

Česká zemědělská univerzita v Praze

Provozně ekonomická fakulta

Katedra informačních technologií



Bakalářská práce

Automatizace v logistice

Tatiana Pomogaeva

© 2022 ČZU v Praze

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Provozně ekonomická fakulta

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Tatiana Pomogaeva

Systémové inženýrství a informatika
Informatika

Název práce

Automatizace v logistice

Název anglicky

Automation in Logistics

Cíle práce

Problematika práce je zaměřena na oblast automatizačních systémů v oblasti logistiky. Hlavním cílem je navrhnout optimální metodu zavedení automatizovaných systémů doručování pro zvolený modelový podnik.

Dílní cíle práce:

- analýza a hodnocení dostupných automatizovaných systémů
- porovnání různých variant automatizace s ohledem na specifické požadavky daného podniku jako např. rychlost zpracování, míra automatizace, dostupný rozpočet
- zvolení nejvhodnější varianty a návrh její implementace v praxi

Metodika

Teoretická část bude založena na studiu odborné literatury a dalších dostupných informačních zdrojů. Praktická část bude realizována formou analýzy a porovnání dat pro zvolené varianty automatizace, jako například: rychlost zpracování tras, režijní cena proložené trasy, množství variant proložení trasy, režijní cena použitých systémů. Na základě syntézy teoretických a praktických poznatků budou zpracovány závěry bakalářské práce.

Doporučený rozsah práce

40-50

Klíčová slova

Automatizace, optimalizace, logistika, ERP systémy, plánování tras

Doporučené zdroje informací

- Alan Rushton, Phil Croucher, Peter Baker. The handbook of Logistics & Distribution Management. Londýn: Kogan Page, 2017. ISBN 978-0-7494-6627-5
- G. Andal Jayalakshmi. Genetic Algorithm Based Automation Methods for Route Optimization Problems. 2012
- Jaume Barcelo, Hanna Grzybowska, Sara Pardo. Vehicle Routing And Scheduling Models, Simulation And City Logistics. In: Zeimpekis V., Tarantilis C.D., Giaglis G.M., Minis I. Dynamic Fleet Management, vol 38. Springer, Boston, MA, 2007. ISBN 978-0-387-71721-0
- Martin Christopher. Logistics and Supply Chain Management. Londýn: Financial Times, 2016. ISBN 978-0-273-73112-2
- Pavel Beneš, Branislav Lacko, Ladislav Maixner. Automatizace a automatizační technika 1: Systémové pojetí automatizace. Praha: Computer Press, 2012. ISBN 978-80-251-3628-7

Předběžný termín obhajoby

2022/23 ZS – PEF

Vedoucí práce

Ing. Jan Pavlík

Garantující pracoviště

Katedra informačních technologií

Elektronicky schváleno dne 16. 8. 2021

doc. Ing. Jiří Vaněk, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 19. 10. 2021

Ing. Martin Pelikán, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 29. 11. 2022

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci „Automatizace v logistice“ jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu použitých zdrojů na konci práce. Jako autorka uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušila autorská práva třetích osob.

V Praze dne 30.11.2022

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala Ing. Janu Pavlíkovi za vstřícný přístup a odborné rady při zpracování bakalářské práce. Také bych ráda poděkovala Ing. Danilovi Konradovi a své rodině za všestrannou podporu během celého studia.

Automatizace v logistice

Abstrakt

Bakalářská práce se zabývá zavedením automatizovaných systémů pro podnik „Logistické řešení“. V teoretické části byly popsány pojmy logistika a dodavatelský řetězec. Dále byly definovány podnikové procesy, popsány byly způsoby budování logistické infrastruktury a zařazeny sem byly také příklady algoritmů pro řešení problému obchodního cestujícího. V praktické části byly identifikovány problémy firmy, pomocí analýzy a porovnání dat byl zvolen automatizovaný program pro výpočet trasy pro podnik. Bylo také navrženo řešení pro zavedení tohoto programu do podniku i s integrací ostatních podnikových služeb.

Klíčová slova: automatizace, optimalizace, logistika, ERP systémy, plánování tras, informační systémy, algoritmy, problém obchodního cestujícího.

Automatization in Logistics

Abstract

The thesis deals with the introduction of automatized systems for the business “Logistic Solutions”. The terms logistics and supply chain were described in the theoretical part. Furthermore, business processes were defined, methods of building logistics infrastructure were described and examples of algorithms for solving traveling salesman problem were also included there. In the practical part, the problems of the company were identified, an automated program for calculation of optimal path for the business was chosen using the analysis and comparison of data. A solution for the implementation of the program to the business with the integration of other business services was also suggested.

Keywords: automatization, optimization, logistics, ERP systems, route planning, information systems, algorithms, traveling salesman problem.

Obsah

1 Úvod.....	9
2 Cíl práce a metodika	10
2.1 Cíl práce	10
2.2 Metodika.....	10
3 Teoretická východiska	11
3.1 Pojem a role logistiky v řízení dodavatelských řetězců	11
3.1.1 Řízení dodavatelských řetězců.....	12
3.1.2 Vývoj řízení dodavatelských řetězců, řízení konfliktů dodavatelských řetězců	12
3.2 Podnikové procesy	15
3.2.1 Business process management a notace.....	17
3.3 Specifika různých způsobů budování logistické infrastruktury	18
3.3.1 LIS.....	18
3.3.2 Vývoj vlastního softwaru	21
3.3.3 IT outsourcing	21
3.3.4 LIS na zakázku.....	22
3.4 Odlišné vlastnosti středních a malých podniků v kontextu řešení logistických problémů.....	22
3.5 Dopravní logistika	24
3.5.1 Algoritmy a řešení problému cestujícího obchodníka	25
3.5.2 Algoritmy používané k řešení problému obchodního cestujícího	27
4 Vlastní práce	29
4.1 Popis podniku a předpoklady pro zavedení nových logistických systémů	29
4.2 Návrhy řešení úloh	30
4.3 Popis systému Yandex.Routing.....	45
4.3.1 Technické vlastnosti.....	46
5 Výsledky a diskuze	47
5.1 Návrhy dle výsledků provedené práce	48
6 Závěr.....	52
7 Seznam použitých zdrojů.....	53
8 Seznam obrázků a tabulek	56
8.1 Seznam obrázků	56
8.2 Seznam tabulek.....	56

1 Úvod

Logistika je komplikovaný systém, který zajišťuje pohyb zboží od výrobce ke konečnému uživateli prostřednictvím kontroly a řízení materiálových, finančních a informačních toků. Úkoly logistiky jsou tedy rozsáhlé: doprava, skladování, administrativa atd.

Ve druhé polovině 20. století byla logistika považována za nezbytný náklad. Postupem času se pohled na ni začal měnit, vznikl outsourcing, 3PL, 4PL a dokonce 5PL služby, začaly se rychle rozvíjet informační systémy, které nabízely větší integraci a automatizaci, a jednotlivé prvky logistiky přestaly být vnímány izolovaně. Například distribuce a skladování se začlenily do jednoho integrovaného systému a z logistiky se tak stal důležitý faktor konkurenceschopnosti na trhu.

Podnik Logistics Solutions Group nabízející logistická řešení v oblasti distribuce a služeb 3ple operátorů se potýkal s řadou problémů, které se týkaly především procesu doručování. Společnost dodává velké množství zakázek a stávající model organizace dodávek není schopen zvládnout objem objednávek, které je třeba zpracovat. To vede k nevyhovujícímu plnění zakázek, úbytku zákazníků a ztrátě konkurenceschopnosti. Proto je pro firmu prioritou automatizace a optimalizace procesu dodávek.

Firma používá k výpočtu trasy software, který pracuje v poloautomatickém režimu a sestavuje neoptimální trasy, což výrazně zpomaluje proces doručování. Vedení firmy dospělo k závěru, že je třeba vyměnit automatizované systémy doručování.

Tato práce bude analyzovat problémy, jež se vyskytují v organizaci dodávek a nabídne jejich řešení. Bude také vybráno a porovnáno několik automatizovaných systémů dodávek a bude zvolen ten, jenž bude pro firmu vhodný, a poté bude uveden způsob integrace těchto řešení pro firmu.

2 Cíl práce a metodika

2.1 Cíl práce

Problematika práce je zaměřena na oblast automatizačních systémů v oblasti logistiky. Hlavním cílem je navrhnout optimální metodu zavedení automatizovaných systémů doručování pro zvolený modelový podnik.

Dílčí cíle práce:

- analýza a hodnocení dostupných automatizovaných systémů,
- porovnání různých variant automatizace s ohledem na specifické požadavky daného podniku jako např. rychlost zpracování, míra automatizace, dostupný rozpočet,
- zvolení nejvhodnější varianty a návrh její implementace v praxi.

2.2 Metodika

Teoretická část bude založena na studiu odborné literatury a dalších dostupných informačních zdrojů. Praktická část bude realizovaná formou analýzy a porovnání dat pro zvolené varianty automatizace, např. rychlost zpracování tras, režijní cena proložené trasy, množství variant proložení trasy, režijní cena použitých systémů. Na základě syntézy teoretických a praktických poznatků budou zpracovány závěry bakalářské práce.

3 Teoretická východiska

3.1 Pojem a role logistiky v řízení dodavatelských řetězců

Klíčové prvky logistiky, jako jsou zásoby, doprava, skladování, byly po stovky let základem hospodářského života a průmyslu a teprve na konci 20. století byla logistika uznána jako důležitá funkce sama o sobě. Logistika je rozsáhlý systém skládající se z mnoha dílčích funkcí a systémů, které byly dlouhou dobu považovány za samostatné řídicí operace. S rozvojem trhu a ekonomiky jako celku se však stal zřejmým význam dodavatelských řetězců a logistiky, nejen jejich subsystémů a funkcí, ale i vazeb mezi nimi.

Obecně neexistuje pouze jediný koncept logistiky, protože tato věda je rozsáhlá a její prvky jsou velmi variabilní v závislosti na odvětví a podniku, protože každá společnost se liší od druhé z hlediska pokrytí trhu, výroby, strategií atd. Logistika je tedy flexibilní a dynamický systém, který se bude měnit v závislosti na požadavcích na něj kladených.

V knize „The Handbook of Logistics and Distribution Management” (Rushton et al., 2014, s. 4) autoři podávají širokou a názornou definici logistiky, která odráží jeden z jejích klíčových vztahů:

Logistika = Materiálový management + Distribuce.

Logistika je neodmyslitelně spjata s konceptem dodavatelského řetězce, který pokrývá ještě širší oblasti podnikání. Dodavatelský řetězec zahrnuje dodávku surovin a komponentů a také dodávku výrobků konečnému spotřebiteli. Autoři tedy udávají následující definici dodavatelského řetězce:

Dodavatelský řetězec = Dodavatelé + Logistika + Zákazníci

Rozsáhlejší pojem logistiky a dodavatelského řetězce je následující (Dubolazov et al., 2022):

Logistika je věda o organizaci a řízení materiálových a souvisejících informačních a finančních toků v dodavatelských řetězcích nebo věda o řízení pohybu materiálů, výrobků, polotovarů, informací atd.

Dodavatelský řetězec je soubor organizací, lidí, informací, činností zapojených do procesu přeměny surovin a materiálů na produkty a pohybu surovin nebo hotových výrobků od dodavatele ke konečnému spotřebiteli.

3.1.1 Řízení dodavatelských řetězců

Řízení dodavatelských řetězců (SCM – Supply Chain Management) je soubor metod a přístupů, který je zaměřen na integraci úsilí všech účastníků dodavatelských řetězců splnit spotřebitelskou poptávku tím nejefektivnějším způsobem (Hartmut, 2005).

Hlavním pravidlem řízení dodavatelských řetězců je pravidlo **7R**. Lze jej formulovat následovně: „Dodávka správného produktu ve správném množství a žádoucí kvalitě ve stanovený čas na požadované místo konkrétnímu spotřebiteli při optimálních nákladech“ (Purdescu et al., 2009).

- Right product – správný produkt.
- Right quality – v žádoucí kvalitě.
- Right quantity – ve správném množství.
- Right time – ve stanovený čas.
- Right place – na požadované místo.
- Right customer – konkrétnímu spotřebiteli.
- Right cost – při optimálních nákladech.

Cílem řízení dodavatelských řetězců je tedy dosažení požadované úrovně zákaznických služeb co nejhospodárnějším způsobem a obvykle je třeba dělat kompromisy, protože je obtížné najít nejlepší řešení pro každý z těchto úkolů současně.

3.1.2 Vývoj řízení dodavatelských řetězců, řízení konfliktů dodavatelských řetězců

Organizace řízení dodavatelských řetězců prochází evolučními změnami jak v průběhu života podniku, tak v průběhu vývoje samotných dodavatelských řetězců. Existuje několik hlavních fází vývoje systému jejich řízení.

V každé organizaci lze pozorovat nějakou úroveň vyspělosti funkce řízení dodavatelského řetězce, jinými slovy úroveň vyspělosti logistické funkce (Dubolazov et al., 2022).

Fáze 1 – vícenásobná koordinace. Tento stav je typický pro mladé, rychle se rozvíjející společnosti. Hlavní rysy vícenásobné koordinace jsou následující:

- rozptýl dat napříč různými informačními zdroji, například databáze jsou různorodé, umístěné na různých místech, spravované různými lidmi, zpravidla neexistuje koordinované centralizované úložiště informací;
- vnější vztahy jsou jednorázové nebo krátkodobé;

- operace se provádějí podle potřeby;
- objednávky se většinou realizují bez ohledu na náklady;
- informační a výrobní technologie jsou využívány minimálně;
- funkce řízení dodavatelských řetězců je vnímána spíše jako zátěž pro podnikání.

Fáze 2 – polofunkční podnik. Poté, co podnik nějakou dobu pracoval a uvědomil si nedostatky stávajícího přístupu, začíná zlepšovat funkce řízení dodavatelských řetězců:

- společnost více dbá na kvalitu výrobků;
- dodavatelský řetězec je považován za funkci, která podporuje konkurenceschopnost podniku;
- snaha o optimalizaci nákladů;
- zlepšení řízení dodavatelských řetězců pro jednotlivé funkce (vývoj, nákup, výroba atd.), ale dosud nekoordinované do jednoho systému řízení podnikových dodavatelských řetězců;
- větší pozornost technice a vybavení než informačním systémům.

Fáze 3 – integrovaný podnik (Mertins, Jochem, 2001). Společnost si uvědomuje, že je zapotřebí jediný zdroj dat, centralizovaný kanál pro výměnu informací uvnitř organizace. Obvykle je takovým kanálem ERP systém (ERP – Enterprise Resource Planning). Třetí fázi lze charakterizovat následujícím způsobem:

- funkční oblasti činnosti jsou vzájemně integrovány prostřednictvím jediného informačního a řídicího kanálu;
- dodavatelský řetězec je zaměřen na takový design zboží a služeb, který zajišťuje konkurenceschopnost a zároveň snižuje složitost a náklady;
- investice do integrovaného informačního systému;
- informace je považována za klíčový faktor konkurenceschopnosti.

Fáze 4 – rozšířený podnik (Extended enterprise). Rozšířený podnik provádí integraci řízení jak interních, tak externích dodavatelských řetězců (umístěných mimo podnik). V rámci rozšířeného podniku je tedy možná interakce široké škály agentů: dodavatelů zařízení, reklamních agentur, distributora, výrobní společnosti atd. (O'Neill, 1998).

Charakteristické rysy rozšířeného podniku jsou následující:

- dodavatelský řetězec je chápán jako strategická funkce, která zajišťuje konkurenceschopnost na trhu;
- informace je distribuována mezi články dodavatelského řetězce volně a rychle v reálném čase.

Celkově je vidět, že čím silněji se firma rozvíjí, tím více dbá na automatizaci, snižování nákladů, zvyšování výroby a také na integraci článků dodavatelského řetězce pomocí jediného informačního systému. Integrace informačních systémů je pro podnik velmi důležitým prvkem, který by neměl být opomíjen. To popisuje koncept logistiky (TLC – Total Logistic Concept). Koncept TLC říká, že mnoho různých prvků distribuce a logistiky a vazby mezi nimi by měly být považovány za jeden integrovaný systém (Ploos van Amste, Verstegen, 1991). Například přeprava a skladování nebudou chápány jako 2 izolované subsystémy, ale jako součásti širšího dodavatelského řetězce. Důležitost TLS ilustruje tento příklad (Rushton, 2014):

Firma vyrábí plastové hračky, které jsou baleny v kartonových krabicích. Ty jsou baleny na dřevěných paletách, které se používají jako hlavní jednotka nákladu ve skladu a ve vozidlech pro rozvoz k zákazníkům.

Jedno oddělení provedlo studii, která ukazuje, že kartonová krabice je zbytečný náklad, protože neposkytuje žádnou významnou ochranu pro docela odolné plastové hračky ani žádnou významnou marketingovou výhodu. Oddělení tedy dochází k závěru, že kartonové krabice by neměly být používány vůbec, což povede k nižší jednotkové ceně hračky a tím k potenciální výhodě na trhu.

Neočekávaným výsledkem však je, že bez krabic hračky nelze stohovat na dřevěné palety, protože jsou nestabilní, ale musí být skladovány a přemísťovány na speciálních podstavcích. Tyto podstavce jsou zcela odlišné od běžných prostředků nakládání, které se v současnosti používají ve skladech a vozidlech (např. dřevěná paleta). Dodatečné náklady na poskytnutí speciálních podstavců pro jiný způsob nakládání jsou vysoké – mnohem vyšší než úspory na balení výrobků.

Toto je ukázkový příklad případu dílčí optimalizace. Vzhledem k tomu, že náklady na kartonové obaly byly sníženy, je oddělení, které se tím zabývá, přesvědčeno, že odvedlo vynikající práci.

Tuto potenciální úsporu na obalech by však společnost měla ignorovat, protože dodatečné náklady na dopravu a skladování zvýší celkové náklady, takže dopad na celkové náklady na logistiku je negativní, což ukazuje, že pokud koncept TLC je ignorován, společnost může mít větší náklady.

3.2 Podnikové procesy

Základní principy marketingu - definování potřeb spotřebitelů a jejich plnění ve prospěch dodavatele sice stále platí, ale to, jak společnost řídí obchodní procesy a jak tyto procesy odpovídají potřebám trhu, je stejně důležité jako cena a kvalita zboží. (Christopher, 2016).

Pro hlubší pochopení pojmu „podnikový proces“ se podíváme, jak se vyvíjel trh a podnikání. Ekonomické vztahy mezi zástupci různých komunit vznikly, když se objevila specializace. Industrializace umožnila automatizovat dělbu práce, protože se objevily stroje, které provádějí sled operací, jenž je jasně definován, opakován s danou frekvencí a nevyžaduje rozhodnutí člověka. Ekonomické vztahy se nadále vyvíjely a požadavky uživatelů se stávaly mnohem náročnějšími, takže už nestačilo, aby společnost jednoduše nabízela své zboží k prodeji, ale bylo nutné vytvořit tak výhodnou nabídku, aby mohla s ostatními konkurovat.

Během posledních sta let došlo na trhu několikrát k významným změnám a klíčové fáze vývoje trhu jsou popsány níže (Rushton et al., 2014; Jeston, 2006).

Tabulka 1 Klíčové fáze vývoje trhu 20. a 21. století

Období	Hlavní zaměření	Stručný popis
60. léta 20. století	Jak vyrábět více (množství).	Mezi různými distribučními systémy nebylo propojení a byla nízká úroveň kontroly.
70. léta 20. století	Jak vyrábět levněji (náklady).	Řadu činností, jako jsou doprava a skladování, lze propojit a řídit, což nejen sníží náklady, ale také zvýší efektivitu.
80. léta 20. století	Jak vyrábět lépe (kvalita).	V tomto období byla věnována značná pozornost TQM (Total Quality Management – komplexnímu řízení kvality).
90. léta 20. století	Orientace na klienta (zákaznická služba).	Vznik systémů jako ERP a CRM (Customer Relationship Management)
21. století	Jak vytvořit pro klienta přidanou hodnotu a nabídnout mu vyšší úroveň služeb (logistická služba)	Uznání logistiky jako klíčového faktoru pro zlepšení podnikání a konkurenceschopnosti.

Zdroj: vlastní zpracování

Podrobná analýza této chronologie nám umožňuje zjistit, že až v 21. století se důraz přesunul z růstu efektivity výroby společnosti na zvýšení úrovně logistických služeb v celém dodavatelském řetězci. Během tohoto období došlo k pochopení, že kromě otevřenosti v rámci společnosti v podmínkách dynamičnosti prostředí je nutné zaměřit se na klíčové obchodní procesy celého dodavatelského řetězce a rozvíjet je, aby se vytvořila hodnota pro koncového uživatele a v důsledku toho se zlepšil výkon všech účastníků řetězce a dodávání (Trkman, 2010).

Měnící se podmínky na trhu staví před podniky nové výzvy, zejména před malými a středními podniky. Autoři článku *Integrated enterprise modelling: a method for the management of change* (Mertins, Jochem, 2001) vidí konkurenční výhodu ve schopnosti rychle se adaptovat na nové podmínky. K tomu rozlišují následující metody a nástroje:

- tvořit srozumitelné a transparentní podnikové procesy,
- používat specifické informační systémy,
- nepřetržitě řídit procesy atd.

Zatím neexistuje jediná struktura podnikových procesů, pro každý podnik bude definován jiný a jejich důležitost se bude také lišit od firmy k firmě. Podle von Rosing et al. mohou být obchodní procesy rozděleny do tří typů (Rosing et al., 2014):

- provozní procesy;
- procesy řízení;
- podpůrné procesy;

Provozní procesy jsou základem všech činností podniku. Díky hlavním procesům lze vyvodit závěry o tom, co přesně společnost dělá, které procesy pro ni mají velkou hodnotu.

Procesy řízení jsou zodpovědné za stanovení cílů, plánování a také za monitorování dosahování stanovených cílů. Účastníci těchto procesů provádějí analýzu, vývoj opravných opatření (pokud jsou zjištěny neshody) a koordinaci činností jednotlivých prvků. Mezi procesy řízení patří plánování rozpočtu, objemu výroby, koordinace plánů prodeje atd. (Rushton et al., 2014).

Podpůrné procesy nemusí přinášet zisk přímo, ale jsou pro firmy nezbytné k zajištění jejich činností. Příklady takových procesů jsou HR, účetnictví, procesy personálního řízení. Často jsou podpůrné procesy nebo jejich části outsourcovány.

Mezi hlavní logistické procesy patří:

- Dopravní logistika;
- Skladová logistika;
- Management dodání;
- Řízení zásob;
- Správa distribuce;
- Správa logistických činností;
- Informační a komunikační IS.

Výše uvedené procesy zaujímají různá místa ve společnostech v závislosti na mnoha faktorech, včetně typu činnosti a velikosti podniku. Tato práce se bude zabývat především podnikovými procesy, jako jsou dopravní logistika, informační a komunikační systémy.

3.2.1 Business process management a notace

Po nástupu informačních systémů se složitost organizace práce ve firmách několikanásobně zvýšila. Jednou z hlavních funkcí podnikových procesů je poskytovat komplexní informace ve snadno srozumitelné formě pro analýzu a rozhodování.

Stroje potřebují jasný algoritmus pro spouštění funkcí, nerozumí abstrakcím. Jestliže se před automatizací informace předávaly z člověka na člověka a problém vzájemného porozumění byl na úrovni lidské komunikace, nyní je potřeba tyto informace jasně reglementovat. Je potřeba nástrojů, které dokážou jasně popsat a modelovat podnikové procesy, jež budou srozumitelné nejen odborníkům a specialistům, ale i koncovému uživateli. V současné době je vedoucím jazykem v této oblasti BPMN (Business Process Model and Notation) (Chinosi, 2011).

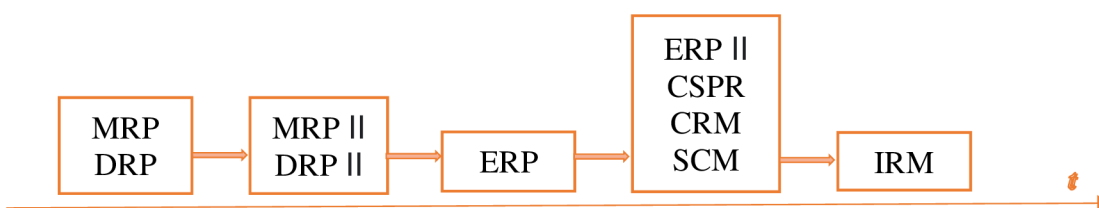
Notace – standardizovaná sada příkazů a označení, jež pomáhají nejen popsat práci lidí v organizaci, ale také pomáhají interakci lidí s informačními systémy. Ukázalo se také, že s jejich pomocí je možné zvýšit produktivitu, tedy optimalizovat práci.

3.3 Specifika různých způsobů budování logistické infrastruktury

3.3.1 LIS1

Nejběžnějším řešením je LIS (logistické informační systémy), mají širokou funkčnost a vysokou úroveň integrace informačního prostoru. Existují zavedené metodologické koncepce (standardy informačních systémů), které se liší v závislosti na stupni integrace spravovaných zdrojů.

Obrázek 1 Vývoj metodických konceptů informačních systémů podle míry integrace a spravovaných zdrojů



Zdroj: vlastní zpracování

Vymezení názvů informačních systémů: ()

- MRP – Material Requirements Planning (plánování potřeby materiálu);
- DRP – Distribution Requirements Planning (plánování distribučních zdrojů);
- CRP – Capacity Requirements Planning (plánování kapacity);
- MRP II – Manufacturing Resources Planning (plánování výrobních zdrojů);
- FRP – Finance Resources Planning (plánování finančních zdrojů);

¹ Tato subkapitola čerpá především z www.studfile.net

- DRP II – Distribution Resources Planning (plánování distribuce zdrojů);
- ERP – Enterprise Resources Planning (plánování podnikových zdrojů);
- CSRP – Customer Synchronized Resources Planning (plánování na základě požadavků kupujícího);
- CRM – Customer Relationship Management (řízení vztahů se zákazníky);
- SCM – Supply Chain Management (správa dodavatelského řetězce);
- IRM – Intelligent Resource Management („inteligentní“ správa zdrojů).

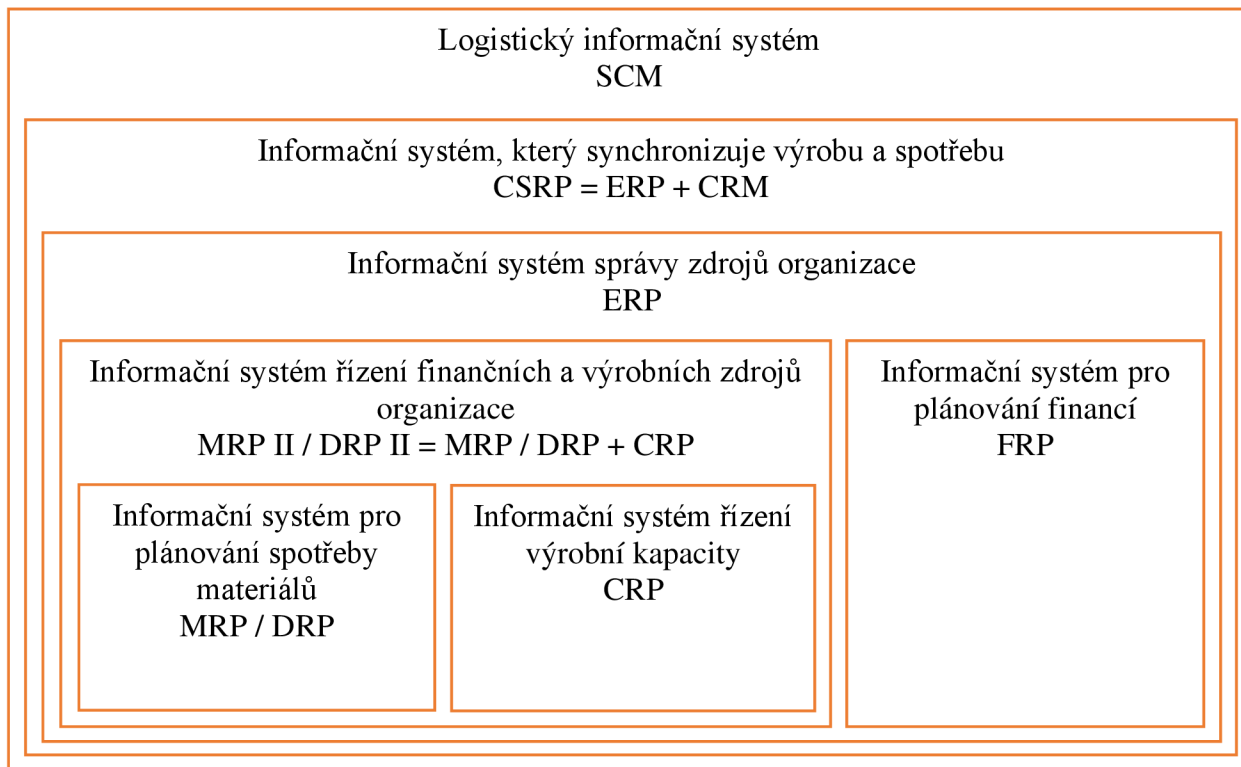
Tabulka 2 Srovnávací analýza informačních systémů

Typ koncepce	Podstata daného typu koncepce	Hodnocení
System MRP/DRP	System automatizace procesu plánování poptávky / rozpočtu	Neodráží požadavky racionálního řízení všech typů zdrojů
System MRP II /DRP II	Integrovaná metodika pro plánování / přidělování výrobních zdrojů MRP II = MRP + CRP	Neobsahuje analýzu a plánování finančních zdrojů organizace, kvůli čemuž je narušené pokrytí všech částí systému
System ERP	Integrovaná metodika pro správu všech zdrojů organizace. ERP = MRP II + FRP	Neodráží systém distribuce hotových výrobků mimo organizační jednotky
System CRM	Integrovaná metodika pro řízení vztahů se zákazníky.	Není propojeno s jinými moduly informačního systému
System CSRP	Integrovaná metodika pro řízení zdrojů organizace, synchronizovaná s potřebami trhu (zákazníka) CSRP = ERP + CRM	Nezahrnuje systém meziorganizačních dodávek
System SCM	Integrovaná metodika řízení dodavatelského řetězce, podle které je produkt přeměněn ze surovin na hotový výrobek a poté se prostřednictvím prodejního systému dostává ke konečnému spotřebiteli SCM = CSRP + dodávky	Nejvíce adekvátně popisuje funkce LIS
System IRP	Slibný koncept, který pokrývá všechny úkoly automatizované správy zdrojů organizace založené na systémech řízení znalostí a neurálních sítích	V současné době nemá žádnou softwarovou ani technologickou implementaci

Zdroj: <https://studfile.net/preview/3305805/>

Na základě analýzy údajů v tabulce je možné schematicky znázornit metodologický rámec LIS

Obrázek 2 Metodologický rámec LIS



Zdroj: <https://studfile.net/preview/3305805/>

3.3.2 Vývoj vlastního softwaru

Hlavní výhodou vývoje vlastního softwaru je zohlednění zvláštností obchodních procesů konkrétní společnosti. Možné je také neustálé provádění změn a vylepšení softwaru, ale takový produkt nebude s největší pravděpodobností celostní, bude zcela závislý na vývojáři. Funkčnost takového řešení je omezená a omezená je také jeho rozšiřitelnost a škálovatelnost, jinak bude řešení nákladné a náročné na práci.

3.3.3 IT outsourcing

Slibným směrem pro logistiku je outsourcing IT, protože vám umožňuje soustředit se na klíčové obchodní procesy společnosti a nestarat se o vytváření vlastní logistické a informační infrastruktury. Nejpopulárnějším řešením je 3PL (third-party logistics). Jedná se o širokou škálu služeb, které poskytovatel navrhuje firmám. Mezi poskytované služby patří : skladování, balení, přeprava, označování atd. Pokročilejším typem služby je 4PL. Jedná se o službu, při které vlastník zapojí externí logistickou společnost a udělí jí právo

poskytovat služby nejen v komplexní dopravní logistice, ale také při plánování a projektování dodavatelských řetězců a také na ni přenáší úkoly řízení logistických podnikových procesů (Kim, 2019). Silnou stránkou outsourcingu jsou relativně nízké náklady a používání nejmodernějších řešení. Slabou stránkou je otázka vnitřní bezpečnosti informací. Předpokladem je vysoký stupeň důvěry mezi klientem a poskytovatelem služeb.

3.3.4 LIS na zakázku

LIS na zakázku dokáže plně uspokojit požadavky zákazníka ohledně funkčnosti, rozhraní, platformy, výkonu. Je vyloučena možnost nadbytečnosti. Náklady na konečné řešení jsou však poměrně vysoké, algoritmické riziko je velké a zákazník za něj nese odpovědnost. Je třeba poznamenat, že možnosti rozšířit funkčnost takových řešení jsou omezené.

3.4 Odlišné vlastnosti středních a malých podniků v kontextu řešení logistických problémů

Hlavním úkolem logistiky je bez ohledu na velikost podniku včasné dodání správného zboží na správné místo, nicméně malá velikost podniku vytváří určitá omezení ve využívání logistických informačních systémů a zdrojů. Zvažme je.

1. Převod části logistických operací na outsourcing.

Nejčastěji se jedná o skladování zboží a dopravu. Pro malé firmy je levnější najít dopravce než mít k dispozici vlastní flotilu vozidel, poskytovat ji, sledovat technický stav a také platit řidiče. Proto je problém navázání vztahů s dopravci a přepravci tak naléhavý, a proto je rovněž důležité optimalizovat při výběru poměr ceny a kvality.

2. Informační systémy s minimálními náklady

Většina malých a rostoucích společností si nemůže dovolit drahé LIS ani individuálně tvořená řešení. V takové situaci je software zodpovědný za řešení provozních každodenních úkolů. V tomto případě mohou firmy využívat open source-aplikace s možností revize, nebo sadu informačních zdrojů a bezplatné služby jako Google-maps, ATI portál, MS Excel. Problém cenově dostupného integrovaného logistického softwaru, který lze přizpůsobit pro konkrétní společnost, zůstává ale nevyřešen.

3. Vyžaduje se vysoký obrat aktivů

Zde je vhodné zvážit problém stanovení optimální velikosti objednávky. V tomto případě ale nepůjde o klasický EOQ (Economic Order Quantity). V klasické formulaci se de facto řeší problém optimalizace časových úseků mezi dodávkami, nebo – což je stejné – optimalizace pracovní zásoby.

Nyní zkusíme splnit jinou podmínku. Budeme předpokládat, že si nemůžeme dovolit zboží nedoprodát. Cokoli, co během tohoto období neprodáme, nelze prodat v příštím období nebo bude prodáno s velmi výraznými ztrátami.

Klasickým příkladem takové úlohy je „úloha novináře“ („newsboy problem“ or „newsvendor problem“). Je nutné určit, kolik výtisků novin by mělo být objednáno k dalšímu prodeji. Je jasné, že druhý den tyto noviny nikdo nepotřebuje, nebo se předpokládá, že pokud nějaké zásoby na konci období zůstanou, použijí se na jejich prodej slevy, nebo se zlikvidují (Mostard, 2006). Vytvoření velké zásoby zítřejších novin je tedy velice nevýhodné a chybné řešení. Na druhou stranu příliš malá zakázka povede k tomu, že nebude dostatek novin a novinář přijde o zisky. Úkolem je najít kompromis, vytvořit strategii, ve které bude zisk dlouhodobě maximální. Z hlediska přípravy spočívá daný úkol ve včasném dodání čerstvých novin na všechna potřebná místa a zajištění potřebného množství zboží.

Z toho vyplývají další dva úkoly:

- Optimalizace trasy – to znamená, že potřebujete efektivní řešení problému obchodního cestujícího;
- Optimální množství přepravovaného zboží.

Dalšími blízkými příklady je obchod s rychle se kazícími a módními výrobky, tedy se zbožím s krátkým životním cyklem (v módním průmyslu je nutné předem vypočítat velikost kolekce a předčasné nebo nekvalitní dodání přináší velké ztráty).

Totéž platí pro exkluzivní produkty. V tomto případě vysoce kvalitní logistika určuje přidanou hodnotu zboží a také ovlivňuje dlouhodobý vztah společnosti se zákazníky, jejich loajalitu. V případě exkluzivního produktu náklady na dopravu ustupují do pozadí. Prioritou se stává otázka výběru spolehlivého dodavatele přepravních služeb, který může zaručit:

- včasné dodání,
- vyloučení případů ztráty zboží,
- vyloučení možnosti narušení dopravy,
- odpovědnost za poškození zboží.

3.5 Dopravní logistika

Logistika je nejčastěji spojována s dopravní logistikou (procesem). Je to proto, že doprava je nejdůležitější a nejnákladnější proces v celém dodavatelském řetězci. Například v roce 2011 Establishment/Herbert Davis (Rushton et al., 2014) provedla studii logistických nákladů v USA a zjistila, že náklady na dopravu tvoří 49 % všech nákladů na logistiku, následované skladováním s 23 %. Studie byla provedena i mezi zeměmi Evropské unie, kde náklady na dopravu činily 40 % a na skladování 32 %.

Je třeba si uvědomit, že hodnoty z výše uvedené studie jsou průměrné, ve skutečnosti se procento nákladů na určité logistické prvky může značně lišit v závislosti na odvětví a politice společnosti.

Tabulka poskytuje údaje od Dialog Consultants Ltd ilustrující klíčové logistické náklady jako procento tržeb (Rushton, 2014). Je vidět obrovský rozdíl v nákladech na logistiku v závislosti na odvětví. Například cement je levný produkt, obvykle se nakupuje v tunách, a proto se za dopravu utrací 25,2 %. Naproti tomu lihoviny jsou produktem s vysokou cenou, takže relativní logistické náklady jsou nízké, 0,81 %.

V průzkumu Establishment/Herbert Davis z roku 2011 jsou zdůrazněny dva klíčové faktory související s relativní důležitostí logistiky v průmyslu:

Malé společnosti mají tendenci vynakládat relativně vyšší náklady na logistiku než velké společnosti (kolem 10 % nákladů na prodej ve srovnání s přibližně 5 %), protože velké společnosti mohou těžit z úspor z rozsahu.

Společnosti s vysokou hodnotou produktu mívají relativně nižší logistické náklady, než ty s nízkou hodnotou produktu (okolo 3 % nákladů na prodej oproti zhruba do 9 %). Je tomu tak proto, že vysoké náklady na jejich zboží mají tendenci zkreslovat význam souvisejících logistických nákladů směrem dolů.

Tabulka 3 Logistické náklady jako procento tržeb

Odvětví	Dopravní náklady, %	Skladovací náklady, %	Inventarizační náklady, %	Administrativní náklady, %	Veškeré náklady, %
Cement	25.20	9.10	7.10	4.60	46.00
Zdravotnické potřeby	1.36	9.77	0.66	0.19	11.98
Lihoviny	0.37	0.27	0.07	0.10	0.81
Speciální chemikálie	7.23	1.95	0.20	0.49	9.87
Pivo	8.16	2.82	0.56	2.19	13.74

Zdroj: Rushton et al. (2014)

3.5.1 Algoritmy a řešení problému cestujícího obchodníka

Velké množství praktických problémů lze formulovat a řešit jako síťové modely. Studie ukazují, že minimálně 70 % praktických úloh matematického programování může být reprezentováno ve formě síťových modelů (Hemdi, 2005). Řešení praktické úlohy se často redukuje na řešení problému obchodního cestujícího (fr. commis voyageur).

Problém obchodního cestujícího je důležitým úkolem dopravní logistiky, který se zabývá plánováním přepravy. Obchodní cestující musí obejít n bodů a na konci se vrátit do výchozího bodu. Je třeba určit nejvýhodnější objízdnu trasu. Jako měřítko výhody trasy může sloužit celková doba jízdy, celkové náklady na cestu nebo délka trasy.

K řešení problému obchodního cestujícího se používají různé metody, tzv. algoritmy – soubor instrukcí k provedení určité úlohy (Bhargava, 2016). Protože problém obchodního cestujícího lze klasifikovat jako optimalizační problém, hlavními kritérii, která by měl zvolený algoritmus splňovat, jsou rychlost a přesnost provedení. Jedním z indikátorů je O (velké O , matematický zápis pro porovnání asymptotického chování funkce, popisuje rychlost algoritmu). Doba provádění je $O(n)$ a roste různou rychlostí. Zvláštností O – velké je, že rychlost algoritmů se neměří v sekundách, ale v rychlosti růstu počtu operací.

Níže je uvedeno několik odrůd O – velké:

- $O(\log n)$ logaritmický čas
- $O(n)$ lineární čas
- $O(n!)$ faktoriál

Příkladem $O(n)$ je jednoduché vyhledávání, řekněme, že chceme najít kapitolu v knize, ale kniha nemá obsah a my musíme prolístovat každou stránku, abychom našli správnou kapitolu. Můžeme předpokládat, že požadovaná kapitola je na první stránce, ale O pro tento problém zůstane $O(n)$, protože $O(\log n)$ určuje čas provedení v nejhorším případě.

Příkladem $O(\log n)$ je binární vyhledávání. Tento algoritmus pracuje se setříděným polem. Binární vyhledávání rozdělí pole na polovinu, pokud se hodnota prostředního prvku rovná hledané hodnotě, hledání se ukončí, jinak se posune jedna z hranic zkoumané posloupnosti. Pokud je hledaná hodnota větší než hodnota prostředního prvku, posune se dolní hranice za prostřední prvek o jeden prvek doprava a naopak.

Pokud například chcete ve výkladovém slovníku najít slovo začínající na O , nemusíte procházet celý slovník, ale začnete uprostřed.

Problém obchodního cestujícího je příkladem $O(n!)$.

Cílem obchodního cestujícího je navštívit n měst (A, B, C, D...) a najít nejkratší cestu zahrnující všechna města, přičemž výchozí bod není znám. Problém lze samozřejmě vyřešit vyzkoušením všech objízdných tras a výběrem té optimální.

Pokud je počet měst $n = 2$, pak počet tras = 2 (nebo 2!): trasa z A --> B a B --> A. Počítají se jako různé trasy, důvodem může být např. jednosměrná pozemní komunikace ve městě. Pak se nemůžeme vrátit stejnou cestou, kterou jsme přišli.

Je-li počet měst $n = 3$, pak počet tras = 6 (3!). Můžeme začít ve městě A a jet do města -->B a pak do -->C, nebo z A-->C-->B. Z každého města tedy vedou 2 možné trasy a měst je $n = 3$, takže $3*2 = 6$.

Pokud $n = 4$, pak počet variant tras z jednoho města bude 6, takže celkový počet tras ze 4 měst je $4*6 = 24$ (4!).

S rostoucím počtem měst se tedy výrazně zvyšuje počet tras (prováděných operací):

Tabulka 4 Počet tras s rostoucím počtem měst

město	počet tras
2	2
3	6
4	24
5	120
6	720
10	3628800
13	6227020800
100	$\sim 9.32 \cdot 10^{157}$

Zdroj: vlastní zpracování

Výkonný počítač, který dokáže projít milion variant za sekundu, by se s problémem 100 měst potýkal přibližně $3 \cdot 10^{144}$ let.

Problémy, jako je problém obchodního cestujícího, jsou NP-úplné problémy (Prates et al., 2019). Všechny známé algoritmy pro řešení NP-úplných problémů mají v nejhorším případě exponenciální dobu běhu velikosti vstupních dat, a proto jsou v praxi nevhodné, takže je lepší hledat přibližná řešení nebo použít heuristiku pro nalezení přesných řešení.

3.5.2 Algoritmy používané k řešení problému obchodního cestujícího

K nalezení cesty se používají algoritmy vyhledávání v grafu, které se používají k řešení problémů, jež lze modelovat jako graf – soubor bodů (uzlů) a spojení (hran) mezi nimi, což umožňuje modelovat množinu vazeb. Silniční graf (v našem případě) je síť silnic. Skládá se z mnoha částí, které jsou k sobě připojeny. Každý z nich nese informace o konkrétním úseku silnice: směr pohybu vozidel, průměrnou rychlost, kterou vozidla na daném úseku běžně jezdí, a další parametry. Kromě toho má každý fragment informaci o tom, jak navazuje na sousední úseky, např. zda je tam zatáčka vpravo, nebo vlevo, zda je možné otočit se zpět, nebo zda je povoleno jet pouze rovně.

Existuje mnoho algoritmů pro vyhledávání v grafech, některé z nich jsou uvedeny níže:

- Prohledávání do šířky;
- Dijkstrův algoritmus;
- Hladový algoritmus.

K řešení problému obchodního cestujícího se používají také následující algoritmy:

- Genetické algoritmy;
- Metoda gradientního sestupu;
- Metoda simulovaného žihání.

Prohledávání do šířky (BFS Breadth-first search) provádí vyhledávání rovnoměrně ve všech směrech, ale nezohledňuje náklady na přechod mezi vrcholy v grafu (Patel, 2014).

Algoritmus začíná v kořenovém uzlu (který představuje počáteční stav problému), prozkoumá všechny uzly na dané úrovni a teprve poté pokračuje k uzlům na další úrovni.

Pokud algoritmus najde řešení, vrátí se a hledání ukončí, v opačném případě vytvoří z uzlu novou hranu a pokračuje v hledání.

Algoritmus vrátí řešení, které je nejbližší kořenu. Proto v problémech, kde cesta z uzlu do kteréhokoli z jeho potomků stojí 1, vrací algoritmus BFS nejlepší řešení.

Kromě toho k prozkoumání uzlů po jednotlivých úrovních používá datovou strukturu zvanou fronta, takže nové uzly jsou přidávány na konec fronty a staré uzly jsou odstraňovány z hlavy fronty.

Na příkladu se podíváme, jak Dijkstrův algoritmus funguje. Předpokládá se, že je třeba vytvořit trasu z bodu A do bodu B. Algoritmus začne metodicky procházet všechny možné varianty. Nejprve vytvoří trasu o jeden krok (fragment grafu) ve všech směrech z bodu A. A poté analyzuje délku cesty k dalším bodům. Dále algoritmus vybírá bod, do kterého se dostane nejrychleji. Předpokládejme, že je to bod C. Pro vybraný bod je třeba zapsat délku cesty k němu s ohledem na ujetou cestu.

Pak algoritmus vytvoří trasu ještě o jeden krok – všemi směry z bodu C. Opět algoritmus analyzuje, který bod je nejbližší. Kroky se opakují, dokud jsou v grafu nenavštívené body. Pokud nějaký bod nebyl navštíven, do výpočtů se nezapojuje. Pokud se objeví nová, kratší cesta do libovolného bodu, minimální vzdálenost pro ni se přepíše.

4 Vlastní práce

4.1 Popis podniku a předpoklady pro zavedení nových logistických systémů

Společnost: LLC Logistics Solutions Group, Kursk

Hlavní činností je distribuce potravinářských výrobků známých značek (Pepsi Cola, Mars, Coca Cola atd.) v Kurské, Belgorodské a Orelské oblasti, včetně dodávek výrobků zákazníkům na vyžádání a také poskytování služeb 3PL (Third-party logistics-logistické služby třetích stran).

Společnost má sklady v Kursku, Orlu a Brjansku. Sklady jsou vybaveny skladovacími buňkami a skladovací technikou. K dispozici je také přibližně 100 vozidel, z toho okolo 70 je aktivních.

Měsíční příjmy se pohybují kolem 6 milionů dolarů. Společnost zaměstnává přibližně 600 pracovníků.

Používané systémy:

1. Evidenční systém: „1C:ERP“.
2. WMS: „SEVCO-WMS v5“.
3. Výpočet tras: „ANTOR LogisticsMaster“.
4. Systém satelitního sledování a řízení dopravy: „Autograf“.

Podnik denně provede kompletaci a dodání přibližně 2500 zakázek. K doručení většinou používá vlastní dopravu, v případě potřeby je doprava najímána.

Hlavním rysem a problémem je, že zakázky jsou složité, většinou malého objemu, ale jejich počet je velký. Jedna jízda může zahrnovat 40–80 míst doručení a společnost může provést až 120 doručovacích jízd denně.

Automatizace a optimalizace procesu doručování je proto pro společnost prioritou.

V podniku probíhá mnoho procesů: zpracování objednávek zákazníků, kompletace objednávek ve skladu, jejich doručování zákazníkům atd.

Jestliže před zavedením systému WMS (Warehouse Management System) podniku vznikaly hlavní problémy při kompletaci zboží ve skladu, pak v současné době vzhledem k rostoucímu počtu zpracovávaných objednávek vznikají hlavní problémy právě při organizaci dodávek.

Seznam problémů:

1. Chybějící evidence objednávek zákazníků z hlediska stavu (připraveno k expedici, odesláno, doručeno apod.).
2. Dlouhé plánování tras, neoptimální trasy pro doručování objednávek.
3. Neoptimální vytížení vozidel.
4. Porušení lhůt pro dodání a úplnosti objednávek.
5. Absence evidence a možnosti analýzy nákladů na dopravu.
6. Chybí řádný popis obchodních procesů podniku prováděných v průběhu zajištění doručení, což s sebou nese závislost na konkrétních dodavatelích a pomalou reakci systému řízení na změny.

Důsledkem je nízká úroveň služeb zákazníkům a snížení konkurenceschopnosti.

4.2 Návrhy řešení úloh

Je nutné vyřešit následující úkoly:

- Evidence fronty objednávek.
- Evidence stavu objednávek.
- Evidence cestovních příkazů.
- Sestavení optimálních tras.
- Monitorování doručování objednávek, analýza odchylek mezi plánem a skutečností.
- Evidence příčin nedodání zboží.
- Hodnocení služeb zákazníkům.
- Evidence najetých kilometrů, nákladů na pohonné hmoty.
- Evidence nákladů na cestu.

Pro řešení výše uvedených úkolů je navrženo doladit podnikový evidenční systém (1C: ERP) následujícím způsobem.

1. Evidence fronty objednávek

1.1 Evidence harmonogramu doručení dle zákazníků

Na základě analýzy odesílání objednávek zákazníkům dle dnů v týdnu bylo zjištěno, že optimálním řešením bude provádět expedici v různých oblastech v určité dny v týdnu, což umožní efektivnější využití vozidel.

Za tímto účelem je nutné přidat rejstřík údajů – „Harmonogram doručení“.

Tabulka 5 Harmonogram doručení

Měření		Zdroje	
Č.	Název	Č.	Název
1	Den v týdnu		
2	Zákazník		

Zdroj: autor

V programu je pro to nutné zajistit automatické nastavení „datum odeslání“ při přijetí objednávky do systému od zákazníka z konkrétní oblasti v souladu s „harmonogramem dodání“.

1.2. Vytvoření seznamu (fronty) objednávek dle data doručení

Je nutné přidat rejstřík „Objednávky k doručení“.

Tabulka 6 Objednávky k doručení

Měření		Zdroje	
Č.	Název	Č.	Název
1	Objednávka	1	Zůstatek (číslo, 0 nebo 1)
2	Datum odeslání		

Zdroj: autor

Zůstatek – číslo (0 nebo 1).

V objednávce bude nutné uvést typ doručení: „Doprava“, „Osobní odběr“.

Pokud je zadána objednávka s typem doručení „Doprava“, pak se při zpracování objednávky do rejstříku dělá zápis a objednávka je zařazena do fronty k přepravě na příslušné datum v souladu s údaji v rejstříku „Harmonogram doručení“.

Objednávka bude odstraněna z fronty objednávek v okamžiku potvrzení jejího faktického doručení.

1.3. Do programu je též nutné přidat pracovní místo pro frontu objednávek, které bude zobrazovat frontu objednávek, ve které se mají zobrazovat objednávky s výběrem podle data odeslání.

Objednávky v seznamu je nutné seskupovat dle regionů, přitom se má zobrazovat informace o hmotnosti, objemu objednávky, celková hmotnost a objem objednávek dle oblastí a finální hmotnost a objem všech zakázek. Předpokládá se organizace pracovního místa – logistika v podobě okna vertikálně rozděleného na dvě části:

Je nutné zajistit možnost seskupování objednávek v seznamu dle oblastí a vozidel, přitom se mají zobrazovat informace o váze a objemu objednávek, celková hmotnost a objem objednávek dle skupin, celková hmotnost a objem všech objednávek.

- levá – objednávky seskupené dle oblastí;
- pravá – mapa se zobrazenými objednávkami.

Je žádoucí využívat mapy OpenStreetMap, jelikož jsou zdarma, přitom jsou pohotově aktualizovány. Mapy OpenStreetMap navíc disponují přístupným API rozhraním, díky němuž je snadné zabudovat využití těchto map do platformy 1C: Enterprise.

Pracovní místo fronty objednávek v režimu reálného času umožní předpovídat objem doručení a na základě těchto údajů přijímat odpovědná rozhodnutí.

2. Evidence cestovních příkazů

Je nutné přidat dokument „Cestovní příkaz“.

Údaje v záhlaví dokumentu

Tabulka 7 Cestovní příkaz

Č.	Název
1	Auto
2	Řidič
3	Číslo cesty
4	Datum, čas odjezdu
5	Datum, čas návratu
6	Celková hmotnost nákladu
7	Celkový objem nákladu
8	Stav

Zdroj : autor

Je třeba přidat tabulkovou část „Složení nákladu“.

Údaje v tabulkové části:

Tabulka 8 Složení nákladu

Č.	Název
1	Objednávka
2	Hmotnost
3	Objem

Zdroj: autor

Jeden dokument Cestovní příkaz musí odpovídat jedné cestě auta.

Pole Stav může přijímat následující hodnoty:

- Zkompletována na skladě (všechny objednávky v rámci konkrétní cesty mají stav Zkompletována);
- Na cestě;
- Splněna.
- Zpět v garáži.

Objednávky v tabulkové části Složení nákladu musejí být seřazeny dle pořadí, ve kterém budou doručovány.

V dokumentu je nutné zohlednit možnost dávkového tisku dokumentů:

- cestovní příkaz;
- nákladní list;
- dodací list.

3. Plánování optimálních tras

Jak probíhá kompletace objednávek:

Všechny objednávky od zákazníků přicházejí do 18:00 hod. Sklad může zahájit přípravu objednávek až po naplánování tras vozidel, protože kompletace ve skladu probíhá podle vypočtených tras – objednávky jsou připravovány v opačném pořadí, než kam směřují, přičemž hotové objednávky se ukládají na samostatnou nakládací plochu pro každou trasu (vozidlo). Doba plánování: od 18:00 do 24:00, tj. 6 hodin. Občas může být doba plánování až 8 hodin a více. Pokud by byly všechny trasy naplánovány do 18:00 hod., sklad by začal připravovat objednávky v 18:00 hod.

Ve skutečnosti se první objednávky připravují až ve 20:00 hod., protože první trasy jsou již naplánovány. Kompletace posledních objednávek se obvykle provádí nejdříve, a to ve 24:00 hod. Před touto dobou jsou skladníci často v nečinnosti. Rychlejší a kvalitnější plánování tras by tak výrazně zvýšilo efektivitu podniku.

ANTOR LogisticsMaster se používá k výpočtu tras dodávek, ale ve fungování jeho systému byly odhaleny významné nedostatky:

- program používá vlastní mapy, které jsou jen ojedinele aktualizovány, proto jsou často zastaralé, takže při plánování tras často nejsou zohledněny změny (jednosměrný provoz, uzavřené ulice, nové ulice atd.);
- mapy jsou zpoplatněny; aktualizace map je zpoplatněna;

- aktualizace softwaru je zpoplatněna;
- nebylo dosaženo plně automatického plánování trasy, je zpravidla nutné trasu korigovat ručně;
- závislost na logistikovi, který umí pracovat se softwarem, dobře zná trasy a je schopen je ručně opravovat;
- nízká rychlost výpočtu tras, doba výpočtu může být až 4 hodiny, což výrazně zvyšuje riziko nedodání objednávek;
- výměna se softwarem probíhá prostřednictvím textových souborů, neexistuje žádné standardní API;
- neexistuje systém pro sledování cest;
- absence možnosti plánování cest s ohledem na geozóny.

V důsledku toho vzniká potřeba automatizovaného plánování tras s online sledováním procesu doručování.

Kritéria pro výběr automatizovaných systémů pro automatizaci plánování a řízení tras:

- vysoká rychlost plánování trasy;
- dostupnost kontroly nad prováděním příkazů;
- možnost zlepšit služby zákazníkům (informování zákazníka o doručení a zobrazení místa, kde se objednávka nachází, v reálném čase);
- efektivní využití zdrojů díky vyřízení většího počtu objednávek s menším úsilím.
- možnost zjednodušit práci řidičů, dostupnost mobilní aplikace pro řidiče.

Jak bylo zjištěno na základě analýzy, na trhu je málo systémů nabízejících komplexní hotová řešení, která by splňovala uvedené požadavky.

Pro srovnání s ANTOR LogisticsMaster byly vybrány tři systémy, které fungují jako služba SaaS (Software as a service), za kterou se platí měsíční poplatek. Zpoplatnění se odvíjí od počtu tras (vozů).

Porovnání funkcí

Tabulka 9 Porovnání funkcí systémů pro výpočet tras

Č.	Systém	ANTOR LogisticsMaster	Yandex Routing	ILS LOGISTICS	Maxoptra
1	SaaS – služba	-	+	+	+
2	Monitorování, analýza odchylek mezi plánem a skutečností v reálném čase	-	+	+	+
3	REST API	-	+	+	+
4	Plánování se zohledněním na geozóny	-	+	+	-
5	Automatické plánování trasy na základě historických dopravních zácp	-	+	-	+
6	Mobilní aplikace pro řidiče	-	+	+	+
7	Možnost informování příjemců o průběhu doručování	-	+	+	+
8	Widget pro sledování příjezdu kurýra na mapě v reálném čase	-	+	-	-

Zdroj: autor

Tabulka 10 Náklady systémů pro výpočet tras. Zdroj: autor

Č. п/п	Systém	Náklady na 1 vozidlo, měsíčně, v dolarech	Min. doba předplatného	Počet vozidel	Výše plateb za rok, v dolarech
1	ANTOR LogisticsMaster	16	1 měsíc	100	19200
2	Yandex Routing	57	6 měsíců	100	68400
3	ILS LOGISTICS	54	1 měsíc	100	64800
4	Maxoptra	52	1 měsíc	100	62400

Bylo provedeno testování všech tří systémů výpočtu tras a monitorování.

Při práci se systémy ILS LOGISTICS a Maxoptra byly v důsledku testování zjištěny téměř totožné problémy:

- neoptimální trasy doručení;
- dlouhá doba výpočtu trasy (od 40 min do 1,5 h);
- potřeba ručně upravovat většinu vypočtených tras;
- potřeba složitě nastavení scénářů plánování společně s odborníky firem – vývojáři.

Vzniká dojem, že produkty jsou nedodělané, „syrové“, že vývojáři musejí vyvíjet funkcionalitu přímo v průběhu testování. Kvalita dokumentace byla též neuspokojivá.

Výsledkem testování je závěr, že s ohledem na potřeby a požadavky podniku je nejlepší volbou systém Yandex Routing, i přestože má nejvyšší náklady na provoz.

Testování bylo prováděno na historických datech.

Parametry pro testování:

Tabulka 11 Parametry pro testování. Zdroj: autor

Č.	Parametr	Hodnota
1	Počet objednávek	1228
2	Počet skladů	3 (lokace – Kursk, Orel, Brjansk)
3	Časové sloty pro doručení	42 varianty
4	Pracovní směna řidiče	8:00–18:00 (21:00)
5	Čas na obslužení jedné objednávky	7 minut až 2 hodiny

Obecná omezení, která byla zahrnuta do výpočtů: pracovní směna kurýra od 8:00 do 18:00 (je přípustná práce do 21:00), povolené přetížení auta 5 % pro vozidla s nosností do 4 t a více. Je uvedeno, na kterém skladě se nachází objednávka a která vozidla jsou přiřazena k jednotlivým skladům a do kterých skladů mohou zajíždět.

Výsledky výpočtů byly porovnávány s trasami rekonstruovanými logistikem s daným pořadím zajíždění do jednotlivých bodů doručení (vypočteny pomocí programu ANTOR LogisticsMaster).

Výsledky testování

Tabulka 12 Výsledky testování. Zdroj: autor

	Ukazatel	ANTOR LogisticsMaster	Yandex Routing	Výsledek
1	Počet vozidel	67	50	-25%
2	Počet najetých kilometrů	17293	13961	-19%
3	Porušení dodacích slotů	116	2	-83%
4	Utilizace dle váhy	77	87	+13%

Potenciální přínos používání služby Yandex Routing:

- Podporuje provozní schéma pro plánování doručování z různých skladů a umožňuje flexibilní a rychlou škálovatelnost.
- Umožňuje zkrátit dobu plánování (řešení úkolu na 1000 objednávek v rámci několika skladů současně zabírá v průměru 20–30 minut).
- Umožňuje snížit počet využívaných vozidel o 25 % zároveň se zlepšením kvality služeb zákazníkům, a to díky snížení zpoždění.
- Významně sníží náklady na logistiku poslední míle o 56 mil. rublů ročně (vypočteno na základě průměrných nákladů na použití vozidla ve výši 65 dolarů denně a průměrné hodinové sazby kurýra ve výši 8 dolarů).

Pro zajištění práce se systémem Yandex Routing v automatickém režimu je nutné provést úpravy v evidenčním systému:

1. Realizovat evidenci stavu a dostupnosti vozidel pro doručování objednávek. Je nutné přidat rejstřík údajů „Stavy vozidel“.

Tabulka 13 Stavy vozidel

Měření		Zdroje	
Č.	Název	Č.	Název
1	Vozidlo	1	Stav
2	Datum stavu		

Zdroj: autor

Stav může mít následující hodnoty:

- dostupný pro plánování;
 - v opravě.
2. Přidat seznam geozón a propojení vozidel s jednotlivými geozónami. Je nutné přidat rejstřík údajů „Obsluhování geozón“.

Tabulka 14 Obsluhování geozón. Zdroj: autor

Měření		Zdroje	
Č.	Název	Č.	Název
1	Vozidlo		
2	Geozóna		

3. Vytvořit dokument Seznam dostupných vozidel.

Předpokládá se, že pracovník správy vozového parku (mechanik) bude denně vyplňovat tento dokument před plánováním tras a budou zde uvedena vozidla dostupná pro doručení.

4. Nastavit integraci evidenčního systému přes REST API.

4. Monitorování, analýza odchylek mezi plánem a skutečností.

Součástí systému Yandex Routing je monitorovací služba Yandex Courier. Úkoly, které tato monitorovací služba řeší:

1. Zlepšení služeb zákazníkům

Zákazníka lze předem informovat o doručení a v reálném čase mu ukázat, kde se jeho objednávka nachází.

2. Kontrola plnění objednávek

K dispozici je praktické pracoviště pro logistika, kde je možné sledovat, jak jsou objednávky doručovány, v jakýkoliv okamžik získat prognózu splnění tras na konci dne.

3. Zjednodušení práce řidičů

V mobilní aplikaci Yandex Courier mohou zaměstnanci vidět pořadí adres a kontaktovat příjemce.

Aplikace zjednodušuje práci řidičů:

- zobrazuje pořadí objednávek;
- zajišťuje komunikaci s příjemci;
- umožňuje jedním kliknutím přenést trasu do navigátoru;
- hlásí změny stavu objednávek;

Aplikace přenáší data o plnění objednávek v reálném čase na pracoviště logistika.

4. Informování zákazníka

Každý zákazník může sledovat stav své objednávky online.

To lze provést prostřednictvím zaslání sledovacího odkazu nebo vložením interaktivního widgetu do zákaznického účtu.

5. Generování zpráv o plnění objednávek, analýza odchylek mezi plánem a skutečností (doba dodání, doba obsluhy v místě dodání).

Výsledkem je, že monitorovací služba vyřeší dlouho odkládané úkoly, ale především výrazně zlepši kvalitu služeb zákazníkům.

5. Evidence příčin nedodání zboží

Bez evidence příčin nedodání zboží nelze správně ohodnotit kvalitu služeb zákazníkům.

Pro evidenci příčin nedodání zboží je nutné přidat rejstřík „Nedodání zboží“.

Tabulka 15 Nedodání zboží. Zdroj: autor

Měření		Zdroje	
Č.	Název	Č.	Název
1	Objednávka	1	Množství
2	Zboží	2	Částka
3	Příčina nedodání		
4	Odpovědné oddělení		

Seznam typických příčin nedodání zboží

Tabulka 16 Seznam typických příčin nedodání zboží. Zdroj: autor

Č.	Příčina	Odpovědné oddělení
1	Zboží není skladem	Sklad
2	Nevyhovující doba trvanlivosti	Sklad
3	Zboží není v objednávce	Obchodní oddělení
4	Záměna zboží na skladě	Sklad
5	Záměna zboží při dodání	Řidiči
6	Odmítnutí zákazníka z důvodu neodpovídající ceny	Obchodní oddělení
7	Porucha vozidla na trase	Správa vozového parku

V rejstříku „Nedodání zboží“ se v průběhu měsíce budou shromažďovat pokuty za nekvalitně odvedenou práci. Po skončení měsíce budou částky za pokuty odepsány nebo strženy z výplaty zaměstnanců podniku.

6. Evidence stavu objednávek

6.1. Jakmile se objednávka objeví v evidenčním systému, prochází několika fázemi zpracování. Momentálně vzniká ve firmě hodně problémů a otázek při zjišťování aktuálního stavu objednávky. Tyto otázky vznikají u obchodních zástupců, pracovníků obchodního oddělení, u zákazníků. Neexistuje automatický systém, který by sledoval aktuální stav objednávky a její pohyb.

6.2. Pro sledování aktuálního stavu objednávky je nutné přidat rejstřík údajů „Stav objednávek“.

Tabulka 17 Stav objednávek. Zdroj: autor

Měření		Zdroje	
Č.	Název	Č.	Název
1	Objednávka	1	Stav
2	Datum stavu		

6.3. Je velice důležité zajistit automatické nastavení stavů objednávek v evidenčním systému v závislosti na splnění jednotlivých podnikových procesů.

Hlavním problémem je pak chybějící popis a formalizace obchodních procesů probíhajících při změně stavu objednávky.

Na základě zkoumání aktuálních procesů probíhajících při zpracování objednávek je navržen následující postup pro změnu stavu objednávek.

Tabulka 18 Postup pro změnu stavu objednávek. Zdroj: autor

Č.	Fáze zpracování objednávky	Stav
1	Provedena	Nová
2	Nahrána do programu výpočtu tras	Výpočet trasy
3	Přidána do trasy	Na trase
4	Přichystána ke kompletaci na skladě	Kompletuje se
5	Zkompletována na skladě	Zkompletována
6	Nezkompletována na skladě	Nezkompletována
6	Na cestě	Na cestě
7	Doručena	Doručena
8	Nedoručena	Nedoručena

6.4. Popis fází zpracování objednávky

6.4.1. Objednávka se zadává do evidenčního systému z různých zdrojů:

- systém elektronického oběhu dokumentů s partnery (EDI);
- mobilní aplikace obchodních zástupců;
- speciální systémy dodavatelů, se kterými probíhá spolupráce v otázce 3PL;
- ruční zadávání.

Pokud jsou všechna povinná pole vyplněna správně, objednávka je zadána do systému.

Měla by přitom získat status „Nová“.

6.4.2. Firma se rozhodla organizovat vychystávání objednávek na skladě dle tras. Objednávky jsou tedy vychystávány dle určité trasy (vozidla) a přemístěny na místo nakládky vozidla. Před vychystáváním objednávek je tím pádem nutné nejprve vypočítat optimální trasy pro vozidla a vygenerovat cestovní příkazy. K tomu je nutné zajistit integraci se službou trasování Yandex Routing a zajištění nahrání objednávek do této služby pro další zpracování.

Po nahrání objednávek do služby Yandex Routing se stav nahraných objednávek mění na „Výpočet trasy“.

6.4.3. Po dokončení výpočtů tras by se na jejich základě měl v evidenčním systému automaticky vytvořit dokument „Cestovní příkaz“ pro každé vozidlo.

Po provedení cestovních příkazů se stav objednávek zahrnutých do těchto příkazů změní na „Přidána do trasy“.

6.4.4. Objednávky navázané na trasy je pak nutné nahrát do WMS pro zkompletování. Po nahrání do WMS se stav nahraných objednávek změní na „Kompletuje se“.

6.4.5. Objednávky jsou kompletovány na skladě. Objednávka může být zkompletována jen částečně, nebo nezkompletována vůbec z důvodu absence zboží na skladě, zablokování schránky, nevyhovující doby trvanlivosti apod. Po zkompletování objednávky se informace o této skutečnosti předává do evidenčního systému a stav objednávky se mění na „Zkompletována“.

Pro evidenci zboží, které nebylo vyskladněno, je nutné do objednávky přidat tabulkovou část „Nevyskladněné zboží“. Při nahrávání dat o stavech objednávek z WMS je do této tabulkové části nutné přidat seznam nevyskladněných výrobků s uvedenými důvody, proč nebyly vyskladněny.

6.4.6. Pokud objednávka nebude na skladě zkompletována, získá stav „Nezkompletována“ a bude automaticky vyloučena z cestovního příkazu.

6.4.7. Až všechny objednávky z cestovního příkazu budou na skladě zkompletovány (hodnota stavu objednávek bude nastavena na „Zkompletována“), stav trasy se změní na Zkompletována na skladě a z cestovního příkazu pak lze vytisknout průvodní doklady.

Při odjezdu vozidla ze skladu se v odpovídajícím cestovním příkaze vyplní pole „Datum“, čas odjezdu a stav objednávek z tohoto cestovního příkazu a stav samotného cestovního příkazu se nastaví na hodnotu „Na cestě“.

Hodnotu pole „Datum“, čas odjezdu lze automaticky nastavovat ze systému sledování vozidel, pokud v systému bude nastavena zóna skladu: Jakmile vozidlo opustí tuto zónu, může být využita hodnota tohoto parametru.

6.4.8. Stav objednávky „Doručena“, nebo „Nedoručena“ může být nastavován dle údajů ze služby sledování Yandex Routing díky nastavení výměny dat přes API rozhraní.

Pokud stavy všech objednávek na dané trase získají hodnotu „Doručena“, nebo „Nedoručena“, stav cestovního příkazu se má automaticky změnit na stav „Splněn“.

6.4.9. Po návratu vozidla z dodací cesty do garáže mu bude přidělen status „Zpět v garáži“ a bude vyplněno pole „Datum, čas návratu“. Tyto údaje budou předány ze systému sledování vozidel.

7. Hodnocení zákaznického servisu

Na základě údajů z bodu 6 Evidence příčin nedodání zboží lze jako ukazatel kvality zákaznického servisu využít poměr množství dodaného zboží vůči množství objednaného zboží.

Tento ukazatel je rovněž nutné analyzovat z hlediska příčin nedodání zboží.

Lze využít data z monitorovací služby systému Yandex Routing:

- hodnocení spokojenosti zákazníků prostřednictvím údajů z widgetu pro sběr zpětné vazby od zákazníků ohledně doručení;
- pomocí porovnání (poměru) plánovaného počtu objednávek s počtem objednávek dodaných včas, s počtem nedodaných včas a s počtem odmítnutých objednávek.

8. Evidence najetých kilometrů, nákladů na pohonné hmoty a náhradní díly

Pro monitorování vozidel je využit systém satelitního monitorování a kontroly vozidel AutoGRAF.

Všechna vlastní vozidla využívaná pro doručování jsou vybavena GPS zařízeními, většina vozidel má též snímače paliva.

AutoGRAF je momentálně využíván pouze jako prostředek pro monitorování vozidel, pro evidenci nákladů na pohonné hmoty se údaje z tohoto systému zatím nevyužívají.

Navrhuje se zajistit výměnu informací mezi evidenčním systémem podniku a systémem AutoGRAF prostřednictvím REST API pro získání údajů o najetých kilometrech a spotřebě paliva.

Standardní metodika kontroly spotřeby paliva spočívá v porovnání faktické spotřeby paliva a spotřeby dle schválené normy pro dané vozidlo.

Příklad takového výpočtu pro období:

Tabulka 19 Standardní výpočet spotřeby paliva. Zdroj: autor

Č.	Vozidlo	Najeto, km	Norma, l/100 km	Faktická spotřeba, l	Spotřeba dle normy, l $3 \cdot 4 / 100$	Odchylka (6-5)
1	2	3	4	5	6	7

Můžeme přidat dodatečný evidovaný údaj – trasu (odpovídá jednomu cestovnímu příkazu v doladěném systému).

Výpočet by pak měl vypadat následovně:

Tabulka 20 Navržený výpočet spotřeby paliva. Zdroj: autor

Č.	Trasa	Vozidlo	Najeto, km	Norma, l/100 km	Faktická spotřeba, l	Spotřeba dle normy, l $3 \cdot 4 / 100$	Odchylka (6-5)
1	1a	2	3	4	5	6	7

Taková varianta umožní evidovat najeté kilometry, náklady na palivo nejen dle každé jednotlivé trasy, ale i dle řidiče.

Rovněž je možné dle údajů o odchylkách skutečné spotřeby paliva od normované spotřeby vyplácet řidičům odměny, nebo naopak provádět srážky ze mzdy.

Pro vytvoření takového výpočtu jsou potřeba údaje:

1. Najeté kilometry

Je nutné získat údaje ze systému AutoGRAF.

2. Normovaná spotřeba paliva

Je nutné schválit normy (zima/léto) pro jednotlivá auta, dále pak zanést tyto údaje do evidenčního systému.

3. Skutečná spotřeba paliva

Je nutné získat údaje ze snímačů paliva ze systému AutoGRAF.

Pro evidenci nákladů na pohonné hmoty je nutné přidat rejstřík „Náklady na palivo“.

Tabulka 21 Náklady na palivo. Zdroj: autor

Měření		Zdroje	
Č.	Název	Č.	Název
1	Vozidlo	1	Množství
2	Trasa	2	Částka
3	Nomenklatura		

Data se budou do rejstříku zapisovat při provádění dokumentu Cestovní příkaz.

V dnešní době se v podniku provádí souhrnná evidence nákladů na náhradní díly, nákladů na opravu vozidel a dalších nákladů spojených s vozovým parkem – neprovádí se evidence dle jednotlivých vozidel.

Navrhuji realizovat evidenci nákladů se zohledněním druhů nákladů a vozidel.

Je nutné přidat rejstřík „Náklady na vozidla“

Tabulka 22 Náklady na vozidla. Zdroj: autor

Měření		Zdroje	
Č.	Název	Č.	Název
1	Vozidlo	1	Množství
2	Druh nákladů	2	Částka
3	Nomenklatura		

Měření Druh nákladů může mít následující hodnoty:

- palivo;
- náhradní díly;
- oprava;
- další.

Data ohledně druhu nákladů Palivo se budou do rejstříku zapisovat při provádění dokumentu Cestovní příkaz

9. Evidence cestovních nákladů

Majitel podniku neustále zadává úkol vypočítávat náklady na každou jízdu v rámci doručování.

Tento úkol se podnik již snažil řešit, ale neúspěšně. Pro řešení úkolu je nezbytné vyřešit min. úkoly z bodu 8 (Evidence najetých kilometrů, nákladů na pohonné hmoty a náhradní díly).

Pro řešení daného úkolu se dá použít metodika výpočtu výrobních nákladů v účetnictví.

Dodací cestu si lze představit jako produkci, kterou podnik vyrábí.

Náklady na dodací cestu lze rozdělit na přímé a nepřímé.

Mezi přímé náklady lze zařadit náklady na palivo, náhradní díly, náklady na opravu, mzdy řidičů. Náklady na pohonné hmoty ve schématu navrženém v bodě 8 přitom již budou počítány dle jednotlivých jízd, náklady na náhradní díly a opravy budou počítány dle jednotlivých vozidel a rozpočítávat tyto náklady na jednotlivé jízdy pak lze snadno

poměrově vůči vybrané hodnotě (například hmotnost přepraveného nákladu při každé jízdě na 1 ujetý km). Stejným způsobem lze rozpočítat náklady na mzdy zaměstnanců.

Mezi nepřímé náklady patří náklady na údržbu garáže, osvětlení, vytápění atd. Tyto měsíční náklady lze také rozpočítat na jednotlivé cesty v poměru k vybrané hodnotě.

4.3 Popis systému Yandex.Routing

Systém navíc poskytuje mnoho možností a omezení (kolem 300), která ho činí univerzálnějším a jež lze zadat při načítání dat a vytváření tras (Daniil Tararukchin, 2020):

- Hmotnost a objem objednávek, kapacita vozů.
- Doba vyřízení objednávky (např. čas dodání), čas nakládky vozidla.
- Kompatibilita objednávek s automobily a mezi sebou navzájem (maso a mléko musí být přepravovány v chladničce, ale ne ve stejné chladničce současně).
- Hmotnost a objem objednávek, kapacita vozů.
- Různé vozy mají různé provozní náklady. Kromě toho se vozový park obvykle skládá z pronajatých a vlastních vozů společnosti: vlastní jsou levnější, takže musí být vytíženy na maximum.
- Řidiči musí dodržovat osmihodinové směny.
- Trasy mohou být vícedenní.
- Požadavek na vyvážené trasy: je lepší, když všichni řidiči vykonávají přibližně stejný objem práce.

Úlohu řešenou Yandex.Routing lze charakterizovat jako MVRP (multiple vehicle routing problem), což je problém směřování více vozidel, tj. úloha, při níž je třeba optimálně pokrýt několik míst vozovým parkem složeným z několika vozidel (Nallusamy, 2009).

Problém směřování jednoho vozidla se nazývá SVRP (single VRP). Od klasického problému obchodního cestujícího (TSP, travelling salesman problem) se liší tím, že má okna pro doručení. Přesný popis problému lze označit jako VRPPDTW (VRP s režimem vyzvednutí a dodání a okny dodání).

V systémech, které řeší problémy typu VRP, lze použít několik typů algoritmů. Existuje například velká skupina univerzálních OPS (open source solver) a zpoplatněných constraint-solverů (Google OR-Tools, OptaPlanner, Choco-solver). V rámci každé z nich je vytvořena funkce optimalizovaná pro požadovaná omezení. Takové programy jsou obvykle schopny řešit celou řadu úloh: úlohy VRP, plánování, optimální alokace zdrojů v cloudu. Programy, které takové úlohy řeší, se tradičně nazývají „solvery“.

Existuje také mnoho komerčních řešení, která jsou speciálně vyladěna pro úlohy MVRP a připravena k integraci se systémy řízení podniku.

4.3.1 Technické vlastnosti

V předchozích kapitolách byly popsány algoritmy pro řešení problémů hledání nejkratší cesty. Základem plánování tras v Yandex.Routing je Dijkstrův algoritmus, ale ve skutečnosti jsou metody používané v Yandex.Routing mnohem složitější a rozmanitější.

Yandex.Routing používá kombinaci metody simulovaného žíhání a genetického algoritmu (Daniil Tararukchin, 2020).

V úlohách VRP jsou constraint – solvery mnohem horší než komerční solvery.

Hlavním vstupem pro solver je matice vzdáleností mezi body zapojenými do plánování (body objednávek a jedno nebo více skladů). Ve skutečnosti se nejedná o jednu matici, ale o dvě: podle kilometrů a podle doby jízdy. Právě prostřednictvím těchto matic se provádí optimalizace. Yandex.Routing má informace o zácpách, takže počet buněk matice roste kvadraticky s počtem objednávek. To znamená, že tato matice není konstantní, ale mění se v čase, což je v solveru zohledněno. To je charakteristický rys Yandex.Routing

Předpokládejme, že existuje úloha VRP, která spočívá v doručení 10 000 objednávek s využitím flotily 500 aut. Následně se vytvoří dvě obrovské matice, které se v průběhu času mění. Pouhé jejich stahování bude trvat dlouho a jejich obsah je třeba nejprve spočítat. Pokud to není provedeno dostatečně efektivně, je nutno počkat několik hodin, než se matice sestaví a stáhnou, a teprve potom lze spustit řešič. Zde pomáhá Dijkstrův algoritmus: výpočet velkých matic vzdáleností lze realizovat v téměř lineárním čase (v závislosti na velikosti matice).

5 Výsledky a diskuze

Výsledky při plnění stanovených úkolů a zavádění nových systémů evidence

1. Podstatné snížení počtu najetých kilometrů a úspora paliva, efektivnější využití zdrojů.
2. Zlepšení zákaznického servisu a realizace jedné z hlavních misí podniku – být zákazníkovi blíže.
3. Příležitosti k rozšíření podnikání. V dnešní době podnik musí odmítat smlouvy o poskytování služeb jako 3PL z důvodu neoptimálního využívání zdrojů.
4. Optimalizace podnikových procesů, což umožňuje v konečném důsledku vytvořit příjemné pracovní prostředí.

Na základě provedené analýzy možností automatizace a optimalizace procesu dodání byly učiněny následující závěry.

1. Plně připravený univerzální automatizovaný systém, který by umožnil vyřešit všechny úkoly spojené s organizací doručení, neexistuje. Důvodem je, že při řešení úkolů spojených s doručováním je nutné řešit hodně úzce specializovaných úloh, jako jsou optimalizace tras, sledování plnění objednávek, získání údajů ze snímačů paliva atp. Nicméně existuje poměrně hodně programů, které takové specializované úkoly řeší.
2. Ve většině případů vznikají při pokusu o zavedení automatizovaného systému řízení doručování stále stejné problémy:
 - problém s výběrem programu pro řešení speciálních úloh (výpočet tras, sledování vozidel, sledování plnění objednávek atd.);
 - problém integrace různých programů s evidenčním systémem podniku;
 - v důsledku toho vzniká situace, kdy podnik nemá jednotný uzavřený systém řízení doručování a získávání výstupů vyžaduje shromažďování údajů z různých systémů a jejich ruční sestavování.
3. Většina úkolů, které je nutné řešit v podnicích při zavádění systému automatizace doručování, je podobná.

5.1 Návrhy dle výsledků provedené práce

Navrhují vytvořit univerzální softwarový produkt pro automatizaci procesů doručování, který umožní samostatně řešit určité funkce a pro řešení úzce specializovaných úkolů bude mít zabudované prostředky pro integraci se službami třetích stran.

Úkoly, které takový software musí řešit samostatně:

- evidence stavu objednávek;
- evidence cestovních příkazů;
- evidence příčin nedodání zboží;
- hodnocení zákaznického servisu;
- evidence najetých kilometrů a nákladů na pohonné hmoty;
- evidence nákladů na cestu.

Úkoly, pro jejichž řešení takový software musí mít prostředky pro integraci:

- Výpočet optimálních tras;
- sledování doručování objednávek, analýza odchylek mezi plánem a skutečností;
- získání údajů o najetých kilometrech a spotřebě paliva z palivových senzorů;
- propojení s WMS systémy pro sledování stavu kompletace objednávek na skladě;
- propojení s mobilní aplikací pro řidiče.

Je velmi důležité, aby taková aplikace měla zabudované prostředky pro integraci s nejrozšířenějšími službami třetích stran.

Aplikaci lze vytvořit ve dvou verzích:

1. Rozšíření pro evidenční systém 1C: ERP. Zabudované do systému 1C: Enterprise prostředky umožňují celkem snadno vytvořit takové rozšíření, přičemž takový modul může být maximálně univerzální, vhodný pro implementaci v jiných podnicích. Základní výhodou využití rozšíření je integrace do existujících systémů bez nutnosti změn v kódu základních funkcí. Veškerý vývoj funkce je prováděn v samotném rozšíření.

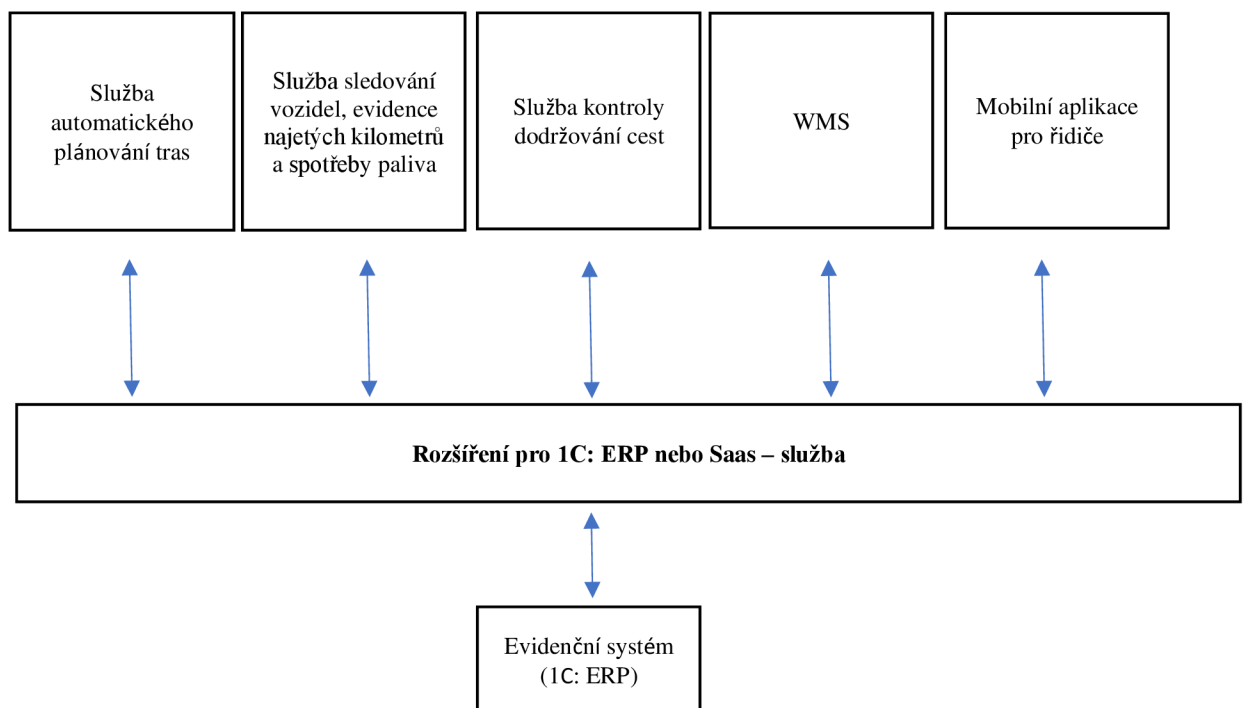
2. SaaS – služba

Základní požadavky na takovou službu:

- dostupnost API rozhraní pro přístup (pro výměnu dat s evidenčním systémem o objednávkách, vozidlech, řidičích atd.);
- možnost integrace s většinou služeb třetích stran pro výpočet tras, sledování vozidel, WMS.

Vytvoření takové služby je poměrně těžkým úkolem, ale náklady na její vytvoření by se v konečném důsledku měly vyplatit.

Obrázek 3 Obecné schéma aplikace. Zdroj: autor



Aplikace musí mít zabudované možnosti propojení s většinou populárních programů a služeb, které plní následující speciální funkce:

Tabulka 23 Seznam programů a služeb.

Č.	Funkce	Příklady programů
1	Mapové služby	OpenStreetMap Google Maps Yandex Maps HERE maps
2	Plánování optimálních tras	Yandex Routing ANTOR LogisticsMaster Maxoptra Veeroute GraphHopper MapBox Project OSRM
3	Sledování a kontrola plnění objednávek	Yandex Courier Maxoptra
4	Sledování vozidla, údaje o ujetých kilometrech a spotřebě paliva	AutoGRAF OMNICOMM
5	WMS	SEVCO AXELOT WMS X5
6	Systémy ERP	1C:ERP SAP

V nastavení aplikace je nutné nejprve vybrat externí služby pro řešení určitých úloh (službu pro výpočet tras, službu pro sledování vozidel atd.) a nastavit parametry pro práci s nimi (adresu serveru, uživatelské jméno atd.).

Schéma fungování aplikace (v takové podobě, v jaké to má být realizováno pro společnost „Logistics Solutions Group“)

1. Do ERP jsou nahrány objednávky, které jsou následně zkontrolovány, zda neobsahují chyby.
2. Do aplikace jsou exportovány objednávky k expedici (dle data zadání). Objednávky jsou nahrávány automaticky dle nastaveného harmonogramu. Jsou předávány následující informace o objednávkách:
 - ID objednávky;
 - datum doručení;
 - příjemce, informace o příjemci (kontaktní údaje, telefon, e-mail);
 - dodací adresa;

- objem;
- hmotnost;
- časový slot.

Objednávky se zobrazují v pracovním místě fronty objednávek.

3. V aplikaci je zadán seznam vozidel dostupných pro doručování.
4. Objednávky jsou vyexportovány do služby třetí strany pro výpočet optimálních tras nebo se provádí ruční sestavení tras – přetažením objednávek do konkrétních vozidel.
5. Získání cestovních příkazů ze systému automatického trasování. V případě potřeby je možné trasy upravovat, například v situaci, kdy některé objednávky byly navázány na konkrétní cestovní příkazy.
6. Nahrání dat ke kompletaci do WMS.
7. Získání dat o zkompletovaných objednávkách, úprava objednávek dle výsledků kompletace.
8. Dávkový tisk průvodních dokumentů k nákladu z cestovních příkazů.
9. Přeposlání úkolů řidičům na jejich mobilní zařízení přes propojené služby sledování doručování objednávek.
10. Získání dat z monitorovací služby o výsledcích doručování objednávek.
11. Získání dat ze služby monitorování vozidel o plnění objednávek (vozidlo je zpět v garáži).
12. Získání dat o najetých kilometrech, spotřebě paliva.
13. V případě nedodání zboží je provedeno vrácení zboží ve WMS. Data o nedodání jsou automaticky nahrána do aplikace s uvedením důvodu nedodání.
14. V aplikaci je vedena evidence dle jednotlivých vozidel o nákladech na náhradní díly, nákladech na opravy a dalších nákladech.
15. V aplikaci musí být zajištěno generování souhrnných hlášení:
 - vynaložené náklady dle aut;
 - náklady na cestu;
 - evidence příčin nedodání zboží;
 - analýza odchylek mezi plánem a skutečností;
 - úroveň služeb zákazníkům.

6 Závěr

Bakalářská práce se zabývá automatizovanými systémy v oblasti logistiky. Jejím cílem bylo navrhnout optimální metodu zavedení automatizovaných systémů doručování pro zvolený podnik.

V teoretické části byly definovány pojmy logistika a dodavatelský řetězec a popsán byl význam konceptu TLC. Byly přiblíženy rovněž podnikové procesy a ukázány různé způsoby budování logistické infrastruktury a jejich specifika. Dalším z témat byly odlišné vlastnosti malých a středních podniků. Teoretickou část uzavírá kapitola o algoritmech, která představuje postup několika často používaných algoritmů pro hledání nejkratší cesty.

V praktické části byl popsán podnik Logistics Solutions Group, poskytující distribuční a 3pl služby, a byly identifikovány jeho problémy. Nedostatečná automatizace programu pro výpočet trasy, chybějící integrace programů pro doručování, neuspokojivé využití zdrojů a další problémy v podniku vedou k častým zpožděním, nedoručení zboží a obecně ke ztrátě zákazníků a snížení konkurenceschopnosti. V důsledku toho byla provedena analýza systémů automatického doručování a byl vybrán ten nejvhodnější pro firmu. Bylo navrženo řešení seznamu dalších problémů pomocí upravení podnikového evidenčního systému.

V kapitolách Výsledky a Diskuze jsem došla k závěru, že nebyl nalezen žádný univerzální automatizovaný systém, který by vyřešil všechny problémy organizace dodávek v podniku, protože bylo třeba vyřešit mnoho specifických úkolů: výpočet trasy, sledování řidičů, monitorování vozidel atd. V důsledku toho bylo navrženo vytvořit univerzální program, který by většinu úloh řešil automaticky, zatímco pro vysoce specializované úlohy by měl zabudované integrační nástroje se službami třetích stran. Tento program by byl zároveň vhodný i pro jiné podniky zabývající se distribucí a doručováním.

7 Seznam použitých zdrojů

Knížní publikace

BHARGAVA, A. 2016. *Grokking Algorithms. An illustrated guide for programmers and other curious people*. New York: Manning Publications. ISBN 9781617292231.

CHRISTOPHER, M. 2016. *Logistics and Supply Chain Management*. Londýn: Financial Times. ISBN 978-0-273-73112-2.

JESTON, J. 2022. *Business Process Management*. 5th ed. Oxfordshire: Routledge. ISBN 978-0367771607.

RUSHTON, A. et al. 2014. *The handbook of Logistics & Distribution Management*. 5th ed. Londýn: Kogan Page. ISBN 978-0-7494-6627-5.

STADTLER, H. KILGER, C. 2005. *Supply Chain Management and Advanced Planning*. 3rd ed. Berlin: Springer. ISBN 978-0-7494-6627-5.

TAHA, H. 2016. *Operations Research: An Introduction*. 10th ed. Londýn: PEARSON. ISBN 1292165545.

VON ROSING, M. et al. 2014. *The Complete Business Process Handbook*. Burlington: Morgan Kaufmann. ISBN 9780127999593.

Elektronické zdroje

DUBOLAZOV, V. et al. 2020. *Logistika*. [online]. [cit. 2022-09-10]. Dostupné z: <https://www.lektorium.tv/logistics>

PATEL, A. 2014. *Introduction to the A* Algorithm* [online]. [cit. 2022-09-14]. Dostupné z: <https://www.redblobgames.com/pathfinding/a-star/introduction.html>

PURDESCU, C. A. et al. 2009. *Improving customer service using logistics information systems* [online]. Bucharest: Niculescu Publishing House [cit. 2022-09-10]. Dostupné z: <https://www.proquest.com/openview/12d9324340bed364c3fc4e7e7aad4a54/1?pq-origsite=gscholar&cbl=2032215>

STUDFILES, archiv souborů pro studenty, 2015. *Informační logistika* [online]. [cit. 2022-09-14]. Dostupné z: <https://studfile.net/preview/3305805/>

TARARUKCHIN, D. 2020. *Yandex.Routing: how we plunged into logistics* [online]. [cit. 2022-09-14]. Dostupné z: <https://habr.com/ru/company/yandex/blog/494792/>

Vědecké články

AMSTEL, P.; VERSTEGEN, M. 1991. Development of a Total Logistics Concept: A Method for Improving Logistics Performance. *International Journal of Logistics Management* [online]. 2(2), 63-73 [cit. 2022-09-10]. DOI: <https://doi.org/10.1108/09574099110804751>. Dostupné z: <https://www.ingentaconnect.com/content/mcb/ijlm/1991/00000002/00000002/art00007>

CHINOSI, M.; TROMBETTA, A. 2012. BPMN: An introduction to the standard. *Computer Standards & Interfaces* [online]. 34(1), 124-134 [cit. 2022-10-01]. DOI: 10.1016/j.csi.2011.06.002. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0920548911000766>

DOBRYNIN, N. 2010. Extended enterprise as a new manufacturing paradigm. *Vestnik of Samara State University of Economics* [online]. 5(67), 28-30 [cit. 2022-09-10]. ISSN: 1993-0453 Dostupné z: https://vestnik.sseu.ru/lk_file.php?pdf=2997

KIM, J. 2019. Studies on Total Logistics Management in Physical Distribution Process. *East Asian Journal of Business Economics* [online]. 7(14), 15-26 [cit. 2022-09-11]. ISSN: 2288-2766. Dostupné z: <https://koreascience.kr/article/JAKO201934352408393.page>

MERTINS, K. JOCHEM, R. 2001. Integrated enterprise modelling: A method for the management of change. *Production Planning & Control* [online]. 12(2), 137–145 [cit. 2022-09-10]. DOI: 10.1080/09537280150501248. Dostupné z: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/09537280150501248>.

MOSTARD, J.; TEUNTER, R., 2006. The newsboy problem with resalable returns: A single period model and case study. *European Journal of Operational Research* [online]. 169(1), 81–96 [cit. 2022-10-13]. DOI: 10.1016/j.ejor.2004.04.048. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0377221704003947?via%3Dihub>

NALLUSAMY, R. et al. 2009. Optimization of Multiple Vehicle Routing Problems using Approximation Algorithms. *International Journal of Engineering Science and Technology*

[online]. 1(3), 129–135 [cit. 2022-09-10]. ISSN: 0975-5462. Dostupné z: <https://arxiv.org/abs/1001.4197>

O'NEILL, H.; SACKETT, P. 1994. The Extended Manufacturing Enterprise Paradigm. *Management Decision* [online]. 32(8), 42–49 [cit. 2022-09-10]. DOI 10.1108/00251749410069453. Dostupné z: <https://www.ingentaconnect.com/content/mcb/001/1994/00000032/00000008/art00006>

PRATES, M. et al. 2019. Learning to Solve NP-Complete Problems: A Graph Neural Network for Decision TSP. *Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence* [online]. 33(9), 4731–4738 [cit. 2022-09-10]. ISSN 2374-3468. Dostupné z: <https://doi.org/10.1609/aaai.v33i01.33014731>

TRKMAN, P. 2010. The Critical Success Factors of Business Process Management. *International Journal of Information Management* [online]. 30(2), 125-134 [cit. 2022-09-13]. DOI: 10.1016/j.ijinfomgt.2009.07.003. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/52011719_The_Critical_Success_Factors_of_Business_Process_Management

8 Seznam obrázků a tabulek

8.1 Seznam obrázků

Obrázek 1 Vývoj metodických konceptů informačních systémů podle míry integrace a spravovaných zdrojů	18
Obrázek 2 Metodologický rámec LIS	21
Obrázek 3 Obecné schéma aplikace.....	49

8.2 Seznam tabulek

Tabulka 1 Klíčové fáze vývoje trhu 20. a 21. století	16
Tabulka 2 Srovnávací analýza informačních systémů	20
Tabulka 3 Logistické náklady jako procento tržeb	25
Tabulka 4 Počet tras s rostoucím počtem měst	26
Tabulka 5 Harmonogram doručení	31
Tabulka 6 Objednávky k doručení	31
Tabulka 7 Cestovní příkaz	32
Tabulka 8 Složení nákladu	32
Tabulka 9 Porovnání funkcí systémů pro výpočet tras	35
Tabulka 10 Náklady systémů pro výpočet tras	35
Tabulka 11 Parametry pro testování	36
Tabulka 12 Výsledky testování.....	36
Tabulka 13 Stav vozidel.....	37
Tabulka 14 Obsluhování geozón.....	37
Tabulka 15 Nedodání zboží	39
Tabulka 16 Seznam typických příčin nedodání zboží	39
Tabulka 17 Stav objednávek	40
Tabulka 18 Postup pro změnu stavu objednávek	40
Tabulka 19 Standardní výpočet spotřeby paliva	43
Tabulka 20 Navržený výpočet spotřeby paliva.....	43
Tabulka 21 Náklady na palivo	43
Tabulka 22 Náklady na vozidla	44
Tabulka 23 Seznam programů a služeb	50