který spojuje jednotlivé součásti logistiky v podniku. Uvádí se oblasti průmyslové logistiky a popisují se základní logistické řídicí systémy.

1.1 Definice a cíle průmyslové logistiky

Logistika zahrnuje řadu funkčních oblastí výrobních, hospodářských a ekonomických aktivit podniků a organizací. Ale i přes její široké uplatnění ve světě dosud neexistuje jediná univerzální definice logistiky. Tak například v americké literatuře se pod logistikou rozumí struktura plánování neboli mechanismus úspor nákladů. Rada pro logistický management (CLM) definuje logistiku jako proces plánování, implementaci a kontrolu racionálního a efektivního pohybu zboží, služeb a souvisejících informací od jednoho bodu ke koncovému spotřebiteli s cílem uspokojit požadavky zákazníka (Jacobs, 2011).

Huang (2013) uvádí, že základními směry logistiky jsou výzkum a prognózování trhu, plánování výroby, nákup surovin, materiálů a zařízení, kontrola zásob a obratu zboží, stejně jako výzkum procesu obsluhování zákazníků. Holečková a Hyršlová (2018, s. 154) mluví o tom, že logistika „řeší organizaci a řízení rozmístování, tj. pohybů, transportních procesů, včetně souvisejících informací“. Podotýkají, že logistika komplexně a integrálně řídí materiálový tok, věnuje se dopravě, překládce, manipulaci, ale také skladování, vychystávání a distribuci na různá místa, a to vše se zajišťováním příslušných informací.

Průmyslová logistika, která se někdy nazývá výrobní, zahrnuje logistické procesy v oblasti výroby a zaměřuje se na zásobování surovinami a výrobními prostředky, organizaci dopravy, vlastní výrobu, stejně jako přepravu materiálového toku uvnitř výroby až po vlastní výstup zboží z výrobního procesu (Magnusková, 2014). Cílem průmyslové logistiky je optimalizovat toky surovin, materiálů, polotovarů a hotových výrobků v rámci podniku. Obvykle se tento druh logistiky uplatňuje v průmyslových společnostech, velkoobchodech či na nákladních stanicích.

1.2 Integrovaný systém průmyslové logistiky

Koncepce integrovaného logistického systému představuje realizaci logistického cíle jako řízení procesu pohybu zboží, a to spojením účastníků tohoto procesu.

Následující podkapitoly práce se věnují jednotlivým součástem integrované logistiky, základním oblastem průmyslové logistiky a logistickým řídicím systémům.

Oblasti průmyslové logistiky

Obvykle se rozlišuje několik základních oblastí průmyslové logistiky, jejichž prostřednictvím je tvořen integrovaný logistický systém. Tak každý průmyslový podnik, ve kterém dochází ke zpracování materiálových toků, se věnuje zásobovací logistice. Tato logistická oblast je zaměřena na nákup, přepravu a dočasné skladování materiálů a výrobních komponentů, jako třeba suroviny, polotovary či součástky výrobního zboží (Jurová, 2016).

Podle Magnuskové (2014) zásoby v průmyslovém podniku jsou pozitivní z hlediska toho, že zabezpečují plynulost výrobního procesu, řeší nesoulad mezi výrobou a spotřebou (časový, místní, kapacitní atd.) a kryjí nepředvídané výkyvy. Na druhou stranu však váží kapitál, vyžadují práci a prostředky a vytváří určité riziko nepoužitelnosti nebo neprodejnosti. Hlavním cílem logistiky zásob je proto přispět k růstu rentability podniku, prognózovat dopad podnikových strategií na zásoby a optimalizovat logistické činnosti v oblasti řízení zásob. V rámci logistiky zásob je třeba také zmínit nákupní logistiku, jejíž hlavní činností je získávání potřebných zdrojů pro zajištění hladkého průběhu výroby, i když ne vždy k tomu dochází při nejnižších cenových nákladech.

Vnitropodniková a výrobní logistika se zabývá řešením a optimalizací materiálových toků, podílí se na formování manipulačních systémů, ale také využívá prostory a pracovní podmínky, které souvisí s výrobkem a operativním řízením výrobního procesu. Stejně jako jiné logistické oblasti tato sféra se snaží plnit i další úkoly, aby došlo ke zlepšení celkového procesu. Například, usiluje o odstranění zbytečných manipulací, eliminování nadbytečných zásob, vyhnutí se prostoji apod. (Jurová, 2016).

Ne méně závažnou oblastí logistiky je dopravní logistika. Obecně je doprava vnímána jako odvětví, které přepravuje lidi a zboží. Ve struktuře veřejné výroby se doprava vztahuje na oblast výroby hmotných statků, ale v logistice je doprava tržní infrastrukturou. Její význam je odůvodněn tím, že značná část logistických operací na cestě pohybu hmotného toku od dodavatele surovin až po konečnou spotřebu se provádí za použití různých dopravních prostředků. Náklady na provedení těchto

operací někdy tvoří až polovinu celé částky nákladů na logistiku (Waters, 2018). Magnusková (2014) podotýká, že doprava probíhá nejen na straně vstupu (od dodavatele k výrobcům), ale i na straně výstupu (od výrobců ke konečnému spotřebiteli). Dopravní logistiku je poté možné klasifikovat na silniční, železniční, vodní a leteckou v závislosti na využitých dopravních prostředcích.

Přemístění hmotných toků do logistického řetězce není možné bez koncentrace na určitých místech potřebných zásob, pro jejichž uskladnění jsou vhodné sklady. Pohyb skladem je spojen s náklady na práci, což zvyšuje celkové náklady na zboží. To je také důvod, proč důležitou roli v průmyslových podnicích hraje skladovací logistika. Věnuje se přesunu zboží, jeho uskladnění a také zpracování informací o skladových činnostech. Základním úkolem skladovací logistiky je tedy koncentrace zásob, jejich skladování a zajištění plynulého plnění objednávek spotřebitelů (Huang, 2013).

Nakonec zpětná logistika se zaměřuje na organizaci poprodejních služeb zákaznického servisu, zejména na zpětný tok produktů, které byly použity a reklamovány, ale také na obaly potřebné pro logistické procesy a také na odvoz odpadků. Do logistického řízení zpětných toků patří taktéž podnikové pojetí hospodaření s odpady, stejně jako environmentální aspekty, které se dotýkají logistiky a dopravy (Jurová, 2016).

1.3 Logistické řídicí systémy

Běžně se pod pojmem logistický systém rozumí jakýkoliv systém související s výrobou a distribucí výrobků, ale také s poskytováním služeb. Pokud se na logistický systém nahlíží jako na celek, sestává ze tří složek: informací, řídicí a materiálový systém. Tak informační systém má za úkol ukládání, zpracování, kontrolování a přenášení informací, které souvisejí s logistickým provozem. Obvykle se informační systém dále rozděluje na plánovací, dispoziční a vyřizovací. První z nich se věnuje přípravě toho, jak se utváří a optimalizují řetězce. Druhý informační podsystém zabezpečuje plynulý provoz logistických systémů. Nakonec vyřizovací logistika se zabývá podporou informačního řízení materiálového toku (Venkrbec, 2017).

Řídicí logistický systém se zabývá zpracováním informací v místě vzniku těchto informací. Řídicí systémy se proto rozdělují na informatizované, tedy využívající

techniku pro snížení počtu chyb a administrativního zatížení, a na neinformatizované, kde dochází ke zpracování dat lidmi, tudíž i k rozsáhlé administrativě a neefektivnímu řízení. Materiálový logistický systém se zaměřuje na evidování materiálu a řízení materiálového zabezpečení (Venkrbec, 2017).

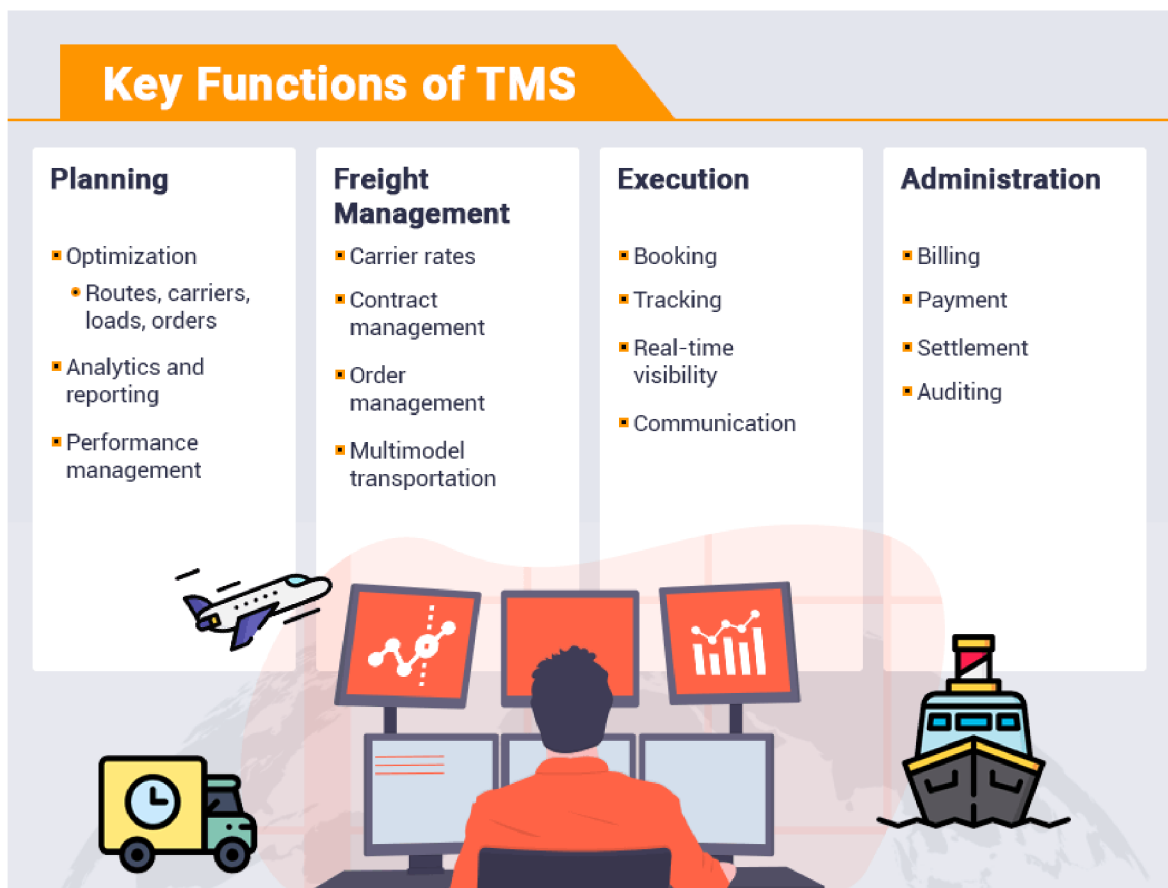
Nejčastěji v logistické oblasti jsou aplikovány následující řídicí systémy. Prvním z nich je WMS neboli Warehouse Management System, což je systém pro řízení klíčových procesů skladu nebo terminálu, který pracuje s nákladem (viz Obr. 1). Zavedení WMS systému umožňuje minimalizovat dočasné a finanční ztráty při provádění skladových operací, dovoluje pracovat s jednotnou nomenklaturou nákladu pro všechny terminálové sklady a vést jednotnou evidenci. Spolu s tím WMS poskytuje efektivní práci při přijímání, skladování a přepravě nákladu, umožňuje jeho rychlé vyhledávání a poskytuje aktuální informace o zásobách (Waters, 2018).



Zdroj: (IssueWire.com, 2022)

Obr. 1 Přehled prvků, které jsou zahrnuty do WMS

Druhým systémem je TMS, tedy Transport Management System, který se zabývá řízením distribuce (viz Obr. 2). Je efektivním opatřením ke snížení nákladů na dopravní logistiku, k optimalizaci procesů plánování a budování distribučních tras. Tento systém zajišťuje přesné plánování dodávek, zvyšuje úroveň kvality dopravních služeb a snižuje náklady na přesčasy zaměstnanců (Waters, 2018).



Zdroj: (MyTruckPulse.com, 2019)

Obr. 2 Klíčové funkce TMS

Je zde také možné zmínit SCM systém, tj. Supply Chain Management neboli systém řízení dodavatelských řetězců. Jeho hlavním účelem je automatizace a řízení všech fází zásobování podniku a kontrolu celého pohybu zboží, od nákupu surovin a materiálů počínaje a výrobou a distribucí končí. Díky tomu dochází ke zkracování času na zpracování, ale také ke zvýšení spolehlivosti dodání produktu konečnému spotřebiteli či na trh (Basl, Blažíček, 2012).

Mezi další logistické řídicí systémy je možné zmínit QMS (systém řízení jakosti), EDI (nástroj pro výměnu a sdílení elektronických dat a informací), ERP (systém pro

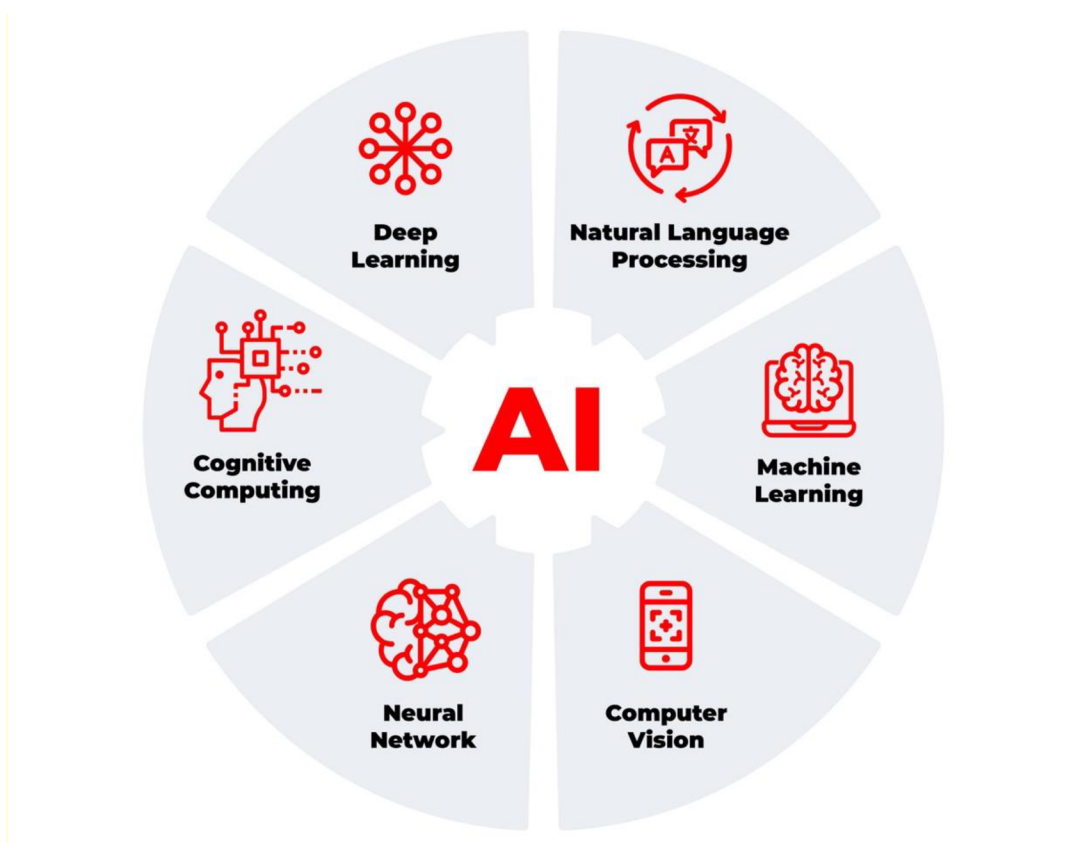
plánování firemních zdrojů), TPM (systém pro podporu komplexní a účinné údržby) apod. (Fotr a kol., 2020).

2 Umělá inteligence

Druhá kapitola práce se věnuje základním pojmům spojeným s tématem umělé inteligence, ale také jejím metodám a možnostem použití v automobilovém průmyslu.

2.1 Definice a funkce umělé inteligence

Jednotná definice umělé inteligence (UI) neexistuje. UI je obecně považována za oblast informatiky zaměřenou na vývoj hardwaru a systémů schopných provádět úkoly, které jsou běžně spojeny s lidskou myslí. Pojem umělá inteligence se často vztahuje na projekt rozvoje systémů, který je obdařen inteligentními procesy typickými pro člověka, jako je schopnost usuzovat, zobecňovat nebo se učit z minulých zkušeností. Navíc k tomu chápání pojmu UI se redukuje na popis komplexu souvisejících technologií a procesů, jako je například strojové učení, virtuální agenti a expertní systémy (Kolaříková, Horák, 2020).



Zdroj: (Symphony-solutions.com, 2020)

Obr. 3 Komponenty umělé inteligence

Časné formy UI umožnily počítačům hrát proti lidem (například, dámu), ale v dnešní době se UI dostala do každodenního života. Řešení umělé inteligence se používají pro kontrolu kvality, video analytiku, převod řeči do textu (zpracování přirozeného jazyka) a autonomní řízení, ale také v oblasti zdravotní péče, výroby, finančních služeb a zábavy (Kolaříková a Horák, 2020). Technologie UI poskytují silné nástroje jak pro velké korporace, které generují důležité produkty, tak i pro malé organizace, které potřebují efektivněji vyřizovat běžné záležitosti. Pomáhají například optimalizovat obchodní procesy, rychleji plnit úkoly a odstraňovat lidské chyby (Russell, 2021).

Jak je uvedeno ve zprávě Harvard Business Review, moderní společnosti využívají UI zejména pro následující účely (Ramaswamy, 2017):

- identifikace a prevence bezpečnostních poruch,
- řešení technických problémů uživatel,
- snížení objemu práce při řízení výroby
- hodnocení vnitřního souladu s předpisy u schválených dodavatelů.

To je ale jen několik ze základních funkcí UI, ve skutečnosti jsou mnohem rozsáhlejší. Moderní organizace, včetně toho průmyslové podniky, mohou používat UI pro zlepšení své konkurenční pozice, například, přijetím závažných rozhodnutí, nabídkou možností pro snížení nákladů a zmenšení rizik či rychlejším uvedením produktů na trh.

2.2 Metody umělé inteligence

Tématem této podkapitoly jsou metody umělé inteligence, které se nejčastěji uplatňují v současné době. Jedná se hlavně o umělé neuronové sítě, fuzzy logiku, expertní systémy a evoluční algoritmy.

Umělé neuronové sítě

Umělé neuronové sítě (ANN) neboli jen neuronové sítě jsou počítačovým modelem, který je postaven na principu fungování biologických neuronových sítí, tj. sítí nervových buněk živého organismu. ANN se skládá z propojené skupiny umělých neuronů a zpracovává informace pomocí konektivistického přístupu pro výpočet. Ve většině případů jde o adaptivní systém, který mění svou strukturu na základě

zpracování příchozí nebo odchozí informace probíhající přes síť během fáze učení (Smejkal, Rais, 2013). Jinými slovy, neuronová síť je síť jednoduchých zpracovatelských prvků (neuronů), které mohou vykazovat složité globální chování definované vazbami mezi zpracovatelskými prvky a parametry prvku.

Neuronová síť je schopna učit se na základě parametrů zadaných operací a jejich výsledků za určité časové období. Hromaděním dat vytvářejí nástroje založené na neuronových sítích vztah mezi událostmi a výsledky. Jedná se tedy o paralelní shromažďování zkušeností, který se usadí v hlavě řídicího specialisty (Vochozka, 2020). Proto se neuronové sítě využívají například pro optimalizaci logistiky dopravní sítě, krizový management, hodnocení logistických ukazatelů či vytvoření cílových segmentů zákazníků.

Fuzzy logika

Fuzzy logika neboli mlhavá logika je pojetí, které je založeno na zobecnění klasické logiky a teorie fuzzy množin. Jedná se o formu mnohoznačné logiky, ve které skutečné hodnoty proměnných mohou být libovolnými platnými čísly od 0 do 1. Fuzzy logika se používá ke zpracování konceptu částečné pravdy, kde se skutečná hodnota může lišit mezi zcela pravdivou a zcela nepravdivou. Oproti tomu v klasické výrokové logice mohou být skutečné hodnoty proměnných pouze hodnoty 0 nebo 1 (Janíček, Marek, 2013).

Jádrem konceptu fuzzy logiky je to, že lidé často musí rozhodovat na základě nepřesných a neúplných informací. Fuzzy modely a množiny jsou tedy matematickým nástrojem reprezentace nejistoty (Smejkal, Rais, 2013). Původně se fuzzy logika používala jako nejvhodnější způsob budování systémů řízení metra a náročných technologických úkolů. Následně se začala uplatňovat ve spotřební elektronice, různých systémech řízení, diagnostických a dalších expertních systémech. V logistice může být fuzzy logika aplikována pro modelování distribučních toků nebo prognózování zásob s cílem řízení objednávek.

Expertní systémy

Expertní systém je systém umělé inteligence zahrnující znalosti o některých volně strukturovaných a těžko formalizovaných oblastech, který je schopen nabídnout a vysvětlit uživateli řešení problémů, stejně jako napodobit schopnost člověka (odborníka) uvažovat a rozhodovat. Expertní systémy jsou navrženy tak, aby řešily

složité úkoly založené na uvažování, a to pomocí znalostí prezentovaných především ve formě pravidel „Pokud..., pak...“, než-li pomocí běžného procedurálního kódu (Kolaříková a Horák, 2020). Podle Janíčka a Marka (2013) expertní systém se skládá z následujících prvků:

- *Znalostní báze*, tedy sémantický model, který popisuje předmětovou oblast a umožňuje odpovědět na otázky z této báze, pokud odpovědi na ně výslovně chybí. Je hlavní složkou inteligentních a expertních systémů.
- *Inferenční mechanismus*, což je systém modelující mechanismus uvažování a provozující znalosti a data s cílem získat nové informace ze znalostí a dalších dat. Obvykle takový stroj používá implementovaný software deduktivní inference nebo mechanismus hledání řešení v síti framů či v sémantické síti.
- *Subsystém vysvětlení je systém*, který umožňuje uživateli získat odpovědi na otázku „Zak bylo přijato to či ono rozhodnutí?“
- *Subsystém komunikace zajišťuje dialog s uživatelem*, během kterého systém požaduje potřebné fakty pro proces uvažování. Spolu s tím komunikační subsystém poskytuje člověku možnost do určité míry sledovat a upravovat průběh uvažování expertního systému.

Hlavní výhodou expertních systémů je to, že obsahují znalosti z praxe a jsou podobné lidským expertům, včetně toho z logistické oblasti (Hendl, 2021).

Evoluční algoritmy

V umělé inteligenci jsou evoluční algoritmy součástí evolučních výpočtů, ve kterých se používají modely procesů přirozeného výběru (reprodukce, mutace, rekombinace a výběr) a principy přirozené evoluce k řešení optimalizačních úkolů. Řešení těchto úkolů jsou zde vnímána jako jedinci populace. Kvalita každého řešení je hodnocena pomocí speciální funkce (tzv. fitness function neboli fitness funkce), po níž dochází k vývoji populace (Russell, 2021). Evoluční algoritmus tedy obsahuje následující kroky.

Nejprve vzniká počáteční populace metodou náhodného výběru (první generace). Dále se posuzuje vhodnost každého člena populace pomocí fitness funkce. Následně se opakují některé funkce, tj. dochází k evoluci (Smejkal, Rais, 2013):

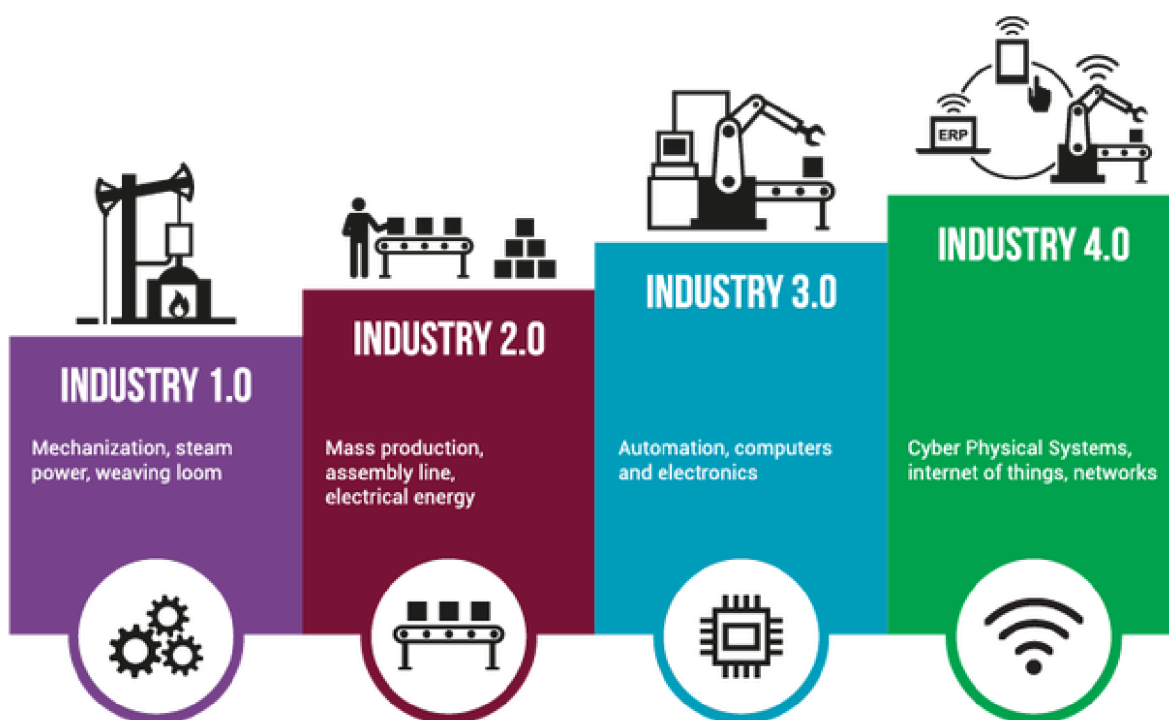
- výběr nejschopnějších jedinců pro reprodukci (rodiče),
- reprodukce, tedy tvorba nových jedinců křížením a mutací, stejně jako následné vyhodnocení jejich vhodnosti;
- rekombinace, tj. proces při kterém jsou nejméně přizpůsobiví jedinci předchozí generace nahrazeni nejschopnějšími jedinci nové generace.

Výhodami evolučních algoritmů je to, že jsou použitelné pro širokou třídu optimalizačních úkolů, jsou snadno kombinované s jinými metodami a umožňují získat dobře interpretované výsledky. Kromě toho tyto algoritmy jsou interaktivní, což znamená, že mohou být zahrnuty do populace řešení navržených uživatelem. Navíc zvažují velké množství alternativních řešení.

3 Průmysl 4.0

Kvalitním příkladem toho, jak přední země a průmyslové podniky promítají do své výroby moderní digitální technologie, může být koncepce Průmysl 4.0, která se objevila v roce 2013 v Německu jako strategie rozvoje zpracovatelského průmyslu (Mašín, 2020).

Hlavní myšlenka této koncepce je založena na vzniku globálních sítí, které propojí technologická zařízení, systémy řízení moderních podniků a systémy ukládání informací. Každý prvek komplexního systému bude schopen sdílet data, spouštět určité akce a spravovat jeden druhého. To povede k tomu, že proces výroby zboží a služeb bude maximálně automatizovaný. Vliv lidí na toto řízení značně klesne, což s sebou přinese vyšší spolehlivost a flexibilitu provozu.



Zdroj: (Medium.com, 2019)

Obr. 4 Historický vývoj průmyslu

Podle Mikelstena, Teigensa a Skalfista (2020) je Průmysl 4.0 „trendem k automatizaci a výměně dat ve výrobních technologiích a procesech, které zahrnují kybernetické systémy (CPS), internet věcí (IoT), průmyslový internet věcí (IIoT), cloud computing, kognitivní počítače a umělou inteligenci“. Jak uvádí Kislingerová (2021), obecně se pod daným pojmem rozumí současný trend digitalizace,

robotizace, umělé inteligence, ale také automatizace výroby a změn, které s tím souvisí. Aby bylo možné prozkoumat, jak se koncepce Průmysl 4.0 aplikuje v praxi, je možné detailněji probrat její základní nástroje.

3.1 Nástroje Průmyslu 4.0

Zavádění technologií čtvrté průmyslové revoluce do logistických procesů není novým trendem. Nicméně pandemie COVID-19 ho výrazně zintenzivnila. V současné době se mluví o následujících nástrojích Průmyslu 4.0, které lze použít pro optimalizaci logistické činnosti v průmyslových podnicích (viz Obr. 5).



Zdroj: (RS-online.com, 2017)

Obr. 5 Vybrané nástroje Průmyslu 4.0

Kyber-fyzikální neboli *kybernetické systémy* (CPS) jsou systémy, které se skládají z fyzických entit, jež jsou řízeny počítačovými algoritmy. Tyto systémy jsou založeny na tom, že samostatné řídicí jednotky mezi sebou spolupracují, takže mohou autonomně rozhodovat, řídit technologický celek, který jim bude svěřen, a v podstatě fungovat jako samostatný a plnohodnotný člen komplexních výrobních celků (Nenadál, 2018). Ve své podstatě je v CPS zajištěn blízký vztah a koordinace mezi výpočetními a fyzickými zdroji. Počítače monitorují a řídí fyzické procesy pomocí takové smyčky zpětné vazby, kde dění ve fyzických systémech má vliv na výpočty a naopak.

Internet věcí (IoT) je další systém, v rámci kterého mohou být různé objekty řízeny na dálku a spolu navzájem reagovat. To je možné prostřednictvím internetu a díky vloženým čipům, sensorům a softwaru (Nenadál, 2018). Velkou roli zde hraje to, že jsou mezi sebou jednotlivá zařízení vzájemně spojena. Technologie IoT je tedy charakteristická zejména tím, že poskytuje nové možnosti ovládní, monitorování a propojení nejrůznějších zařízení (Jurová, 2016). V logistice internet věcí umožňuje zefektivnit fungování vozového parku a zajistit jeho bezpečnost v rámci dopravní logistiky. Řešení IoT poskytují významnou pomoc při sledování řidičů, snižují náklady na palivo, řídí proces řízení, mohou vyhledat parkovací místa a informovat zákazníka o stavu přepravovaného nákladu (Sun a kol., 2022).

Podobně internetu věcí je navržena koncepce *internetu služeb* (IoS), což je systém, který funguje v online prostředí a je založen na sdílení dat v cloudových úložištích. Důležitou roli zde hrají právě cloudy, což jsou nástroj pro kooperativní vytváření obsahů, který navíc disponuje vysokou konektivitou.

Robotizace a autonomní doručení jsou trendy, které následují paralelně s digitalizací a postupně se stávají klíčovými. U některých nejpokročilejších účastníků logistického trhu je robotizace plnohodnotnou a neoddělitelnou součástí všech interních procesů. Jedná se zejména o skladové roboty, které zajišťují práci ve společnostech Amazon a Alibaba (Berridge, 2021). Autonomní dodávka jako směr robotizace má stále před sebou, protože samotný průmysl bezpilotních zařízení (dronů) je nyní jen v počátcích svého vývoje. Experimentální bezpilotní vzorky jsou však již vytvořeny a testovány. Postupně se pro něj vytvářejí optimalizované trasy a vyvíjejí se metody řízení (Winkelhaus, Grosse, 2020). Problém rychlé implementace bezpilotních prostředků do logistiky ovšem často souvisí spíše s nedostatečnou

infrastrukturou, s absencí právní základny v dané oblasti a s nedostatkem odborníků na jejich řízení.

Blockchainové technologie v logistice pomáhají zajistit maximální přesnost a pravdivost všech záznamů, týkajících se stavu vozidla pro nákladní dopravu, tj. historie jeho údržby, výkonnost, stupeň opotřebení apod. Každá dopravní transakce je zaznamenána v bloku, kopie je uložena hned na několika počítačích, takže společně tyto bloky tvoří blockchain. V podstatě jde o platformu, která odráží všechny kroky účastníků transakce a umožňuje jim navzájem pracovat co nejvěrněji a nejbezpečněji (Winkelhaus, Grosse, 2020). Dalším způsobem použití blockchainu je uložení všech údajů o nosnosti vozidla. To je jeden z hlavních faktorů, který ovlivňuje náklady na dopravu. Použití dané technologie umožňuje přesně určit objem prostoru, který má ten nebo onen náklad ve vozidle, tudíž i vypočítat náklady na dopravu v co nejrychlejší čas (Sun a kol., 2022).

Digitální dvojčata jsou technologií, která umožňuje vytvářet modely všech situací vznikajících při výrobě. Nabízí neoptimalnější verze budování technologických procesů, aby se vyloučily nežádoucí účinky v budoucnu. Pro odvětví logistiky je jejich výhodou shromažďování údajů o výrobku nebo balení, stejně jako schopnost na základě získaných informací identifikovat potenciální nedostatky. Sklady a podniky mohou také používat danou technologii k vytvoření přesných 3D modelů svých center a experimentovat se změnami organizace nebo s implementací nového hardwaru, aby bylo možné vidět jeho dopad (Berridge, 2021).

Artificial Intelligence (AI) neboli *umělá inteligence* je také považována za nástroj Průmyslu 4.0. Její hlavní výhoda spočívá v tom, že může zpracovávat obrovské množství aktuálních informací o procesech v reálném čase. Řešení AI pomáhají analyzovat stávající trasy, identifikovat překážky a zaměřit se na nejlepší trasu. To snižuje jak čas, tak celkové náklady na skladování a dopravu. Nástroje pro zpracování dat založené na AI pomáhají zachytit podrobnosti týkající se pohybu zboží v reálném čase a správně odhadnout čas dodání (Berridge, 2021).

Posledním z nejznámějších prvků Průmyslu 4.0 je digitální ekonomika, a to je „koncept, který umožní některé aktivity z běžného života přesunout na internet při snížení nákladů a zvýšení pohodlí“ (Nenadál, 2018, s. 218). Zmínit je však také možné tzv. smart technologie, v jejichž rámci dochází k integraci dat s procesní

analýzou. To zase umožňuje provádět proaktivní a inteligentní rozhodování, a to i za podmínek dynamicky se měnícího prostředí (Kislingerová, 2021).

3.2 Logistika 4.0

Integrace moderních informačních a komunikačních technologií v procesu provedení logistických operací vytvořila nový přístup k organizaci logistiky, který dostal název Logistika 4.0. Tato koncepce představuje integraci inteligentních strojů a systémů, stejně jako změny ve výrobních a logistických procesech, jejichž cílem je zvýšit produktivitu výroby, ale i zavést možnosti flexibilní změny sortimentu (Straka, 2019).

K rozvoji Logistiky 4.0 přispívá především virtualizace komunikačního prostředí, která je zajištěna prostřednictvím využití globálního telekomunikačního prostředí. To umožňuje optimalizovat logistický cyklus díky minimalizaci časových nákladů na provádění operací ve všech funkčních oblastech logistiky a manažerských rozhodnutí.

Již dnes lze konstatovat, že logistické společnosti zvládli řadu digitálních virtuálních technologií, jako jsou systém řízení skladu WMS, řízení vozového parku TMS a online služby pro zákazníky, ale potenciál pro rozvoj této oblasti není zdaleka vyčerpán. Rozsah použití moderních logistických inovací je definován logistickou činností organizace, kvantitativním složením základny dodavatelů a spotřebitelů, technickými a finančními možnostmi, povahou integračních vazeb, ale také kvalifikací zaměstnanců.

Nejúspěšnějším směrem v oblasti dopravy je aplikace digitálních technologií v oblasti sledování dopravy a nákladu. Použití geoinformačních technologií umožňuje sledovat pohyb dopravy, analyzovat parametry vnějšího prostředí a nákladu, kontrolovat informace o okolních objektech a přenášet je do jednotného centra pro online analýzu a kontrolu přepravního procesu. Použití cloudových technologií a internetu věcí v logistické dopravě je možné dvěma způsoby, a to ve správě vozového parku (Fleet Management) a při provádění telemetrie objektů (M2M). K tomu navíc lze zařadit robotizaci skladových prostorů (Sun a kol., 2022).

Lze očekávat, že logistické společnosti budou zavádět více řešení spojených s umělou inteligencí a zejména s pokročilou umělou inteligencí, která v sobě kombinuje lidskou inteligenci s automatizovanými procesy umělé inteligence

(Winkelhaus, Grosse, 2020). Například v logistickém plánování použití pokročilé umělé inteligence může dokonce předčít použití pouze UI, protože kombinuje schopnosti lidí (zkušenosti, odpovědnost, zákaznický servis, flexibilitu, zdravý rozum atd.) s technologiemi umělé inteligence, která se zatím věnuje jen rutinní a únavné práci.

Udržitelný rozvoj je také trend, který prostupuje všechna odvětví a logistika zde není výjimkou. Zejména doručení na poslední míli tradičně vyžaduje spoustu času a energie, takže také poskytuje spoustu prostoru pro čerstvé a inteligentní přístupy. S cílem snížit negativní dopad na životní prostředí, společnosti využívají celou řadu technologií, od elektrických vozidel do softwaru na bázi umělé inteligence, který vypočítá trasu s co nejmenšími emisemi (Berridge, 2021).

4 Využití technologií umělé inteligence v logistice

S cílem analyzovat možnosti využití technologií umělé inteligence v logistice, tato práce se zabývá zkoumáním nástrojů UI, které se používají ve tří vybraných automobilkách. Původně bylo zamýšleno probrat dané téma s pomocí interních zdrojů od zaměstnanců těchto automobilek. Ale vzhledem k tomu, že se jedná o citlivé údaje, které mohou být zneužity konkurencí, žádost autorky bakalářské práce o získání informací byla manažery automobilek odmítnuta. Pro zpracování analýzy se tedy používají jen veřejně dostupné zdroje.

4.1 Umělá inteligence v automobilovém průmyslu

Technologie dnes mění svět rychleji než kdysi jindy. V 70. letech existovala umělá inteligence pouze ve fantastických románech, před 25 lety se vývoj UI již uskutečnil, ale úspěchy nebyly působivé. Nicméně v polovině první dekády nového století došlo ke kvalitativnímu průlomu ve strojovém učení, který byl pro umělou inteligenci Velkým třeskem. V současné době nástroje umělé inteligence se uplatňují včetně toho v automobilovém průmyslu.

Jednou z možností využití UI v dané sféře jsou bezpilotní auta. Automobily, kde místo řidiče je nahrazeno umělou inteligencí, se v uplynulém desetiletí aktivně rozvíjely a nyní se používají i v testovacím režimu. K jejich vytvoření se zapojili giganti automobilového průmyslu, jako třeba BMW, Nissan, Honda, General Motors, Volkswagen, Audi, BMW a Volvo. K masovému prodeji bezpilotních aut zatím nedošlo (FutureBridge.com, 2020). Avšak technická realizace inteligentního řidiče není jediným úkolem moderních automobilek. Zde je třeba starat se o tom, jak dodržovat rychlostní režim, sjíždět na správných křižovatkách a úspěšně parkovat. Navíc je třeba řešit etické otázky, když je dopravní nehoda nevyhnutelná a je nutné si vybrat mezi dvěma špatnými variantami.

Dále umělá inteligence se využívá pro bezpečnost jízdy. Již dnes neuronové sítě mohou připravit trasu s přihlédnutím k dopravním zácpám a povětrnostním podmínkám, ale také nabídnout alternativní způsoby, jak se dostat z bodu A do bodu B. UI zbaví řidiče nutnosti provádět činnosti, které ho ruší během řízení auta. Například budou moci pomocí hlasového příkazu přepínat rádio, zvýšit hlasitost nebo změnit trasu cesty (FutureBridge.com, 2020).

Jinou oblastí použití UI v automobilovém průmyslu je kontrola vnitřních systémů. UI připojený k senzorům a systémům automobilu by mohl odhalit potenciální poruchy dlouho předtím, než se stanou skutečnými problémy. Neuronová síť zase bude moci vytvářet plány údržby auta či ukázat nejbližší adresu místa pro technickou kontrolu. Kromě toho umělou inteligenci je možné aplikovat v oblasti automobilového pojištění, kde je nutné vyhodnotit případná rizika na základě dat o řidiči a jeho zkušenostech s jízdou (Kozłowski, Wiśniewski, 2022).

Nakonec umělá inteligence je široce uplatnitelná v procesu výroby automobilů. Prostřednictvím UI lze urychlit výrobu díky zkrácení prostoje, sledovat provoz zařízení, předem zjišťovat informace o potenciálních problémech, ale také kontrolovat včasnost preventivní údržby. Kromě toho na UI může být kladena i kontrola kvality výrobků (Kozłowski, Wiśniewski, 2022).

4.2 Představení vybraných automobilek

Pro zkoumání toho, jak se technologie umělé inteligence využívají v logistickém průmyslu, byly zvoleny tři automobilky. První z nich Toyota Motor Corporation vychází z potřeb asijského trhu, druhá automobilka Volkswagen AG zohledňovala především charakteristiky evropských zákazníků. V současné době obě společnosti působí globálně, ale stále se mezi sebou odlišují vlastními specifiky. Třetí společnost ŠKODA AUTO a její analýza umožňuje pochopit, jak se inteligentní technologie uplatňují na českém logistickém trhu. Tato podkapitola bakalářské práce uvádí základní informace o vybraných společnostech a jejich historii vývoje.

Toyota Motor Corporation

Toyota Motor Corporation (dále v práci Toyota) je největší japonská automobilka se sídlem ve městě Toyota. Zabývá se výrobou osobních, užitkových a nákladních automobilů, autobusů a příslušenství. Toyota drží titul největší automobilové společnosti na světě z hlediska objemu tržeb.

Historie automobilky Toyota začala v roce 1933 a byla spojena s velkou společností Toyoda Automatic Loom Works, která se zabývala výrobou tkalcovských strojů. V té době upoutalo uspořádání strojů Toyody pozornost největší textilní manufaktury světa, a to britské firmy Platt Brother & Co. Zakladatel japonské společnosti Sakichi Toyoda souhlasil s prodejem patentových práv k obráběcím strojům a později jeho syn Kiichiro využil získané z prodeje finance na vývoj automobilů. Již v roce 1937

se nová divize otcovy společnosti oddělila jako Toyota Motor Corporation (Rother, 2017).

Začátkem 50. let Toyota zavedla do výroby řadu principů, které jí pomohly získat pověst automobilky vyrábějící jedny z nejkvalitnějších aut na světě. Princip Just-in-time umožnil ušetřit na nákladech a skladových prostorách tím, že výroba byla přesná jako hodinky. Další novinkou byl systém podpory iniciativy a racionalizačních návrhů pracovníků, což umožnilo mnohonásobně zvýšit efektivitu výroby a motivaci zaměstnanců. V roce 1959 společnost otevřela svou první továrnu mimo Japonsko v Brazílii a od té doby si zachovala filozofii lokalizace výroby i vývoje designu svých výrobků. Během svého vývoje Toyota neustále zaváděla nové technologie do výrobního procesu. V roce 1994 se na trhu objevil budoucí bestseller Rav4 a k roku 1997 automobilka představila na trhu první hybridní auto modelu Prius (Rother, 2017).

V roce 2007 Toyota poprvé překonala svého přímého konkurenta, americkou společnost General Motors, stejně tak po krizi v letech 2008-2009 se Toyota rychle dostala na stejnou úroveň úspěchu. K roku 2015 se objemy prodeje zvýšily natolik, že dosáhly zhruba 9,5 % všech prodaných vozů na světě (Toyota.cz, 2022).

Volkswagen AG

Volkswagen je německá značka automobilů patřící stejnojmennému koncernu se sídlem ve Wolfsburgu. Zabývá se výrobou osobních a užitkových vozidel, nákladních automobilů, minibusů, ale i automobilových komponentů.

Vznik automobilky se datuje počátkem 30. let minulého století, kdy německý automobilový průmysl nabízel převážně luxusní modely, zatímco si průměrný Němec nemohl dovolit koupit nic jiného než motorku. S přáním obsadit prázdný segment automobilky vedly vývoj v oblasti budování masových automobilů. Nakonec v roce 1931 Ferdinand Porsche, známý designér výkonných a závodních vozů, představil model, který byl schopen uspokojit požadavky na cenově dostupné a zároveň spolehlivé vozidlo. První prototyp Volkswagen Beetle spatřil světlo světa v září 1936 (Volkswagen.cz, 2022).

V roce 1946 továrna vyráběla 1 000 vozů měsíčně, což byl dobrý úspěch vzhledem k tomu, že automobilka byla stále v havarijním stavu po válce. Dva roky poté se Volkswagen stal symbolem obnovy Německa a brzy začal prodávat vozy ve

Spojených státech. Na počátku 50. let se životní úroveň obyvatel zvýšila, takže se vytvořila poptávka po prestižnějších automobilech, z nichž jedním se stal kabriolet Karmann Ghia (Volkswagen.cz, 2022).

V 60. letech Volkswagen vyráběl nový typ vozidel. Automobilka použila karoserii monokok, volitelnou automatickou převodovku, elektronický systém vstřikování paliva a výkonné pohonné jednotky. Na počátku 70. let společnost koupila Auto Union i NSU Motorenwerke AG a spojila je do jedné divize, která začala vyrábět luxusní vozy pod značkou Audi. Vývoj modelů Passat, Scirocco, Golf a Polo umožnil značce vytvořit základnu pro vytvoření vlastní image a položil základy úspěšných tržeb v budoucnu (Volkswagen.cz, 2022).

Zlom v historii německého koncernu Volkswagen AG nastal v roce 1998, kdy pod kontrolu jedné z největších automobilek světa přešly hned tři značky prémiových vozů, a to Bentley, Lamborghini a Bugatti. K roku 2012 byly všechny vozy koncernu modernizovány a celkový počet odbytových trhů dosáhl 150 (Volkswagen.cz, 2022).

ŠKODA AUTO

ŠKODA AUTO je česká automobilka se sídlem v Mladé Boleslavi. Vyrábí osobní a užitková vozidla pod stejnojmennou značkou a je součástí skupiny Volkswagen. Historie společnosti začala koncem 19. století a zahrnuje chronologii vývoje dvou firem: slévárny a strojírný v Plzni a malého výrobce automobilů Laurin&Klement Co (dále jako L&K).

V roce 1895 začala L&K vyrábět kola Slavia a později i motocykly. Automobilová výroba byla zahájena v roce 1905, kdy vznikl první model Voiturette. Model se ve stejném roce zúčastnil klasických závodů v Semmeringu a zvítězil ve třídě silničních vozidel. Od roku 1906 se na auto začaly montovat čtyřválcové motory a o rok později se objevila auta s osmiválcovým motorem. Ve 20. letech hledala společnost spolehlivého a silného partnera, který by ji zajistil finanční stabilitu, protože se auta špatně prodávala. A již v roce 1925 L&K se stala součástí velkého výrobního koncernu ŠKODA AUTO. Pět let poté se divize společnosti, zabývající se výrobou osobních automobilů, oddělila a stala se samostatnou společností (Škoda-auto.cz, 2022).

V roce 1952 se objevil symbol znovuzrození značky po válce, a to vůz ŠKODA 1200. Hned po válce se vozy značky vyvážely do mnoha zemí světa, včetně Austrálie.

Avšak kvůli režimu byl jejich export nějakou dobu omezen na pouhé země socialistického tábora. V dubnu 1991 se stala ŠKODA AUTO součástí německého automobilového koncernu Volkswagen. Prvním společně vyráběným modelem se stala Felicia, která dostala nové motory, následovaná karoserií kombi a pick-upem. Několik let poté ho nahradil model Fabia (Škoda-auto.cz, 2022).

V roce 2009 začala výroba kompaktního crossoveru ŠKODA Yeti, který se odlišoval několika inovativními řešeními, jako systém transformace zadních sedadel, panoramatická střecha, mlhové světlomety se systémem úhlového osvětlení aj. Nyní je společnost známá jako automobilka, která ve všech oblastech své práce spojuje design, funkčnost a inovativnost (Škoda-auto.cz, 2022).

4.3 Aplikace technologií UI ve vybraných společnostech

Tato kapitola obsahuje popisy aplikací a nasazení technologií umělé inteligence v logistice vybraných automobilek.

Toyota

Inovativní technologie se při výrobě automobilů značky Toyota uplatňovaly vždy. První zmínka o tom, že se společnost Toyota Motor Corporation začala zaujímat o praktické uplatnění nástrojů umělé inteligence v automobilovém průmyslu se objevila v roce 2015. V té době automobilka rozhodla investovat 50 milionů dolarů v rámci výzkumného projektu, který byl veden výzkumníky z MIT a Stanfordovy univerzity. Jejich úkolem bylo naučit inteligentní auta předvídat chování účastníků provozu a spolu s tím tzv. komunikovat s pasažéry co nejlépe. Důležité je, že v porovnání se společnostmi Google, která se v té době zabývala vývojem samostatných přepravních jednotek, vedení Toyoty chtělo ponechat lidi v řídicím procesu (Schwarzmann, 2015).

Později, v roce 2017 v rámci Mezinárodní výstavy spotřební elektroniky v Las Vegas (CES 2017) společnost Toyota představila koncepční vůz se systémem umělé inteligence. Jednalo se o prototyp nazvaný Concept-I, tedy vůz vybavený systémem Yui, který ovládal prakticky všechny prvky auta. Systém dokáže rozpoznat více řidičů a přizpůsobit se každému z nich individuálně. V paměti systému je uloženo několik sad nastavení pro vnitřní osvětlení a navigaci. Ty se používají tehdy, když Yui rozpozná konkrétní osobu. Z toho důvodu je v kabině vozu instalováno mnoho

senzorů, které jsou určeny ke shromažďování biometrických údajů o majiteli. Tyto senzory mohou také rozpoznat emoční stav řidiče (Ohnsman, 2017).

Na rozdíl od mnoha jiných systémů umělé inteligence může Yui zachytit řízení vozidla v nouzových situacích. To naznačuje, že režim autopilota může být aktivován příležitostně, například při jízdě po rychlostní silnici. Navigátorem je zde systém rozšířené reality, který zobrazuje nápovědy přímo na čelním skle, a to se zase používá jako 3D projekční displej. Je také pozoruhodné, že když Yui řídí auto, změní se barva LED indikátorů na karoserii vozu. Systém tak varuje ostatní účastníky silničního provozu, že auto řídí počítač (Ohnsman, 2017).

Nicméně Concept-I opravdu byl jen prototypem. Dva roky poté Toyota představila na autosalonu v Tokiu elektromobil Toyota LQ, tedy funkční verzi samotného konceptu. Design a proporce vozu byly pečlivě zachovány, voz měl obvyklé křídlové dveře, zrcadla, stěrače a další atributy připraveného k provozu vozidla. Důležité ovšem je, že v autě se objevil kompletní podvozek s nezávislým zadním odpružením. Hlavním rysem nového modelu byla dříve zmíněná Yui, tedy umělá inteligence vyvinutá Toyota Research Institute (Hybrid.cz, 2019).

Systém je schopen určit návyky a preference řidičů, může se jim přizpůsobit a pro identifikaci nálady člověka je analýza vystavena i tónu hlasu a způsobu mluvení. Yui může měnit nastavení klimatizace a audiosystému, stejně jako řídit světlo v kabině v závislosti na stavu řidiče. V podřízenosti umělé inteligence je i autopilot, přičemž společnost nabízí čtvrtý stupeň autonomie z pěti, tedy ve většině situací Toyota LQ bude schopna pohybovat se bez pomoci řidiče. Dalším specifikem vozu jsou aktivní světlomety se systémem pohyblivých mikrozrcadel (Hybrid.cz, 2019).

Co se týče konkrétních technologických inovací, Toyota LQ je vybavena infračervenými a 3D kamerami, která používá systém VCSEL pro přesnější identifikaci obličeje a očí řidiče. Systém SRI sleduje řeč těla a snaží se identifikovat ospalost či nebezpečné emoční stavy (třeba nuda nebo úzkost). Zřízený bezpečnostní systém také sleduje srdeční a dechovou frekvenci, ale i celkovou obsazenost vozu (Pacík, 2021).

Toyota také inovuje skladovou logistiku pomocí automatizace a umělé inteligence pro šetrné přístupy k manipulaci s materiálem. Ve spolupráci s Microsoft společností vyvinula koncept A.I. TeamLogistics, který vizualizuje, jak připojená vozidla mohou

používat pokročilé technologie k zajištění nepřetržitého toku a optimalizovaných logistických operací (Castetter, 2019).

Volkswagen

Německý koncern Volkswagen v posledních letech taktéž věnuje zvláštní pozornost umělé inteligenci. Tak v roce 2017 společnost představila koncept vozu Volkswagen Sedric (název je odvozen ze slov Self-Driving Car), který ukazoval možnost zavedení autopilota a zcela novou formu individuální mobility. Stejně jako Toyota LQ i voz Volkswagen Sedric je zaměřen na autonomní řízení 5. úrovně. Ve vozu se používá OneButton, tedy kombinace tlačítka a kroužku. Pomocí barevné indikace tento prvek zobrazuje čas příjezdu vozidla a, pokud má člověk problémy se zrakem, auto poskytuje vibrační signál. Například, osoba přiletí do cizího města, klikne na tlačítko a na základě geografické lokace Sedric dorazí přímo k něj (Vokáč, 2017).

Auto samo bude moci hledat parkovací místo, přijímat objednané zboží přes mobilní poštovní schránku či vyzvednout hosta z určeného místa. Sedric pozná uživatele, který ho zavolal, a otevře své dveře. Čelní sklo auta představuje velká průhledná LED obrazovka s rozšířenou realitou, která je centrem komunikace a zábavy, ale zároveň i běžnou obrazovkou. Z hlediska interiéru je auto promyšleno do nejmenších detailů. Designerům se také podařilo výrazně snížit vnější objemy vozu, takže je auto prostorné uvnitř a spolu s tím i vhodné pro ty nejužší ulice. Baterie pro elektroinstalaci je umístěna mezi osami, zatímco kompaktní elektromotor je na úrovni kol. Klimatizační systémy a blok umělé inteligence se nachází vpředu i vzadu. Volant, pedály a další tradiční prvky jsou zde zbytečné (Vokáč, 2017).

Ve stejném roce se společnost Volkswagen AG spojila s americkou IT společností Google při vývoji nových technologií vozidel na moderních kvantových počítačích. Cílem těchto technologií je modelování struktury akumulátorů elektromobilů, vývoj umělé inteligence autopilota a zdokonalování systémů řízení provozu (Anderson, 2017).

Na počátku roku 2018 v rámci CES Volkswagen AG a společnost NVIDIA začaly spolupracovat na možnostech integrace UI do automobilů. Podstatou platformy NVIDIA Drive IX je to, že používá vyvinutou aplikaci Intelligent Co-Pilot, která bude aplikovat speciální systém založený na senzorech uvnitř a mimo vozu. Díky speciálním algoritmům budou auta schopna detailně vyhodnotit situaci na silnici a

analyzovat chování ostatních řidičů pro provedení nejvhodnějších rozhodnutí. Výstupem této spolupráce se staly elektromobily z řady ID vytvořené na modulární elektrické platformě (MEB) (Nvidia.com, 2018).

Nejznámějším z nich je Volkswagen I.D. Buzz, což je obnovená varianta legendárního minivanu VW, která dostala elektromotor a umělou inteligenci pro autopilot. Nové modely jsou založeny na zcela nové architektuře MEB, která předpokládá omezování emisí na nulu, využití digitálních technologií a výhod elektromotoru (Nvidia.com, 2018).

Následným krokem v oblasti aplikací UI ve společnosti Volkswagen AG se stala koncepce auta Volkswagen I.D. Vizzion, které je zcela zbaveno obvyklých ovládacích prvků. Místo předního panelu je v tomto vozu velká dřevěná police. Nejsou tam žádná říditka, pedály či tlačítka, protože je zřízen autopilot. K dispozici má radary, ultrazvukové senzory, kamery, kanály komunikace s jinými automobily a silniční infrastrukturou, stejně jako vzdělávací funkce. Řidiči zbývá jen nastavit trasu s pomocí hlasu a gest. Pokročilou verzí tohoto modelu je I.D. Space Vizzion, jehož výroba je plánována k zahájení v letošním roce (Volkswagen.cz, 2022).

Z hlediska logistických procesů Volkswagen aktivně využívá roboty pro kompletaci dílů do jednotlivých zásilek v distribučních centrech. Přestože hlavním úkolem těchto robotů je usnadnit práci zaměstnancům při balení těžkých komponentů, roboti navíc zjednodušují práci e-mailovou komunikací s dodavateli, pro kterou se využívá právě UI (Volkswagen.cz, 2022).

ŠKODA AUTO

Využití technologií umělé inteligence českou automobilkou je výrazně omezenější v porovnání se společnostmi Toyota a Volkswagen. Nicméně i zde je vidět určitý rozvoj.

V červenci 2018 ŠKODA AUTO získala menšinový podíl ve startupu Anagog, který se zaměřuje na vývoj technologií UI. Díky tomu v srpnu 2019 automobilka představila aplikaci Citymove, která dovoluje vybrat, rezervovat a zaplatit širokou škálu možností mobility, tj. autobusy, metro, bikesharing, taxíky apod. Umělá inteligence se využívá pro zprostředkování nabídek na chytré telefony uživatelů přes push-oznámení (Škoda-auto.cz, 2022).

Od podzimu 2019 automobilka, konkrétně její Oddělení digitalizace a průmyslu 4.0, také spolupracuje s Fakultou elektrotechniky a informatiky VŠB-TUO. Jednalo se například o vývoj nových technologií v oblasti asistenčních systémů a návrh nového systému Follow the Vehicle. Jeho cílem je autonomní jízda v konvoji, kde dvě vozidla řídí jeden řidič. Kromě toho v září minulého roku ŠKODA AUTO otevřela AIM.Lab (Artificial Intelligence in Manufacturing Lab) ve spolupráci s Technickou univerzitou Ostrava. Jde o laboratoř zaměřující se na analýzu dat, aplikaci strojového učení a umělé inteligence, stejně jako na problematiku optimalizace v průmyslové praxi (Vacovský, 2021).

Vedle toho v roce 2020 ŠKODA AUTO představila aplikaci pro chytré telefony a tablety Sound Analyser, která je vytvořená na bázi UI a která nahrává zvuk auta a porovnává ho s dostupnými akustickými vzory. Pokud v případě nahrávky dojde k nesrovnalostem, aplikace ukáže, čím mohly být odchylky způsobeny a jakým způsobem mohou být odstraněny. Tím dochází ke zvýšení efektivity v oblasti obsluhování a technické údržby, ke zkrácení doby, kterou vůz stráví v dílně, ale také k vyšší spokojenosti zákazníků. Základem aplikace je algoritmus neuronových sítí. Takže záznam se nejprve převádí na spektrogram a ten signál zobrazuje graficky. Následně nástroje UI porovnává zobrazení s uloženými hodnotami a odhaluje odchylky (Škoda-storyboard.com, 2020).

Značným rozvojovým krokem na cestě automobilky k digitalizaci a zefektivnění provozu byla aplikace OPTIKON AI, která se uplatňuje v logistických procesech. Umožňuje vypočítat nejlepší způsob, jak umístit optimální množství různých typů palet, a tím i maximalizovat nakládkovou kapacitu kontejneru. Díky tomu se šetří náklady na dopravu a snižuje se emise CO₂, protože k expedici jsou připraveny jen plné kontejnery (Dunajčik, 2020).

4.4 Vyhodnocení možnosti aplikace nástrojů UI v průmyslové logistice analyzovaných automobilek

Celkově je třeba poznamenat, že společnost Toyota a Volkswagen uplatňují nástroje umělé inteligence dost aktivně, a to zejména v posledních pěti letech. Především se jedná o technologie pro elektromobily, kde je zřízen autopilot a kde celkový proces řízení auta probíhá s pomocí analýzy faktorů vnějšího prostředí, stavu a pokynů řidiče. Inteligentní systém Yui ve vozech Toyoty shromažďuje

biometrické údaje o řidiči, určuje jeho návyky a preference, definuje náladu, ale také sleduje srdeční a dechovou frekvenci, aby bylo možné přizpůsobit se jim a udělat jízdu pohodlnější. Stejně tak funguje i inteligentní systém OneButton ve vozech řady ID od Volkswagenu, který ale přihlíží nejen ke hlasovým příkazům řidiče, ale také k jeho gestům.

ŠKODA AUTO zatím nemá vyvinuté ani koncepty podobných automobilů, i když je společnost také zaměřena na aktivní využití umělé inteligence ve výrobních procesech. To je důvod, proč spolupracuje se startupy a univerzitami na vývoji nových nástrojů UI, snaží se je uplatnit v nápomocných oblastech (jako třeba údržba aut nebo optimalizace skladové logistiky). Toyota v oblasti skladové logistiky již využívá šetrné přístupy k manipulaci s materiálem, Volkswagen pracuje s inteligentními roboty pro vyřízení rutinních komunikačních otázek (jako je komunikace s dodavateli).

Z těchto informací vyplývá, že možnosti aplikace nástrojů UI v automobilovém průmyslu jsou skoro nekonečné. Existuje mnoho jiných způsobů, jak zefektivnit proces průmyslové logistiky automobilek a udělat ho ještě více výkonným. Tyto způsoby jsou popsány v následující podkapitole bakalářské práce.

4.5 Návrh využití nástrojů UI v logistice automobilového průmyslu

Inteligentní auta se navrhují s cílem osvobodit řidiče od nutnosti řešit četné úkoly během jízdy, aby cesta byla pohodlnější a méně riziková. Dokonce i částečné delegování nástrojům umělé inteligence funkcí a úkolů, kterými se zabývá řidič, pomůže udělat silnice bezpečnějšími, vyhnout se havarijním situacím a snížit počet potenciálních obětí. Může se jednat o následující způsoby aplikace UI.

Kontrola stavu řidiče. Použití pokročilých systémů pro kontrolu stavu řidiče přispívá ke snížení rizika usínání osoby za volantem, snižuje pravděpodobnost dopravní nehody v důsledku únavy nebo zdravotních problémů. Inteligentní auto může být vybaveno speciálním komplexem nástrojů, které budou sledovat stav a chování řidiče. S pomocí kontroly teploty řidiče, jeho tepu a krevního tlaku (což jsou funkce, které nyní mohou vykonávat i chytré hodinky) systém vystavěný do automobilu bude schopen:

- blokovat jízdu (pokud je osoba pod vlivem alkoholu),

- sledovat úroveň únavy řidiče a upozornit ho na to, že vyjíždí mimo značení či jiným způsobem ztratil koncentraci,
- upozornit dispečera nebo záchrannou službu na to, že řidič představuje nebezpečí pro sebe i ostatní účastníky silničního provozu.

Výhodou tohoto nástroje je to, že inteligentní systém může být instalován do běžného automobilu, tudíž jízda bude bezpečnější a náklady na takové auto nebudou výrazně překračovat průměrnou částku.

Nouzové upozornění. Aby bylo auto bezpečnější, je možné použít speciální nouzové upozornění. Jeho hlavním úkolem je přenos informací v případě nouzových situací, které jsou zachyceny senzory vozidla. Signál může být odeslán v následujících případech:

- nebezpečí kolize,
- fyzický kontakt s obrubníkem, značením, oplocením nebo jinými účastníky silničního provozu,
- vznik závad, které mohou vést k nehodě.

V některých případech může systém automaticky informovat záchranné služby o potřebě pomoci nebo spojit lidi v autě s takovými službami.

Automatické osvětlení. Systémy automatického osvětlení samostatně zapínají světlomety a vybírají intenzitu světla podle denní doby i povětrnostních podmínek. Význam této funkce nelze podceňovat, protože regulování osvětlení je rozhodujícím faktorem pro práci externích kamer přímo zapojených do řízení vozidla (v případě bezpilotního auta). Pokud je za volantem řidič, automatické nastavení osvětlení zajistí, že se řidič nebude rozptylovat během jízdy.

Průběžná údržba vozidla. Aplikace na bázi umělé inteligence, které používají údaje shromážděné čidly s podporou Internetu věcí (IoT), mohou předvídat výkon různých automobilových baterií a motorů. Tyto informace pomohou řidiči dozvědět se o stavu vozidla a snížit vysoké náklady na údržbu.

4.6 Klíčové překážky pro analyzované automobilky při využití nástrojů UI v průmyslové logistice

Umělá inteligence v logistice automobilového průmyslu se uplatňuje čím dále tím více. Ale pokud dříve v této oblasti byla zaneprázdněna úzká vrstva profesionálů, pak nyní při tak velké poptávce po inteligentních technologiích dostatek kvalifikovaných pracovníků není. To je důvod, proč automobilky musí věnovat zvláštní pozornost spolupráci s vysokoškolskými institucemi, kde probíhá příprava odborníků v sféře inteligentní logistiky. Další překážkou pro využití nástrojů UI je kvalita dat. Pro úspěšné výsledky algoritmy potřebují kvalitní úvodní data, včetně označených a čistých dat. Nesprávně zadané vzory mohou způsobit situace, ve kterých systém vyvodí nepravdivé závěry. Například, autopilot v autě chybně zavolá záchrannou službu nebo změní rychlost, která způsobí nepohodlí pro ostatní účastníky silničního provozu. V průmyslové logistice chybné čtení dat může vést k pozastavení výrobního procesu nebo k tomu, že technicky správný detail bude identifikován jako zmetek, a to zvýší náklady automobilky. Problém nekvalitních dat těsně souvisí s problémem nedostatku dat, protože inteligentní systém stále potřebuje poměrně velký počet informací a zdrojů pro jejich analýzu a provedení nejjednodušších úkolů.

Vedle technických záležitostí je využití nástrojů UI omezeno nutností zajištění finančních zdrojů, což je obzvláště aktuální otázkou s ohledem na důsledky pandemie COVID-19 a vojenský konflikt na Ukrajině, který způsobil humanitární krizi a příliv migrantů do země. Jinou překážkou taktéž je legislativa, která zatím nemá přesně vymezené termíny pro provozování plně autonomních automobilů bez řidičů.

Tab. 1 SWOT analýza možností uplatnění UI v logistice automobilového průmyslu

Silné stránky	Slabé stránky
<ul style="list-style-type: none">- Průběžné zpracování konceptů elektromobilů s prvky umělé inteligence a jejich následná realizace- Široká nabídka funkcí a možností, které nabízí auta s technologiemi UI	<ul style="list-style-type: none">- Nedostatek odborníků v oblasti UI- Nedostatek dat a jejich nesprávná interpretace může způsobit chyby při provozu vozidel s inteligentními technologiemi- Finanční náročnost realizace aktivit v oblasti UI

- Vysoká udržitelnost nových vozů	
<i>Příležitosti</i>	<i>Hrozby</i>
<ul style="list-style-type: none"> - Zájem veřejnosti a potenciálních zákazníků o nástroje UI - Spolupráce s vysokými školami a startupy poskytuje nové možnosti pro automobilky - Nekonečný prostor ke zlepšení aut 	<ul style="list-style-type: none"> - Nepřesná legislativní stanovení na provoz autonomních vozidel - Negativní vliv ze strany ekonomického vývoje země po důsledcích pandemie COVID-19

Zdroj: (vlastní zpracování)

Na základě získaných informací je možné poukázat na klíčové silné a slabé stránky, příležitosti a hrozby pro automobilky, které uplatňují UI v průmyslové logistice (viz Tab. 1). Tak například jednou ze silných stránek je vysoká udržitelnost nových vozů, což má pozitivní vliv na životní prostředí. To zase přispívá vyšší loajalitě zákazníků vůči automobilkám, které produkují ekologicky šetrná auta. Stejně tak je silnou stránkou průběžné zpracování konceptů elektromobilů s prvky umělé inteligence. Takové koncepty ovšem vyžadují vynaložení velkých finančních investic, což lze považovat za slabou stránku automobilek. Navíc k tomu v odvětví chybí zkušení zaměstnanci vzdělaní v této oblasti, protože jde o poměrně mladou oblast.

Pozitivně vývoji způsobů aplikací UI v logistice automobilového průmyslu přispívá zájem veřejnosti o umělou inteligenci obecně, stejně jako nekonečný počet možností, které UI nabízí pro zlepšení aut. Braní tomu však i několik hrozeb. První z nich jsou nepřesná legislativní stanovení na provoz autonomních vozidel. Stávající právní řád nezná pojetí autonomní vozidlo, a to jen jednou z bariér. Další překážkou jsou etické aspekty, protože v případě autonomního řízení bez řidiče musí auto nést odpovědnost za případnou nehodu, tedy i rozhodovat, koho má srazit. Právě tu vyvstávají nové otázky, které zatím nejsou dopravními orgány vyřešeny.

Další hrozbou je negativní vliv ze strany ekonomického vývoje země po důsledcích pandemie COVID-19. Například, v České republice spočívá tento vliv zejména ve snížení kupní síly zákazníků, ale také ve zvýšené inflaci. Ekonomická rizika jsou stále vysoká, což může být překážkou pro potenciální investice do oblasti UI v automobilovém průmyslu.

Závěr

Inteligentní automobilové systémy se dnes vyvíjejí rychlým tempem. Každý rok se automobilky stále více snaží získat zákazníky a dosáhnout konkurenční výhody vývojem nových funkcionalit. Dá se očekávat, že palubní systémy budou funkčnější, budou schopny zajistit stále větší komfort a stále větší bezpečnost při provozu vozidel. Dost práce vyžaduje také vývoj autonomních vozidel, která potřebují novou silniční infrastrukturu, kde by mohly komunikovat se samotnou infrastrukturou (dopravní značky, semaforey) a s jinými vozidly. Navíc inteligentní auta musí včas a správně analyzovat vnitřní stav ve vozidle a faktory vnějšího prostředí, které představují riziko během jízdy.

Tato bakalářská práce se zabývala umělou inteligencí v průmyslové logistice a jejím cílem bylo vypracování rešerše na vybrané téma a analýza využitelnosti nástrojů umělé inteligence v logistice automobilového průmyslu. Rešerše byla vypracována v teoretické části práce, kde byly shrnuty poznatky českých a zahraničních autorů ohledně průmyslové logistiky, umělé inteligence a Průmyslu 4.0. Podkladem pro analýzu v praktické části posloužily informace o inteligentních možnostech, které se uplatňují ve třech vybraných automobilkách, a to Toyota, Volkswagen a ŠKODA AUTO. Cíl práce byl naplněn shrnutím výsledků metodou SWOT analýzy.

Bylo zjištěno, že Toyota a Volkswagen aktivně využívají nástroje umělé inteligence v různých oblastech své činnosti. Jejich výstupem jsou přední koncepty vozidel, které se vyznačují inovativními technologiemi a celou sadou poskytovaných funkcí. Ve výrobní logistice jsou metody aplikace UI používány při šetrné manipulaci s materiálem, ale také při kompletaci dílů a vyřizování rutinní komunikace s dodavateli. ŠKODA AUTO taktéž navrhuje možnosti uplatnění UI v logistických procesech, ale její vývoj v této oblasti je zatím omezený. Hlavními bariérami, které překáží automobilkám ve využití nástrojů umělé inteligence, zpravidla je nedostatek odborného personálu, nedostatečná kvalita a množství dat pro inteligentní analýzu situace, vysoké finanční náklady na praktickou aplikaci nástrojů UI, ale také legislativní nejistoty.

Pro automobilky byla vždy důležitá práce s velkými daty, ale nyní se tato práce stala životně důležitou. Na to ale navazuje problém spolehlivých řešení pro skladování a zpracování velkého objemu informací. Hlavní obavy přitom vyvolává ochrana

shromažďovaných dat, na která se UI aplikace obrací. Přes to však je možné předpokládat, že do budoucna většina automobilek bude využívat technologie elektromotorů, autonomního a připojeného řízení. Celý systém přitom bude spojen dohromady prostřednictvím inovativních mobilních služeb. Pokud jde o možnosti uplatnění UI konkrétně při výrobě aut, zde lze predikovat určení kvality vozidel a jejich komponent sestavením analytických modelů, které umožní identifikovat většinu problémů již v počáteční fázi výroby.

Seznam literatury

BASL, Josef a Roman BLAŽÍČEK. *Podnikové informační systémy: podnik v informační společnosti*. 3., aktualiz. a dopl. vyd. Praha: Grada, 2012. ISBN 978-80-247-4307-3.

FOTR, Jiří, Emil VACÍK, Ivan SOUČEK, Miroslav ŠPAČEK a Stanislav HÁJEK. *Tvorba strategie a strategické plánování: teorie a praxe*. 2., aktualizované a doplněné vydání. Praha: Grada Publishing, 2020. ISBN 978-80-271-2499-2.

HENDL, Jan. *Big data: věda o datech - základy a aplikace*. Praha: Grada Publishing, 2021. ISBN 978-80-271-3031-3.

HOLEČKOVÁ, Lenka a Jaroslava HYRŠLOVÁ. *Ekonomika podniku*. [Praha]: Vysoká škola ekonomie a managementu, 2018. ISBN 978-80-87839-90-4.

HUANG, Samuel H.. *Supply chain management for engineers*. Boca Raton: CRC Press, 2013. ISBN 978-1-4665-6892-1.

JACOBS, F. Robert. *Manufacturing planning and control for supply chain management*. New York: McGraw-Hill, 2011. ISBN 978-0-07-175031-8.

JANÍČEK, Přemysl a Jiří MAREK. *Expertní inženýrství v systémovém pojetí*. Praha: Grada, 2013. ISBN 978-80-247-4127-7.

JUROVÁ, Marie. *Výrobní a logistické procesy v podnikání*. Praha: Grada Publishing, 2016. ISBN 978-80-247-5717-9.

KISLINGEROVÁ, Eva. *Cirkulární ekonomie a ekonomika: společenské paradigma, postavení, budoucnost a praktické souvislosti*. Praha: Grada Publishing, 2021. ISBN 978-80-271-3230-0.

KOLAŘÍKOVÁ, Linda a Filip HORÁK. *Umělá inteligence & právo*. Praha: Wolters Kluwer. Právní monografie (Wolters Kluwer ČR), 2020. ISBN 978-80-7598-783-9.

MAGNUSKOVÁ, Jana. *Průmyslová logistika: skripta*. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, Hornicko-geologická fakulta, 2014. ISBN 978-80-248-3485-6.

MIKELSTEN, Daniel, Vasil TEIGENS a Peter SKALFIST. *Umělá inteligence: Čtvrtá průmyslová revoluce*. Cambridge: Cambridge Stanford Books, 2020. ISBN 9781005168490.

NENADÁL, Jaroslav. *Management kvality pro 21. století*. Praha: Management Press, 2018. ISBN 978-80-7261-561-2.

RUSSELL, Stuart J.. *Jako člověk: umělá inteligence a problém jejího ovládní*. Přeložil Jiří ZLATUŠKA. Praha: Argo. Zip (Argo: Dokořán): Dokořán), 2021. ISBN 978-80-7363-810-8.

SMEJKAL, Vladimír a Karel RAIS. *Řízení rizik ve firmách a jiných organizacích*. 4., aktualiz. a rozš. vyd. Praha: Grada, 2013. ISBN 978-80-247-4644-9.

STRAKA, Martin. *Distribution and Supply Logistics*. Cambridge Scholars Publishing, 2019. ISBN 978-1-5275-3607-4.

VOCHOZKA, Marek. *Metody komplexního hodnocení podniku*. 2. aktualizované vydání. Praha: Grada Publishing, 2020. ISBN 978-80-271-1701-7.

WATERS, Donald. *Global logistics and distribution planning: strategies for management*. 3rd ed. Routledge, 2018. ISBN 9781351444736.

Webové stránky:

Artificial Intelligence Reshaping the Automotive Industry. *FutureBridge.com* [online]. 29-04-2020 [cit. 2022-03-30]. Dostupné z: <https://www.futurebridge.com/industry/perspectives-mobility/artificial-intelligence-reshaping-the-automotive-industry/>

Artificial Intelligence services transforming business in 2020. *Symphony-solutions.com* [online]. 2020 [cit. 2022-04-29]. Dostupné z: <https://symphony-solutions.com/insights/artificial-intelligence-an-overview>

BERRIDGE, Dave. Trends in automation. *SHD Logistics* [online]. 01-12-2021 [cit. 2022-04-01]. Dostupné z: <https://www.shdlogistics.com/robotics-automation/trends-automation>

Global Warehouse Management System Market | USD 1.84 billion in 2018 to USD 4.81 billion by 2025 | CAGR 15.1 %. *IssueWire.com* [online]. 2022 [cit. 2022-04-29]. Dostupné z: <https://www.issuewire.com/global-warehouse-management-system-market-usd-184-billion-in-2018-to-usd-481-billion-by-2025-cagr-151-1657601518493942>

How Transport Management System Helps Your Logistics Business Grow. *MyTruckPulse.com* [online]. 2019 [cit. 2022-04-29]. Dostupné z: <https://mytruckpulse.com/blog/transportation-management-system.html>

KOZŁOWSKI, Adam a Marcin WIŚNIEWSKI. 8 Examples of How AI Drives the Automotive Industry. *GrapeUp.com* [online]. 2022 [cit. 2022-03-30]. Dostupné z: <https://grapeup.com/blog/8-examples-of-how-ai-drives-the-automotive-industry/#>

Průmysl 4.0. *Medium.com* [online]. 2019 [cit. 2022-04-29]. Dostupné z: <https://medium.com/edtech-kisk/průmysl-4-0-d3687a297ca6>

RAMASWAMY, Satya. How Companies Are Already Using AI. *Harvard Business Review: Technology And Analytics* [online]. 14-04-2017 [cit. 2022-03-30]. Dostupné z: <https://hbr.org/2017/04/how-companies-are-already-using-ai>

SUN, Xu, Hao YU, Wei Deng SOLVANG, Yi WANG a Kesheng WANG. The application of Industry 4.0 technologies in sustainable logistics: a systematic literature review (2012–2020) to explore future research opportunities. *Environmental Science and Pollution Research* [online]. 2022, **29**(7), 9560-9591 [cit. 2022-04-01]. ISSN 0944-1344. Dostupné z: doi:10.1007/s11356-021-17693-y

VENKRBEC, Václav. Logistika. *VUT Brno: Fakulta stavební* [online]. 2017 [cit. 2022-03-30]. Dostupné z: https://www.fce.vutbr.cz/TST/venkrbec.v/logistika/prednasky/NWB024_01.pdf

WINKELHAUS, Sven a Eric H. GROSSE. Logistics 4.0: a systematic review towards a new logistics system. *International Journal of Production Research* [online]. 2020, **58**(1), 18-43 [cit. 2022-04-01]. ISSN 0020-7543. Dostupné z: doi:10.1080/00207543.2019.1612964

Seznam tabulek a obrázků

Tab. 1 SWOT analýza možností uplatnění UI v logistice automobilového průmyslu	36
Obr. 1 Přehled prvků, které jsou zahrnuty do WMS	11
Obr. 2 Klíčové funkce TMS.....	12
Obr. 3 Komponenty umělé inteligence.....	14
Obr. 4 Historický vývoj průmyslu	19
Obr. 5 Vybrané nástroje Průmyslu 4.0.....	20

ANOTAČNÍ ZÁZNAM

AUTOR	Anastasiia Gaivoronskaia		
STUDIJNÍ PROGRAM/OBOR/SPECIALIZACE	6208R186 Podniková ekonomika a řízení provozu, logistiky a kvality		
NÁZEV PRÁCE	Umělá inteligence v průmyslové logistice		
VEDOUCÍ PRÁCE	Ing. Tomáš Malčic, Ph.D.		
KATEDRA	KRVLK - Katedra řízení výroby, logistiky a kvality	ROK ODEVZDÁNÍ	2022
POČET STRAN	45		
POČET OBRÁZKŮ	5		
POČET TABULEK	1		
POČET PŘÍLOH	0		
STRUČNÝ POPIS	<p>Bakalářská práce se věnuje umělé inteligenci v průmyslové logistice. Jejím hlavním cílem je vypracovat literární rešerši na dané téma a také analyzovat, jak se využívají nástroje umělé inteligence v logistice automobilového průmyslu. Teoretická část práce se zaměřuje na shromáždění klíčových poznatků, které se dotýkají průmyslové logistiky, umělé inteligence a Logistiky 4.0, která vychází z konceptu čtvrté průmyslové revoluce. V jednotlivých kapitolách se také popisují metody umělé inteligence a inovační logistické nástroje. V praktické části jsou představeny tři vybrané automobilky, jimiž jsou Toyota Motor Company, Volkswagen AG a ŠKODA AUTO. Dále jsou popsány způsoby, kterými se UI aplikuje v těchto společnostech, a také probíhá jejich vyhodnocení. Výstupem práce je návrh využití nástrojů umělé inteligence a popis klíčových překážek, které tomuto využití brání.</p>		
KLÍČOVÁ SLOVA	Automobilový průmysl, logistické systémy, Toyota Motor Company, umělá inteligence, Volkswagen, ŠKODA AUTO, logistika 4.0, průmysl 4.0.		

ANNOTATION

AUTHOR	Anastasiia Gaivoronskaia		
FIELD	6208R186 Business Administration and Operations, Logistics and Quality Management		
THESIS TITLE	Artificial intelligence in industrial logistics		
SUPERVISOR	Ing. Tomáš Malčic, Ph.D.		
DEPARTMENT	KRVLK - Department of Production, Logistics and Quality Management	YEAR	2022
NUMBER OF PAGES	45		
NUMBER OF PICTURES	5		
NUMBER OF TABLES	1		
NUMBER OF APPENDICES	0		
SUMMARY	<p>The bachelor thesis deals with artificial intelligence in industrial logistics. Its main goal is to develop a literature search on the topic and also to analyze how the tools of artificial intelligence are used in the logistics of the automotive industry. The theoretical part of the thesis focuses on the collection of key findings that relate to industrial logistics, artificial intelligence and Logistics 4.0, which is based on the concept of the fourth industrial revolution. The individual chapters also describe artificial intelligence methods and innovative logistics tools. The practical part presents three selected car manufacturers, which are Toyota Motor Company, Volkswagen AG and ŠKODA AUTO. The ways in which UI is applied in these companies are described and evaluated. The output of the work is a proposal for the use of artificial intelligence tools and a description of the key obstacles that prevent this use.</p>		
KEY WORDS	Artificial intelligence, car industry, Industry 4.0, logistics 4.0, logistics systems, ŠKODA AUTO, Toyota Motor Company, Volkswagen		