

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta dopravní

Bc. Kseniia Vakhrusheva

Výběr vhodného vybavení vozidlové flotily podporujícího
racionalizaci provozu

Diplomová práce

2019

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta dopravní

d ě k a n

Konviktská 20, 110 00 Praha 1



K617..... Ústav logistiky a managementu dopravy

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE (PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení studenta (včetně titulů):

Bc. Kseniia Vakhrusheva

Kód studijního programu a studijní obor studenta:

N 3710 – LA – Logistika a řízení dopravních procesů

Název tématu (česky): **Výběr vhodného vybavení vozidlové flotily podporujícího racionalizaci provozu**

Název tématu (anglicky): Choice of Suitable Fleet Equipment Supporting Operational Rationalisation

Zásady pro vypracování

Při zpracování diplomové práce se řiďte osnovou uvedenou v následujících bodech:

- identifikace problému,
- charakteristika definovaných funkcí systému pro racionalizaci provozu,
- charakteristika současného stavu vybavení vozidlové flotily,
- zhodnocení současného stavu vybavení vozidlové flotily z hlediska požadavků na poskytování typů dat vyžadovaných systémem pro racionalizaci provozu,
- zmapování možností řešení technického vybavení vozidel vedoucího k naplnění požadovaných funkcí systému pro racionalizaci provozu, včetně posouzení možností kompatibility se současným vybavením,
- tvorba variant možného technického vybavení,
- výběr (včetně ekonomického hlediska) a návrh postupu implementace.



- Rozsah grafických prací: podle pokynů vedoucích diplomové práce
- Rozsah průvodní zprávy: minimálně 55 stran textu (včetně obrázků, grafů a tabulek, které jsou součástí průvodní zprávy)
- Seznam odborné literatury: Jablonský, J.; Fiala, P.; Maňas, M.: Vícekriteriální optimalizace. Vysoká škola ekonomická v Praze, Praha, 1986
- Jaroš, T.: Fleet Controllingu nahrává realita na silnicích. IT Systems, Praha, 2009


Vedoucí diplomové práce: **doc. Ing. Dušan Teichmann, Ph.D.**
Ing. Josef Mík, Ph.D.



Datum zadání diplomové práce: **30. června 2018**
(datum prvního zadání této práce, které musí být nejpozději 10 měsíců před datem prvního předpokládaného odevzdání této práce vyplývajícího ze standardní doby studia)

Datum odevzdání diplomové práce: **28. května 2019**

a) datum prvního předpokládaného odevzdání práce vyplývající ze standardní doby studia a z doporučeného časového plánu studia

b) v případě odkladu odevzdání práce následující datum odevzdání práce vyplývající z doporučeného časového plánu studia


doc. Ing. Tomáš Horák, Ph.D.
vedoucí
Ústavu logistiky a managementu dopravy



doc. Ing. Pavel Hrubeš, Ph.D.
děkan fakulty

Potvrzuji převzetí zadání diplomové práce.


Bc. Kseniia Vakhrusheva
jméno a podpis studenta

V Praze dne 30. června 2018

Poděkování

Chtěla bych poděkovat vedoucím své práce doc. Ing. Dušanu Teichmannovi, Ph.D. a Ing. Josefu Míkovi, Ph.D. za pomoc, cenné rady a připomínky při napsání této diplomové práce. Také ráda bych poděkovala své rodině a příteli za podporu ve studiu.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracovala samostatně a že jsem uvedla veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

Nemám závažný důvod proti užívání tohoto školního díla ve smyslu § 60 Zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon).

V Praze dne _____

Podpis _____

Kseniia Vakhrusheva

Název práce: Výběr vhodného vybavení vozidlové flotily podporujícího racionalizaci provozu

Autor: Bc. Kseniia Vakhrusheva

Obor: Logistika a řízení dopravních procesů

Druh práce: Diplomová práce

Vedoucí práce: doc. Ing. Dušan Teichmann, Ph.D.
Ústav logistiky a managementu dopravy (16117)
ČVUT v Praze Fakulta dopravní
Ing. Josef Mík, Ph.D.
Ústav dopravních prostředků (16116)
ČVUT v Praze Fakulta dopravní

Abstrakt

Tato diplomová práce se zabývá výběrem monitorovacího systému pro vybavení vozidlové flotily vybrané dopravní společnosti s cílem racionalizace provozu ve firmě. První část práce seznamuje s technologií monitorovacích systémů vozidel, obsahuje analýzu vozidlového parku vybraného dopravce a definuje jeho požadavky na monitorovací systém pomocí metody FURPS+. V druhé části se provádí analýza nabídky komerčních produktů vozidlových monitorovacích systémů a následně výběr optimálního řešení s využitím metod vícekriteriálního hodnocení variant.

Klíčová slova: monitorovací systém, vozidlová flotila, racionalizace provozu, metoda FURPS+, vícekriteriální rozhodování.

Title: Choice of Suitable Fleet Equipment Supporting Operational Rationalization

Author: Bc. Kseniia Vakhrusheva

Document type: Master's thesis

Thesis advisor: doc. Ing. Dušan Teichmann, Ph.D.

Department of Logistics and Management of Transport - 16117

CTU in Prague Faculty of Transportation Sciences

Ing. Josef Mík, Ph.D.

Department of vehicle technology (16116)

CTU in Prague Faculty of Transportation Sciences

Abstract

This diploma thesis focused on the choice of suitable monitoring system for selected transport company with the aim of operational rationalization in the firm. The first part of the thesis introduces the technology of vehicle monitoring systems, includes the analysis of the carrier's fleet and defines its requirements for the monitoring system by using the FURPS+ method. In the second part, commercial products of vehicle monitoring systems are analyzed and then the optimal solution is chosen by using methods of multi-criteria evaluation of variants.

Keywords: monitoring system, vehicle fleet, rationalization of operation, FURPS+ method, multi-criteria decision making.

Obsah

Seznam použitých zkratk	7
Úvod	8
1. Analýza	11
1.1 Základní terminologie a popis principu fungování monitorovacího systému	11
1.2 Legislativa	15
1.3 Analýza vozidlového parku dopravce	16
1.4 Analýza požadavků dopravce na monitorovací systém	19
1.4.1 Metoda FURPS+	19
1.4.2 Požadavky dopravce	21
1.5 Shrnutí	26
2. Praktická část	28
2.1 Varianty řešení problému	28
2.2 Analýza trhu	28
2.3 Systém RMC	30
2.4 Systém WebEye	32
2.5 Systém All4car	34
2.6 Systém GPS Dozor	36
2.7 Shrnutí výsledků analýzy trhu	37
3. Úloha vícekritériálního hodnocení variant	40
3.1 Obecný algoritmus řešení úlohy VHV	40
3.2 Modelování preferencí rozhodovatele	43
3.2.1 Modelování preferencí mezi kritérii	43
3.2.1.1 Metoda postupného rozvrhu vah	44
3.2.2 Modelování preferencí mezi variantami	45
3.2.2.1 Metoda váženého součtu	45
3.2.2.2 Metoda TOPSIS	46
3.2.2.3 Metoda AHP	47
4. Aplikace metod VHV na řešený problém	50
4.1 Stanovení variant	50
4.2 Volba kritérií pro posuzování	50

4.3 Stanovení vah kritérií.....	51
4.4 Hodnocení variant	53
4.4.1 Metoda váženého součtu	56
4.4.2 Metoda TOPSIS	57
4.4.3 Metoda AHP.....	59
4.4.4 Porovnání výsledků	61
4.5 Posouzení vhodnosti metody pro danou úlohu	62
4.6 Přínosy řešení.....	63
5. Návrh postupu implementace.....	64
Závěr.....	65
Reference	67
Seznam tabulek.....	69
Seznam obrázků	70

Seznam použitých zkratek

EU	Evropská unie
ATRI	American Transportation Research Institute (Americký dopravní výzkumný ústav)
ČR	Česká republika
GPS	Global Position System (Globální polohový systém)
GLONASS	Global Navigation Satellite System (Globální družicový polohový systém)
GSM	Global System of Mobile Communications (Globální systém pro mobilní komunikaci)
GPRS	General Packet Radio Service (služba přenosu dat pomocí technologií přepojování paketů)
SIM	Subscriber Identification Module (účastnická identifikační karta)
CPU	Central Processing Unit (centrální procesorová jednotka)
RAM	Random Access Memory (operační paměť)
CAN	Controller Area Network (sériová datová sběrnice)
FMS	Fleet Management Systems (systémy pro správu vozového parku)
ACC	Adaptive Cruise Control (Adaptivní tempomat)
VIN	Vehicle identification number (identifikační číslo vozidla),
PTO	Power take off (pomocný pohon)
GFŘ	Generální finanční ředitelství
SPZ	Státní poznávací značka
EBS	Elektronický brzdový systém
AETR	Accord européen sûr les transports routiers (Evropská dohoda o práci osádek vozidel v mezinárodní silniční dopravě)
PHM	Pohonné hmoty
STK	Stanice technické kontroly
API	Application Programming Interface (rozhraní pro programování aplikací)
s.r.o.	Společnost s ručením omezeným
RFID	Radio Frequency Identification (identifikace na rádiové frekvenci)
VHV	Vícekritériálního hodnocení variant
AHP	Analytic Hierarchy Process (Analytický hierarchický proces)
WSA	Weighted Sum Approach (Metoda váženého součtu)
TOPSIS	Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (Metoda výběru preference na základě vzdálenosti od ideálního řešení)
DPH	Daň z přidané hodnoty

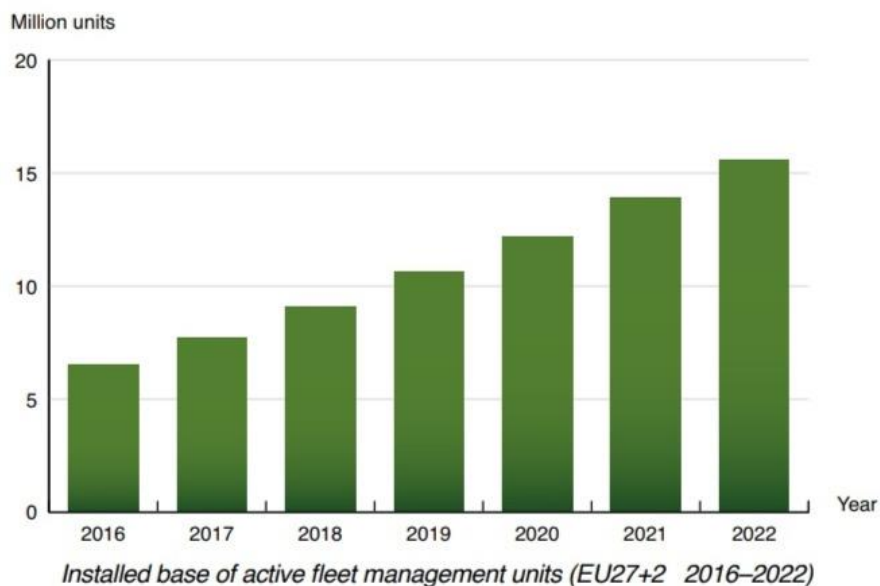
Úvod

Schopnost efektivně řídit a provozovat vozidlovou flotilu je v dnešní době klíčem k úspěchu dopravních firem. Jenže fleet management neboli správa vozidlového parku není jednoduchá záležitost, zejména v situacích, kdy počet vozidel ve vozidlovém parku narůstá. Z tohoto důvodu je pro konkurenceschopnost dopravních firem důležité využívat moderní informační systémy a technologie.

Vysoké nároky na nákladní dopravu – požadavek na rychlost, flexibilitu, bezpečnost, bezproblémovost přepravy a hospodárny provoz se odráží na vysokých požadavcích na informační systémy ve firmě. Jednou z nejdůležitějších částí systému se vztahem k dopravě a přepravě jsou telematická zařízení, která slouží k monitorování – systematickému nebo nepřetržitému sledování vozidel a jejich stavu v reálném čase za účelem kvalitního pohybu. Sledování požadovaných parametrů vozidel a zásilek ve spojení s jejich prostorovými a časovými údaji umožňuje předpovídat eventuální výskyt odchylek v naplánovaném procesu, nacházet alternativní řešení k jejich odstranění a provádět korekce v rozvrzích řidičů. Monitorovací systémy plní celou řadu funkcí: nahrazují manuální práci s daty, snižují chybovost, šetří čas a nabízejí kvalitnější řešení každodenních provozních problémů.

Investice do rozvoje moderních informačních systémů a technologií ve firmách vedou ke zvýšení efektivity procesů a poklesu provozních nákladů. Firmy využívající tyto technologie jsou schopny při stávajících počtech řidičů a vozidel obsloužit více zákazníků za nižší náklady.

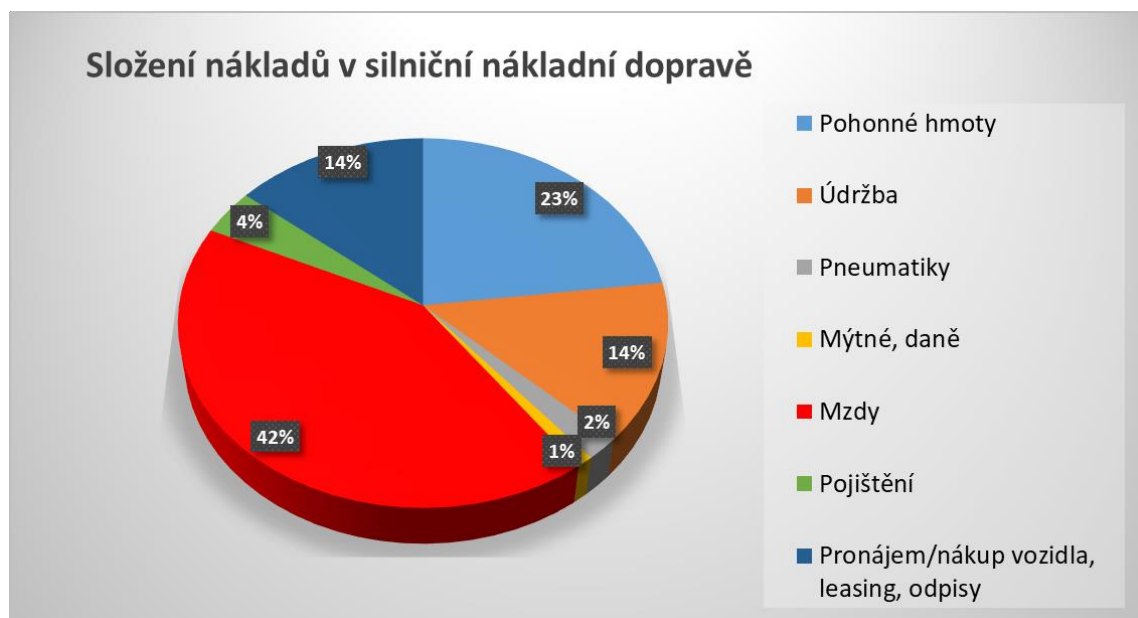
Základem vybudování funkčního monitorovacího systému dopravních firem je umístění monitorovacích jednotek do vozidel. Počty umístěných monitorovacích jednotek v evropských vozidlech stále narůstají. Podle výzkumu trhu švédské firmy Berg Insight v oblasti fleet managementu se předpokládá, že množství použitých monitorovacích jednotek v EU vzroste ze 7,7 milionů jednotek na konci roku 2017 na 15,6 milionů do roku 2022 [1]. Obrázek 1 demonstruje daný trend v milionech vozidlových jednotek podle jednotlivých let.



Obrázek 1: Množství instalovaných jednotek pro správu vozidlového parku v EU v jednotlivých rocích

Zdroj: [1]

Graf na obrázku 2 dále demonstruje rozdělení celkových nákladů na provoz vozidlového parku v dopravních firmách podle analýzy, která byla provedena v roce 2018 Americkým dopravním výzkumným ústavem (ATRI).



Obrázek 2: Diagram složení nákladů v silniční nákladní dopravě v roce 2017

Zdroj: autor, s použitím dat z [2]

Podle těchto dat lze stanovit, že největší procentuální podíl představují náklady na pohonné hmoty a mzdy řidičů vozidel. Protože se jedná o nejnáročnější nákladovou položku, je žádoucí sledovat jízdní styl a efektivitu využívání jejich pracovního času. Odstranění

případných rezerv v těchto oblastech by mohlo přispět k vyšší efektivitě provozu. Proto se žádná zodpovědně se chovající dopravní firma neobejde bez kvalitního řešení monitorovacího systému schopného tyto funkce plnit a poskytovat managementu firmy vhodná data.

Cílem diplomové práce je volba vhodného vybavení vozidlového parku monitorovacím systémem vybraného dopravce, které by mělo vést k racionalizaci a tím i zvýšení efektivity provozu ve firmě.

Na základě rozhodnutí firmy o potřebě zavedení monitorovacího systému bude postupováno podle přesně stanoveného plánu. Pro dosažení definovaného cíle bude vyžadováno provedení následujících úkolů:

- na začátku se zorientovat v technologiích, které používají dopravci v oblasti správy vozidlového parku, seznámit se se složením moderních monitorovacích systémů;
- provést analýzu stávajícího stavu vozidlové flotily vybraného dopravce zaměřenou na zjištění její vybavenosti;
- seznámit se s metodou FURPS+ pro vymezení požadavků firmy na monitorovací systém; s použitím této metody stanovit cílový stav, tzn. určit provozní parametry, které dopravce požaduje sledovat, a zjistit veškeré možnosti využití těchto provozních dat z vozidel;
- stanovit rozdíl mezi současným a cílovým stavem vybavení vozidlové flotily z hlediska požadavků na poskytování typů dat, tedy identifikovat vstupní údaje pro praktickou část diplomové práce;
- v praktické části práce navrhnout varianty, které povedou k naplnění požadovaných funkcí monitorovacího systému;
- provést hodnocení těchto variant a následně vybrat tu variantu, která bude nejbližší k cílovému stavu vybavení vozidlové flotily;
- představit návrh postupu implementace vybraného řešení.

1. Analýza

V této kapitole se identifikují příčiny, které vedou dopravce k zavedení monitorovacího systému. Pro orientaci v oblasti správy vozidlových parků se uvádí technologie a trendy, které se používají momentálně dopravními firmami k danému účelu. Ke stanovení, zda monitorování dopravních prostředků a řidičů je legální se uvádí legislativa ve vztahu k problematice. Dále se provádí analýza a vyhodnocení informací zjištěných o vybraném dopravci týkajících se složení vozidlové flotily a současného vybavení vozidel. Pomocí metody FURPS+, jejíž princip je podrobně popsán v jedné z podkapitol, jsou určeny požadavky firmy na monitorovací systém. Na základě dopravcem definovaných provozních parametrů vozidel k monitorování je sestaveno spektrum funkcí systému. Výsledkem kapitoly je konstatování, do jaké míry není současný stav vybavení vozidel dostačující pro uspokojení potřeb dopravce.

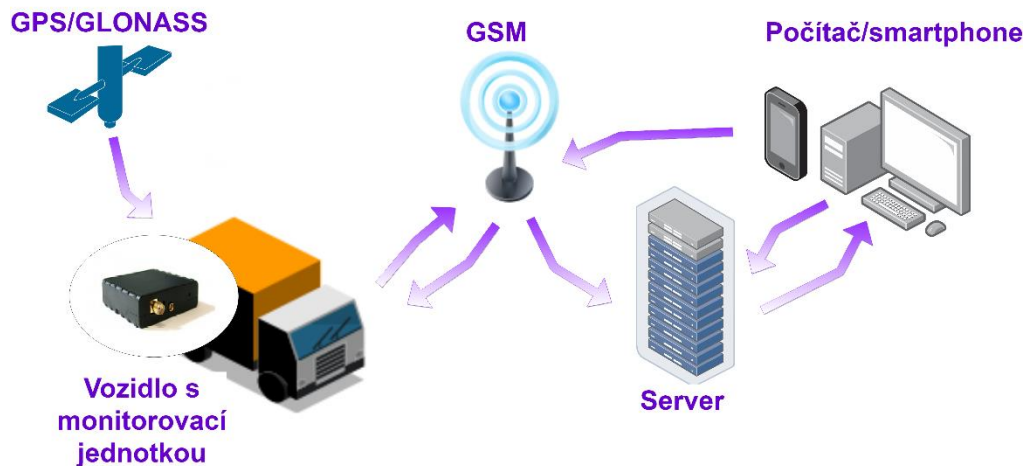
1.1 Základní terminologie a popis principu fungování monitorovacího systému

Daná podkapitola je věnována vysvětlení termínů použitých v této práci a uvádění technologie, které v dnešní době jsou aplikovány v oblasti fleet managementu.

Pod pojmem fleet management se rozumí veškeré operace v dopravní firmě spojené s evidencí, plánováním, monitorováním, řízením a údržbou vozidlového parku a také s časovým přidělováním řidičů k vozidlům, jejich školením, evidencí jejich absencí a sledováním jejich výkonů [3]. Čím větší je vozidlový park, tím je jeho správa náročnější a nákladnější. Z tohoto důvodu se u dopravců stalo trendem využití telematických systémů. V roce 2015 podle statistik mělo 68 % velkých firem v ČR u svých vozidel zavedenou telematiku [4]. Telematické systémy zahrnují informační a telekomunikační technologie související s dopravním inženýrstvím za podpory ostatních příbuzných oborů [5].

Dnes je funkcionality telematických systémů velmi široká. Dopravci ke správě svých vozidlových parků využívají nejrůznější monitorovací systémy. Existují online a offline systémy. Off-line systémy pracují pouze v režimu následného zpracování. Zjišťování informací o jízdě vozidla probíhá po jejím ukončení. Režim následného zpracování se používá v případech, kdy není možné nebo je ekonomicky nevýhodné používat režim online. Online systémy se používají častěji a pracují v reálném časovém režimu. Zprávy o provozu vozidel jsou předávány s minimálním časovým odstupem dostatečným pro provedení provozních rozhodnutí.

Princip fungování monitorovacích systémů je znázorněn na obrázku 3.



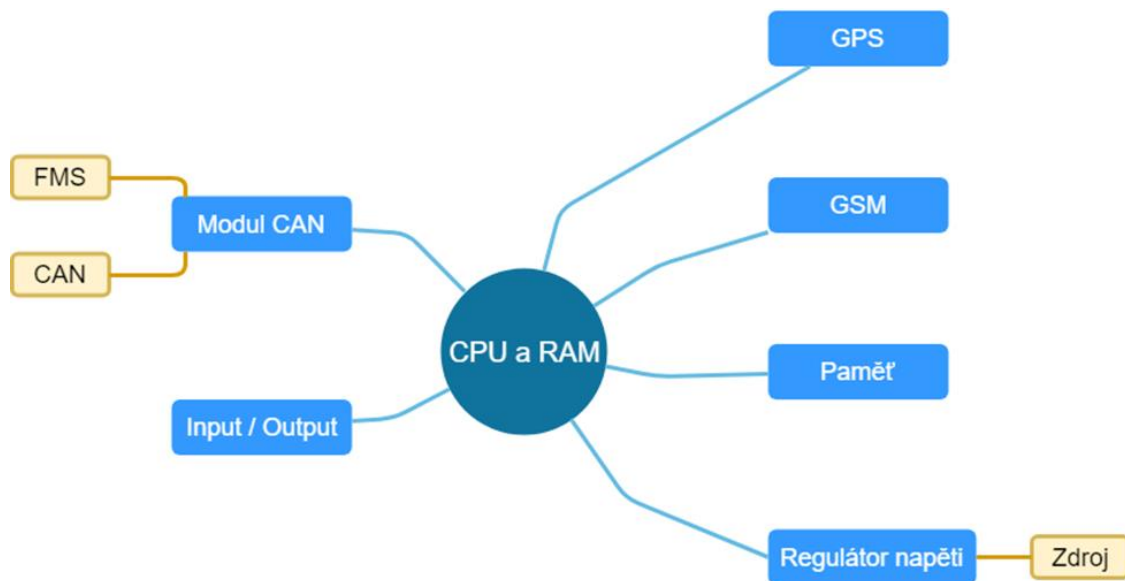
Obrázek 3: Schéma principu fungování monitorovacích systémů vozidel

Zdroj: autor, s použitím dat z [6]

Způsob fungování uvedený na obrázku má většina existujících monitorovacích systémů pracujících v režimu reálného času. Systém se skládá ze tří základních komponent:

1. Zařízení, která se instalují do dopravního prostředku. Hlavní částí zařízení je lokátor, v rozsahu dané práce bude se používat termín vozidlová jednotka, která slouží k načítání dat, přijímání signálů ze satelitů, uložení a odesílání údajů na server v režimu online. K jednotce mohou být připojena další zařízení – senzory, které umožňují získat ještě více informací o stavu vozidla a dalších provozních parametrech [7].
2. Centrální server, který plní funkce uložení a zpracování dat z jednotlivých vozidlových jednotek. Technická realizace serveru může být různá: v menších systémech může tuto funkce plnit jeden počítač, ve větších (určených pro tisíce uživatelů) - celý komplex serverů [7].
3. Dispečerský software, který je určen k zobrazení naměřených dat, obsahující databáze vozidel (řidičů, jízd, zákazníků), mapy a jiné informace sloužící ke zjednodušení prací dispečerů. Mnoho moderních systémů funguje přes webové rozhraní a monitorování vozidel nevyžaduje instalaci speciálního software na počítači. Přístup je umožněn ze smartphonu nebo tabletu prostřednictvím mobilní aplikace [7].

Vozidlová jednotka se skládá z několika částí. Její složení závisí na provozních datech, která je potřeba sbírat, způsobu načítání a odesílání dat. Základní architektura vozidlových jednotek je představena na obrázku 4.



Obrázek 4: Schéma architektury vozidlové jednotky

Zdroj: autor, s použitím dat z [6]

Jednou z částí jednotky je GPS (Global Position System) /GLONASS (Global Navigation Satellite System) modul (přijímač). Jedná se o americký a ruský družicové systémy navigace, které zabezpečují měření vzdálenosti, času a určení polohy. Tyto systémy umožňují určit polohu kdekoliv na Zemi a téměř v jakémkoliv počasí. Satelity posílají data (své časové a polohové údaje) a přijímač provádí výpočet a definuje svou vlastní polohu. Komunikace mezi přijímačem a družicemi je jednostranná ve směru uživatele. V závislosti na různých podmínkách se přesnost definování polohy pohybuje od 1 do 15 metrů. V případě současného využití GLONASS a GPS navigace získává dodatečnou spolehlivost a přesnost v reálném čase [6].

Další částí vozidlové jednotky je GSM (Global System of Mobile Communications) modul. Pomocí mobilní sítě se naměřená data přenáší na server. Pro provádění dané operace se vyžaduje SIM (Subscriber Identification Module) karta mobilního operátora podporující provádění služby GPRS (General Packet Radio Service) [6].

Důležitou částí vozidlové jednotky je dále její paměť. Načtená data jsou dočasně uložena před odesláním na server a následným smazáním. Kapacitu paměti je potřeba vybrat v souvislosti s plánovaným množstvím snímaných veličin. Větší množství požaduje paměť s větší kapacitou. Čím větší je kapacita, tím je dražší zařízení. Způsob přenosu dat také velmi závažně ovlivňuje výběr kapacity paměti. Například, dálkový přenos naměřených veličin online a vysoká četnost přenosu mohou snížit požadavky na kapacitu paměti. Pokud je dopravní prostředek mimo zónu stabilního signálu GSM, data jsou akumulována v paměti vozidlové jednotky, a když je GSM spojení znovu obnoveno, data se odesílají na server [6], [9].

CPU (Central Processing Unit) a RAM (Random Access Memory) – „srdce“ jednotky tvořené mikroprocesorem, programovatelným zařízením, které bude sbírat data, zpracovávat je a posílat na server pomocí GSM [9].

Některé vozidlové jednotky umožňují napojení na vozidlové systémy prostřednictvím sběrnice CAN bus (Controller Area Network). CAN je datová sběrnice, která slouží k propojení jednotlivých snímačů, čidel a řídicích jednotek jedinou páteří sítí a přenáší veškeré informace mezi nimi [9]. Většina moderních nákladních vozidel podporuje FMS (Fleet Management Systems) rozhraní, které slouží ke standardizaci dat obsažených v CAN sběrnici a pomáhá sbírat a předávat provozní informace o vozidle. Výrobci nákladních automobilů, kteří podpořili tento standard jsou:

- Daimler,
- MAN Truck & Bus,
- Scania,
- DAF Trucks,
- CNH IVECO,
- Volvo Trucks,
- Renault Trucks [10].

Vozidla, která byla vyrobena od roku 2002, podporují FMS Standard 1.0 a umožňují načítat následující parametry:

- rychlost vozidla,
- spínač spojky,
- spínač brzdy,
- aktivace ACC (Adaptive Cruise Control),
- pozice plynového pedálu,
- spotřeba paliva (celková),
- množství paliva,
- otáčky motoru,
- hmotnost vozidla,
- VIN (Vehicle identification number),
- informace o FMS standardu vozidla,
- informace z tachografu,
- překročení rychlosti,
- status karty řidiče (1 a 2),
- výkon dle tachografu,
- teplota chladicí kapaliny [11].

Od roku 2010 nákladní vozidla podporují FMS Standard 2.0, který obsahuje oproti FMS Standardu 1.0 navíc následující údaje:

- procentuální zatížení motoru,
- teplotu okolního vzduchu,
- identifikaci řidiče 1 a 2,
- aktivaci PTO (Power take-off) [11].

FMS Standard 3.0 platný od roku 2012 poskytuje ještě větší spektrum provozních parametrů o vozidle:

- celková doba chodu motoru,
- verze softwaru,
- diagnostická data [11].

Množství získaných dat závisí na výrobci, modelu a stáří vozidla, a proto se může rozlišovat. Napojení jednotky ke CAN sběrnice nebude vést ke ztrátě záruční doby vozidla, pokud bude použit speciální převodník [9].

Napájení vozidlové jednotky lze provést přes palubní síť, ale sledování provozních dat, například o zapnutí nezávislého topení, vyžadují externí akumulátor nebo baterii [9].

Input/Output modul – slouží pro připojení nejrůznějších senzorů a jiných zařízení poskytujících data, která nelze načítat přes CAN sběrnice nebo FMS. Velmi často se využívá připojení na digitální tachograf [9].

1.2 Legislativa

Svůj vztah k obecnému, jakémukoliv způsobu monitorování zaměstnanců ve firmě a veškerých zařízeních, která se používají pro vykonání práce, definuje zákoník práce, hlava VIII, paragraf 316:

1) Zaměstnanci nesmějí bez souhlasu zaměstnavatele užívat pro svou osobní potřebu výrobní a pracovní prostředky zaměstnavatele včetně výpočetní techniky ani jeho telekomunikační zařízení. Dodržování zákazu podle věty první je zaměstnavatel oprávněn přiměřeným způsobem kontrolovat [12].

(2) Zaměstnavatel nesmí bez závažného důvodu spočívajícího ve zvláštní povaze činnosti zaměstnavatele narušovat soukromí zaměstnance na pracovištích a ve společných prostorách zaměstnavatele tím, že podrobuje zaměstnance otevřenému nebo skrytému sledování, odposlechu a záznamu jeho telefonických hovorů, kontrole elektronické pošty nebo kontrole listovních zásilek adresovaných zaměstnanci [12].

Podle daných zákonů zaměstnavatel má právo provádět kontrolu zaměstnance, zda nepoužívá pracovní prostředky (v rámci práce bude zajímat využití řidiči firemních dopravních prostředků a všeho, co k němu přísluší) pro vlastní účely. Ale zároveň sledování nesmí probíhat bez vědomí zaměstnance a přímo porušovat jeho soukromí. Z toho vyplývá, že dopravce může zcela legálně využívat monitorovací systémy pro efektivní správu vozidlové flotily, ale musí o tom předem informovat řidiče.

1.3 Analýza vozidlového parku dopravce

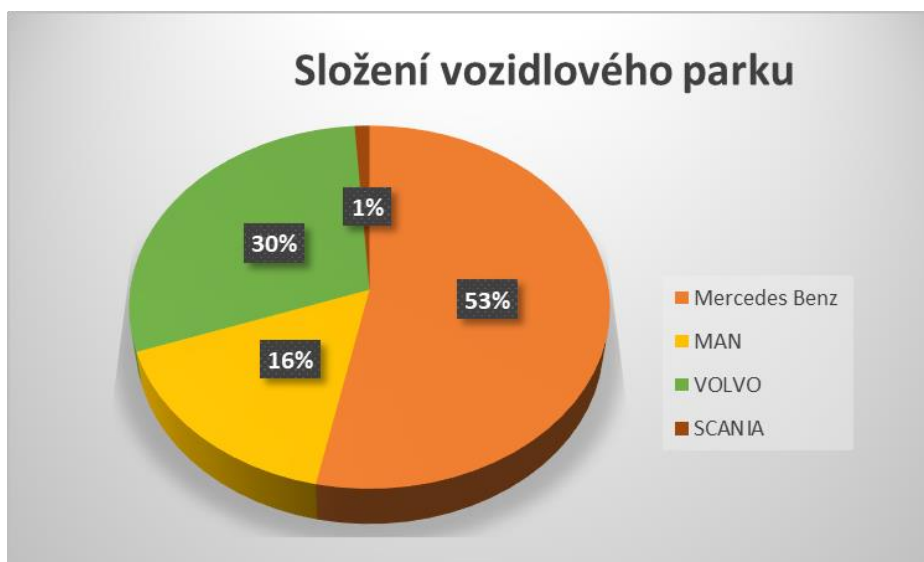
Tato podkapitola je věnována popisu dopravce, pro jehož účely je práce řešena. Zejména se soustředí na složení jeho vozidlové flotily, její stávající vybavení a provozní data, která lze pomocí toho vybavení získat.

Doprovce se zabývá přepravou sypkých hmot a obalových směsí. Své služby poskytují hlavně na území České republiky. Mezi odběratele služeb společnosti patří významní výrobci na trhu betonových a živičných směsí, minerálních vláken, největší producenti hnojiv a dodavatelé tuhých paliv v České republice. Tato informace definuje, že se realizují specifické přepravy těžkých nákladů na krátké vzdálenosti po silnici.

Vozidlová flotila společnosti, která slouží k poskytování služeb odběratelům, je reprezentována 92 nákladními vozidly kategorie N3 (nákladní automobily s celkovou hmotností přes 12 000 kg). Vozidlový park je tvořen následujícími typy nákladních vozidel:

- MAN TRUCK & BUS AG,
- MAN TGX,
- MAN TGS 26.440 6x4H-2 BL,
- Mercedes Benz ACTROS,
- Mercedes Benz ACTROS 1840,
- Mercedes Benz ACTROS 1844 LS,
- Mercedes Benz ACTROS 1844 LSMAN,
- Mercedes Benz ACTROS 2041 AS 4X4 3600,
- Mercedes Benz ACTROS 2548 LS,
- Mercedes Benz AROCS,
- Mercedes Benz AXOR 1843 LS,
- SCANIA CV AB,
- VOLVO FH13 420 62T.

Procentní podíl zastoupení jednotlivých značek ve vozidlové flotile dopravce je uvedeno na obrázku 5.



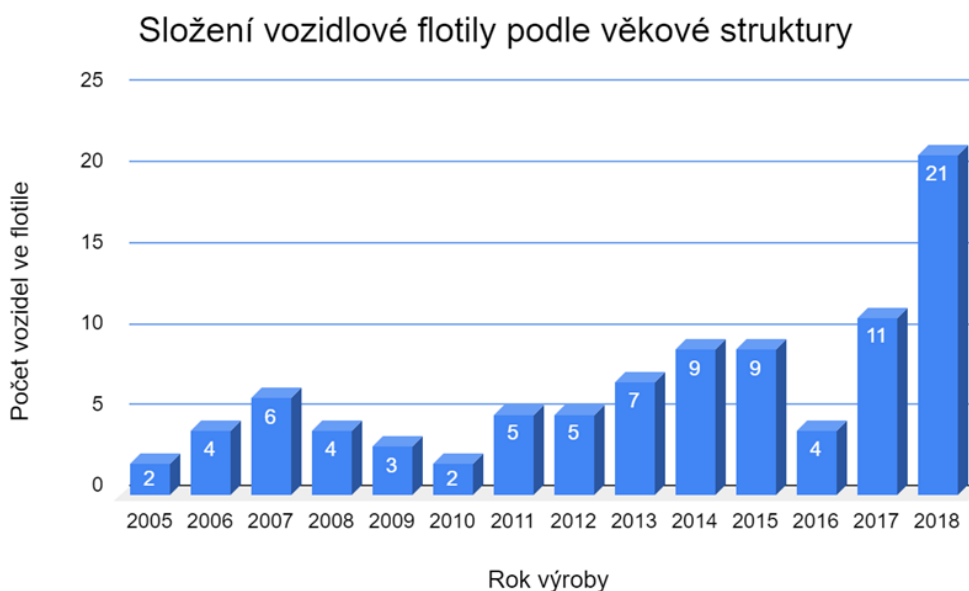
Obrázek 5: Procentuální složení vozidlového parku dopravce

Zdroj: autor

Flotila se tedy více než z poloviny skládá z nákladních vozidel značky Mercedes-Benz, nejmenší podíl mají vozidla Scania.

Všechny dopravní prostředky využívají motorovou naftu a plní emisní třídu EURO 5 a 6.

Roky výroby tahačů se pohybují od 2005 do 2018. Složení vozidlové flotily podle věkové struktury znázorňuje obrázek 6.



Obrázek 6: Složení vozidlové flotily podle věkové struktury

Zdroj: autor

Největší zastoupení ve flotile vozidlového parku mají vozidla vyrobená v roce 2018. Dopravce totiž pravidelně obnovuje svůj vozidlový park. Důvody k tomu jsou takové, že starší vozidla vyžadují větší náklady na údržbu, spotřebují víc paliva, mají vyšší sazby mýtného a mají také větší negativní dopad na životní prostředí.

Tahače podporují FMS standardy, ale dopravce nebyl schopen přesně stanovit, ke kterému standardu patří jednotlivá vozidla. Množství dat, která je možné přes FMS rozhraní vozidel načítat lze určit pouze na základě roku výroby a výrobce.

Jízdní soupravy jsou tvořené připojením návěsu k tahači nebo přívěsu k vozidlu. Každému tahači je přiřazen návěs, který se během provozu neodpojuje (netýká se poruchových stavů).

Dopravce disponuje přípojnými vozidly kategorií O4 následujících typů:

- Schwarzmuller KIS - 3/E,
- Stas S300CX.

Většina návěsů jsou sklápěcí a mají 3 nápravy. Vozidlová flotila není univerzální pro přepravu různých druhů substrátů. Dopravce vlastní několik typů návěsů: vana hliníková, ocelová vana, vana 50 m³ a 40 m³. Návěsy s objemem 40 m³ jsou univerzální, 50 m³ jsou vhodné zejména pro přepravu lehkých substrátů velkých objemů. Část flotily s ocelovou vanou je používána k přepravě těžkých materiálů, které se skládají ze substrátů vysoké zrnitosti, vozidla s hliníkovou vanou nejsou k těmto přepravám vhodná.

Každé vozidlo, které dopravce vlastní, je v současné době vybaveno základním monitorovacím systémem. Využívá se řešení české firmy Webdispečink. Monitorování probíhá pomocí vozidlové jednotky. Jednotka využívá satelitní systém GPS, díky kterému dispečeři mají v dispozici informace o aktuální poloze a rychlosti vozidla. Data jsou odesílána na centrální server pomocí GSM modulu. Informace se zobrazuje na webové aplikaci Webdispečink. Jednotka není napojena na sběrnice CAN/FMS.

Současné vybavení vozidel a funkce, které plní systém, jsou představeny v tabulce 1.

Tabulka 1: Současný stav vybavení vozidlové flotily

Vozidlová jednotka	Aplikace Webdispečink
<ul style="list-style-type: none"> - sleduje rychlost vozidla, - sleduje aktuální polohu vozidla, - vytahuje data z tachografu a karty řidiče 	<ul style="list-style-type: none"> - grafické zobrazení dat, - zobrazuje aktuální polohu vozidla na mapě, - poskytuje reporty a statistiky, - eviduje údaje o vozidlech

Zdroj: autor

Přes webovou aplikaci má dopravce možnost získat reporty a statistiky, které jsou daný poskytovatelem systému v již standardizovaném obecném tvaru. Jedná se o 200 druhů reportů, které však nelze upravit a vygenerovat podle vlastních požadavků. Následná práce s nasbíranými daty je tedy časově dost náročná.

Komunikace mezi dispečery a řidiči je uskutečněna pomocí dotykového tabletu nebo smartphonu na platformě Android prostřednictvím aplikace na nich běžící, která je propojena s firemním softwarem. Aplikace Webdispečink a vozidlová jednotka vytvářejí systém, který žádným způsobem nezasahuje do těchto firemních systémů.

Dalším zařízením, kterým jsou vybavena všechna vozidla, jsou tachografy modelu Siemens VDO. Jednotka je schopná získávat data z tachografu, které pro vyhodnocení a následující zpracování (například určení porušení dob jízdy a odpočinků řidičů) je potřeba nahrát do dalšího softwaru, který pro tyto účely slouží.

1.4 Analýza požadavků dopravce na monitorovací systém

Základním krokem zavedení monitorovacího systému je určení požadavků dopravce. Dopravce, pro kterého se monitorovací systém vybírá, musí definovat seznam požadovaných charakteristik systému. Jedná se o veškeré vlastnosti a funkce, které dopravce očekává od výsledného řešení. K tomu účelu je vhodné použít metodu FURPS+, která je podrobněji popsána dále.

1.4.1 Metoda FURPS+

Metoda FURPS byla vyvinuta Robertem Grady ze společnosti Hewlett-Packard v roce 1992. Slouží k definování požadavků a hodnocení kvality dodávaného informačního systému. Tyto požadavky by měly vytvářet základní popis, co systém musí umět a jaké charakteristiky musí splňovat. Metoda je vhodná jak při návrhu, tak při hodnocení pořizovaného produktu. Produkt se hodnotí z pěti hledisek: funkčnosti, užitečnosti, spolehlivosti, výkonu a podporovatelnosti. Dále byla metoda rozšířena na doplňující požadavky a označena jako FURPS+ [13], [14].

Podrobnější popis jednotlivých hledisek metody FURPS+ (viz obrázek 7):

- Functionality – funkčnost.

Systém by měl obsahovat takové vlastnosti a plnit takové funkce, které odpovídají požadavkům podporujícím procesy podnikání. K tomu také patří bezpečnostní požadavky, zda je potřeba zabezpečování dat, jestli má někdo oprávnění k využívání a změně dat a ověřování uživatelů.

- Usability – použitelnost.

Zaměřuje se na koncového uživatele, zda je systém snadný z hlediska obsluhy, má logicky a esteticky interface, zda uživatel může efektivně pracovat s daným systémem. Hledisko hodnotí také dokumentaci k produktu a školicí materiály pro uživatele.

- Reliability – spolehlivost.

Zahrnuje takové charakteristiky systému jako chybovost, četnost/periodicita selhání, střední doba selhání a závažnost selhání, možnost obnovy systému po poruchách, doba zotavení, včetně možnosti předběžného rezervního uložení dat, předvídatelnost chování, provozní režim a doba přípravy systému k použití, přesnost výpočtu a předání informace.

- Performance – výkon.

Skládá se z hodnocení systémové rychlosti, doby odezvy při konání svého účelu, efektivnosti a účinnosti. Sleduje celkový počet dovolených současně pracujících uživatelů, množství požadovaných a přenášených dat za jednotku času. Zahrnuje rychlost startu a konce práce a spotřebu zdrojů a energie.

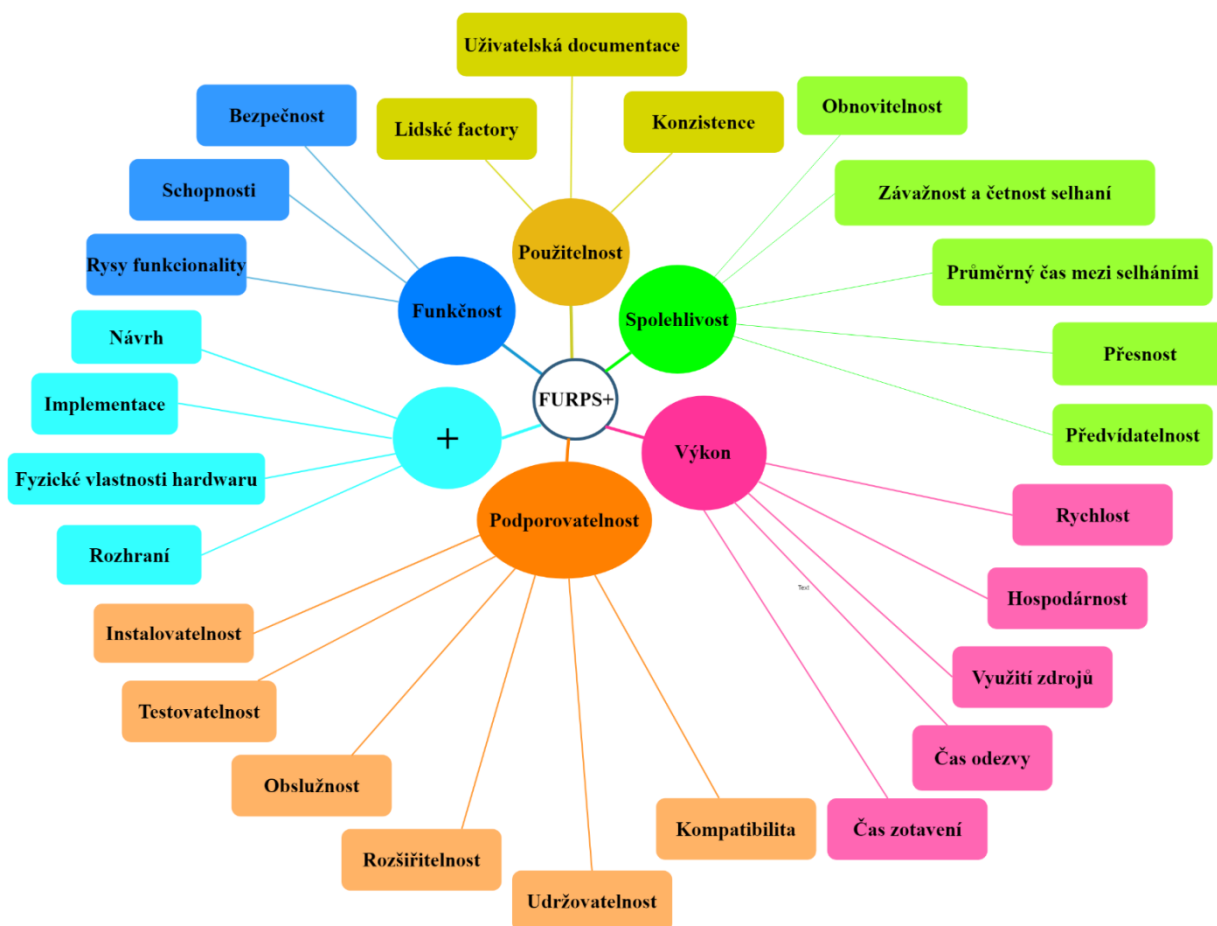
- Supportability – podporovatelnost.

K danému hledisku patří testovatelnost, údržba a podpora systému, možnost opravy chyb, aktualizace dat. Hodnotí se možnost zlepšení a rozšiřování funkcionality systému. Velmi významná charakteristika je kompatibilita, tzn. schopnost systému se zapojit do již existujícího bez nějakých omezení. Hodnotí se jeho složitost instalace a také dodržování mezinárodních norem.

- „+“ – dodatečné požadavky.

K této skupině požadavků patří požadavky na hardware, tzn. jeho fyzické charakteristiky (hmotnost, rozměry, materiály). Požadavky na návrh systému, například z jakých částí musí se skládat monitorovací systém a způsoby propojení těchto částí. Definují se implementační požadavky produktu, zda systém podporuje standardy a normy. Požadavky na rozhraní určují možnosti integrace s externími systémy [13], [14].

Objednavatel systému by měl také přesně stanovit prioritu pro každý požadavek, pokud bude potřeba rozhodování a upřednostnění nějakého jednoho řešení mezi několika nabízených.



Obrázek 7: Základní prvky metody FURPS+

Zdroj: autor, s použitím dat z [14]

1.4.2 Požadavky dopravce

V cílovém stavu by mělo vybavení vozidlového parku odpovídat definovaným požadavkům dopravce. Pomocí metody FURPS+ se podařilo sestavit celkový pohled dopravce na cílový produkt. Dále budou představeny tyto požadavky z jednotlivých hledisek.

Požadavky na funkčnost

Předpokladem vytvořeného systému je umožnit načítání požadovaných provozních parametrů nákladních vozidel. Jednotlivé parametry, které požaduje dopravce, jsou v následující:

- aktivní/neaktivní zapalování,
- aktivace nezávislého topení,
- aktuální spotřeba paliva,
- otáčky motoru,
- identifikace řidiče,
- doba jízdy/doby přestávek,

- identifikace sklopení návěsu,
- identifikace návěsu,
- informace z GPS (rychlost, poloha, ujetá vzdálenost),
- parametry vozidla:
 - registrační značka,
 - VIN (Vehicle identification number),
 - rok výroby,
 - počet náprav (hnaných),
 - emisní norma (EURO),
 - značka/typ,
 - kategorie vozidla,
 - maximální rychlost,
 - palivo,
 - rozměry vozidla,
 - hmotnost,
- údržba/servis vozidel.

Přestože moderní vozidlové jednotky jsou schopné poskytnout načítání dalšího širokého spektra informací o vozidle, uvedený rozsah provozních parametrů je pro dopravce postačující a do budoucna dopravce neplánuje jeho rozšíření.

Definované provozní parametry dále budou sloužit dopravci k následujícím účelům:

- Vedení elektronické knihy jízd.

Automatická evidence veškeré dostupné informací o provozu nevyžaduje účast pracovní síly a evidovaná data jsou v přehledném tvaru vždy k dispozici.

- Vyhodnocení pracovního výkonu řidiče.

Informace z digitálního tachografu, karet řidičů a čipů pro identifikaci řidiče o době řízení a přestávek slouží ke kontrole splnění povinností dopravce a řidičů, které stanovují Nařízení Evropského parlamentu a rady (ES) č. 561/2006 a Dohoda AETR. Povinnosti jsou hlavně spojeny s dodržováním zásad bezpečnosti práce [16]. Tyto údaje jsou také nezbytné pro účetní a jsou podkladem ke zpracování výplat řidičů.

- Sledování stylu jízdy řidiče.

Stanovení jízdních stylů řidičů vychází ze sledování takových parametrů, jako jsou: překročení povolené rychlosti, prudké rozjezdy a brzdění, běh naprázdno, nebezpečný

průjezd zatáčkou a otáčky motoru. Sledování těchto parametrů pomůže dopravci ušetřit na nákladech spojených se spotřebou paliva. Optimální styl jízdy také vede k menšímu opotřebením vozidel, a tím i k minimalizaci nákladů na údržbu. Další příčinou je potřeba dosažení vyšší úrovně bezpečnosti řidičů na silnicích.

Sledování vozidel má také další pozitivní efekt – psychologický. Předpokládá se, že řidič se při aktivaci monitorovacích systémů chová na silnici více disciplinovaně.

- Informování dispečera a řidiče o potřebě provést pravidelnou technickou kontrolu.

Každé vozidlo dopravce musí absolvovat pravidelné technické kontroly. Tahač a návěs nejsou při pravidelném servisu dělitelné. V případě pravidelného servisování se aktuální technický stav automobilů nebere v úvahu, tyto kontroly jsou povinné a plánované. Periody mezi jednotlivými kontrolami mohou být stanoveny buď podle počtu ujetých kilometrů (kilometrický proběh) nebo po uplynutí času od předchozí kontroly. Informace o blížícím se termínu pravidelného servisu by měl dispečer obdržet s určitým předstihem, aby byla možnost optimálního plánování tras přes dílny a efektivního využití flotily.

Dílny pro servis vozidel jsou různě prostorově lokalizovány a společnost je má ve svém vlastnictví. Vozidla, která jsou v záruční době, absolvují technickou kontrolu v externích servisech.

- Informování o potřebě provést jednorázovou údržbu vozidla.

Podle závažnosti poruchy řidič by měl rozhodovat, zda může jet dál nebo musí hned se zastavit. Pokud řidič nezvládne odstranit poruchu, je povinen prostřednictvím nainstalované aplikace na jeho tabletu nahlásit poruchu a její rozsah a požádat dispečera o servis.

- Kontinuální přenos dat mezi nákladním vozidlem a dispečerem.

Vozidlová jednotka by měla sbírat data podstatná pro dispečera a měla by odesílat informace nepřetržitě v režimu reálného času. Stejný požadavek by měl být uplatněn i na komunikaci mezi dispečerem a řidičem ohledně průběhu jízdy pomocí aplikace běžící na tabletu v kabině řidiče. V případě, že vozidlo bude se pohybovat mimo ČR, je umožněn průběžný sběr dat vozidlovou jednotkou, uložení a následné odeslání veškerých dat po návratu na území ČR.

- Kontrola jízdy řidiče podle naplánované trasy a aktuální poloha vozidla.

Dodržování řidičem naplánované optimální trasy je velmi důležité. Systém musí informovat, pokud se řidič odkloní od určené trasy. Sledování je také užitečné pro definování, zda vozidlo je skutečně na místě nakládky nebo vykládky a nejsou-li odchylky od plánovaných termínů. Daná informace je podstatná jak pro dispečera, tak i pro zákazníka. Včasná informovanost o vzniklých problémech umožňuje dopravci racionálně tyto problémy vyřešit a zpravit o tom zákazníka. Významným důvodem pro sledování vozidel je přesné stanovení místa a času ukončení práce pro efektivní plánování jízd na další den.

Monitorováním pohybu vozidla se dají jednoduše odhalit i soukromé jízdy a také stanovit polohu vozidla v případě jeho odcizení.

- Bezpečnostní kontrola identity řidiče.

Kontrola identity řidiče zajistí řízení vozidla pouze oprávněnými osobami. Identifikace řidiče také slouží pro sbírání a uložení dat o pracovní době (dodržení stanovených dob řízení a bezpečnostních přestávek).

- Měření spotřeby pohonných hmot.

Neustále rostoucí ceny pohonných hmot jsou příčinou růstu celkových nákladů na dopravu. Při sledování spotřeby pohonných hmot lze dosáhnout značných úspor a vždy odhalit případné krádeže.

- Automatické informování o sklopení návěsu nezávislé na řidiči.

Informování dispečera o sklopení návěsu mělo by se provádět automaticky, aby se předešlo zapomínání odesílání informace o nakládce a vykládce. Dispečer v závislosti na tom může rozhodovat při plánování tras a využívat vozidla naplno.

- Evidence vozidel.

Monitorovací systém musí evidovat jednotlivá nákladní vozidla do firemní databáze. V této evidenci by měly být evidovány takové parametry jako registrační značka, VIN – identifikační číslo vozidla, rok výroby, počet náprav, značka / typ, maximální rychlost, hmotnost, rozměry (délka a šířka), výška při jízdě a při sklápění, způsob sklápění (vzad nebo do boku) pro návěsy. Tyto informace jsou velmi podstatné při přidělování jednotlivých vozidel zákazníkům z toho důvodu, že někteří zákazníci mají specifická omezení (například sklady mají omezenou výšku stropu) a také vyžadují určitý druh návěsu (záleží na přepravovaném substrátu). Dále je potřeba evidovat, do kterého emisního standardu patří tahač, druh paliva a kategorie.

- Sledování využití nezávislého topení.

V chladném období řidiči velmi často využívají nezávislá topení k ohřevu vnitřního prostoru kabiny vozidla. Spuštěné nezávislé topení funguje při vypnutém zapalování a spotřebovává palivo. Proto je účelné tuto informace také sledovat.

Požadavky na pohodlí použitelnosti

Pro řidiče je důležité, aby byl systém jednoduchý v používání.

Pro dispečera je podstatná přehledná reprezentace dat odesílaných jednotkou, možnost generovat reporty a statistiky podle požadovaných parametrů a upravovat je. Systém musí umožňovat stahování dat v určeném formátu pro efektivní práci a využití k následnému zpracování.

Požadavky na spolehlivost

Ideální variantou je monitorovací systém s vysokou spolehlivostí, tzn. s nízkou chybovostí a četností selhání.

Vzhledem k tomu, že mobilní síť GSM ne vždy vykazuje stabilní signál, vozidlová jednotka monitorovacího systému musí mít postačující kapacitu paměti pro dočasné uložení dat.

Jedním s funkčních požadavků dopravce je monitorování aktivace nezávislého topení. Vozidlová jednotka má napájení na vozidlovou síť, ale pro sledování daného parametru je potřeba, aby jednotka měla externí zdroj energie, který by fungoval při vypnutém zapalování.

Měření aktuální spotřeby paliva dopravce požaduje provádět z CAN/FMS. V ideálním případě dopravce také požaduje automatické importování a evidenci dat z tankovacích karet pro kontrolu údajů.

Požadavky na výkon

Jediným stanoveným požadavkem firmy, který se týká výkonu sledovacího systému, je požadavek na frekvenci odesílání dat jednotkou každých 30 sekund. Důvodem pro takto častou aktualizaci jsou krátké vzdálenosti mezi místy nakládky a vykládky (firma působí zejména na území ČR). Delší doba vysílání by způsobila komplikace v práci dispečera.

Požadavky na podporovatelnost

Monitorovací systém při výskytu nějakého selhání nebo poruchy musí mít minimální dobu návratu do původního provozního stavu. Údržba systému a podpora musí být co nejméně náročná.

Vozidlová jednotka by měla být kompatibilní s existujícím vybavením, především schopna načítat data z instalovaného tachografu.

Nejlepší variantou by bylo, kdyby systém byl propojen nebo umožňoval exportování zjištěných dat o vozidlech do současného firemního softwaru.

Dodatečné požadavky „+“

Zařízení, které bude umístěno do sledovaného vozidla, mělo by mít malé rozměry, aby se vešlo do vymezeného prostoru. Zařízení musí být opatřeno obalem (pouzdrům), které zajistí odolnost proti průniku vysoké teploty, vlhkosti, prachu a vibracím automobilu.

Místo ve vozidle k umístění vozidlové jednotky by mělo být zvoleno s ohledem na to, že potřeba zajistit kvalitní přenos GSM/GPS signálů.

Při montáži vozidlové jednotky do vozidla nesmí dojít k porušení zásad záruční lhůty vozidla.

1.5 Shrnutí

V rámci dané etapy řešení se podařilo zjistit, že moderní monitorovací systémy využívají k účelu sledování dopravních prostředků telematická zařízení. Základem takových systémů je vozidlová jednotka, která se umísťuje do dopravního prostředku. Množství dat, které je schopná jednotka načítat, závisí na značce vozidla, roku výroby a na složení samotné jednotky.

Analýzou vozidlového parku vybraného dopravce bylo zjištěno, že vozidlový park dopravce se skládá z nákladních vozidel různých značek, přičemž největší zastoupení mají vozidla výrobce Mercedes-Benz v počtu 49. Stáří vozidel ve flotile se pohybuje od 1 do 14 let, nejvíce vozidel zařazených aktuálně ve vozidlovém parku bylo vyrobeno v roce 2018. Z toho vyplývá, že ve všech vozidlech je možno uplatnit minimálně standard FMS 1.0., tzn. že při připojení vozidlových jednotek na FMS rozhraní je možno získat takové provozní parametry vozidel jako jsou otáčky motoru, spotřeba paliva a aktivace zapalování. Je však možné, že mohou vznikat problémy s nejednotností postupu získávání u jednotlivých typů vozidel.

Další dopravcem stanovené požadavky na provozní parametry, které byly získány při konzultaci, není možné získat prostřednictvím sběrnice CAN, jejich získávání vyžaduje umístění dalších senzorů a čidel.

Dále bylo při analýze zjištěno, že rozsah provozních parametrů, které je současné vybavení vozidlové flotily (systém Webdispečink) schopno načítat, není postačující pro efektivní správu parku. Jednotka, která se momentálně používá, je schopna pokrýt pouze požadavek na GPS sledování vozidla, tzn. poskytovat aktuální informace pouze o poloze a rychlosti

vozidla. Firma není spokojena s reprezentací těchto dat a standardizovanými tvary všech reportů poskytovaných současným monitorovacím systémem. Tyto reporty neumožňují získat přímé informace ve tvarech požadovaných firmou pro hodnocení efektivity provozu. Aby mohl dopravce s těmito daty pracovat, muselo by proběhnout jejich další zpracování a příprava do tvaru, který dopravce požaduje.

Dále bylo zjištěno, že všechna vozidla jsou vybavena tachografy, přičemž pro zpracování požadovaných dat je potřeba použití dalšího software. Dopravce používá vlastní softwarový nástroj pro zpracování dat získaných z tachografů vozidel.

Proto dopravce zajímá návrh řešení monitorovacího systému, který by dokázal sledovat definovaná požadovaná provozní data vozidel, a který by mu umožňoval efektivněji řídit provoz vozidlového parku.

2. Praktická část

Praktická část práce se zaměřuje na vyhledání možných variant řešení monitorovacího systému vozidlové flotily vybraného dopravce, které by splňovaly požadavky definované v předchozí kapitole.

2.1 Varianty řešení problému

Daný problém lze řešit několika způsoby.

První varianta je návrh vlastní jednotky, která bude schopna načítat veškeré požadované informace o vozidlech firmy, vysílat s přesně stanovenou frekvencí a bude univerzální pro všechna vozidla z flotily. Dané řešení vyžaduje propojení jednotky s existujícím firemním systémem nebo vývoj vlastního softwaru pro zobrazení, vyhodnocení a analýzu těchto dat. Vývoj daného systému není triviální, proto musí být prováděn pouze odbornými specialisty v oblasti elektrotechniky a informačních technologií. Celkový vývoj a implementace takového systému je dlouhodobým a finančně náročným projektem.

Druhou variantou je pořízení monitorovacího systému od externích firem, které se zabývají technologiemi fleet managementu. Jedná se v podstatě o outsourcing ve vývoji spojený s předáním části práce firmám, které se specializují na dané oblasti, poskytují svůj produkt a služby. Příčin vedoucích k používání outsourcingu je řada: předáváme problémy do rukou firem se zkušenostmi a kvalifikovanými zaměstnanci a zadavatel se může soustředit na činnost ve svém oboru.

V následujících kapitolách budu se zabývat pouze druhou variantou řešení problému racionalizace provozu ve firmě, tzn. analýzou a výběrem komerčních produktů monitorovacích systémů existujících v současnosti na trhu.

2.2 Analýza trhu

Podkapitola je věnována sestavení spektra nabídky komerčních produktů vozidlových monitorovacích systémů existujících v současnosti na trhu. Firem nabízejících své řešení v dané oblasti je celá řada. Je to dáno tím, že monitorovací systémy přinášejí viditelný ekonomický efekt a v poměrně krátké době. Jejich monitorovací jednotky se liší hlavně množstvím a způsobem načítání provozních parametrů vozidel, způsobem vysílání a uložení dat. Některé firmy nabízejí k jednotkám vlastní softwarové programy, aplikace a webová rozhraní k zobrazení získaných dat, sledování vozidel na mapě, generování reportů a statistik, navigaci a komunikaci řidičů i dispečerů.

Existují dva způsoby provádění analýzy trhu:

1. Vyhodnocení vhodností komerčních produktů se provádí až po uzavření seznamu vyskytujících produktů na trhu.
2. Stanovují se provozní parametry, které dopravce požaduje sledovat, a cílové charakteristiky systému, a následně jednotlivé produkty se zařazují při průzkumu do seznamu v případě vyhovění.

V diplomové práci byl zvolen druhý způsob analýzy trhu. Podle dopravcem stanovených požadavků byl proveden průzkum trhu. Na základě informací dostupných na webových stránkách dodavatelů monitorovacích systémů byl sestaven seznam firem a názvy jimi dodávaných monitorovacích systémů:

- Idem telematics (Německo) – Cargofleet [17],
- LEVEL, s.r.o. (ČR) – Positrex [18],
- All4Car, s.r.o. (ČR) [19],
- D&COMM, s.r.o. (ČR) [20],
- WebEye International (Maďarsko) [21],
- EuroTact, s.r.o. (ČR) – Autopatrol [22],
- Partner mb, s.r.o. (ČR) – RMC [23],
- TLV, s.r.o. (ČR) – GPS Dozor [24],
- Mercedes-Benz Trucks (Německo) – Fleetboard [25].

Tito dodavatelé byli osloveni přes email o rozsahu provozních parametrů požadovaných dopravcem a také o způsobu jejich získávání. Obchodní manažeři dodavatelů poskytli dostačující informace pro hodnocení jednotlivých produktů z pohledu jejich vhodnosti pro implementaci v podmínkách vybraného dopravce.

Při průzkumu u dodavatelů bylo zjištěno, že požadavek dopravce s vysokou prioritou na identifikaci přípojného vozidla jsou schopny zajistit pouze produkty dodavatelů WebEye a Partner mb. Produkt dodavatele All4Car dokáže splnit tento požadavek pouze částečně, a to v rozsahu, zda je přípojné vozidlo přivěšeno či nikoliv, nedokáže však zjistit, o jaké konkrétní přípojné vozidlo se jedná (není schopen identifikovat SPZ (státní poznávací značka), typ atd.). Dodavatel TLV, s.r.o. ve svém produktu identifikaci přípojného vozidla sice nenabízí, ale umožňuje vývoj a rozšíření jeho produktu podle individuálního požadavku dopravce. U systému Fleetboard od dodavatele Mercedes-Benz identifikace probíhá po sběrnice CAN na základě identifikace EBS (elektronický brzdový systém) jednotky, což u starších vozidel není možné.

Dopravce vyžaduje aktualizaci dat každých 30 sekund. Požadovanou frekvenci vysílání dat nesplnily produkty pěti dodavatelů – a to Idem telematics, LEVEL, s.r.o., D&COMM, s.r.o., EuroTact, s.r.o., Partner mb, s.r.o. Produkt Idem telematics má dokonce frekvenci vysílání pouze 1x za 5 minut.

Požadavek na identifikaci řidiče splňují všechny systémy až na produkt firmy LEVEL, s.r.o., který danou funkci neposkytuje.

Aktivaci nezávislého topení jsou schopny stanovit všechny produkty až na vozidlovou jednotku Fleetboard dodavatele Mercedes-Benz. Dopravce požádal o vyřazení daného produktu ze seznamu těch, které budou vybrány k dalšímu podrobnějšímu zkoumání, a to i v případě, že 54 % vozidel ve flotile jsou značky Mercedes-Benz, které jsou již vybaveny vozidlovou jednotkou Fleetboard z výroby. Argumentem k tomu bylo, že dopravce upřednostňuje individuální řešení, která by byla přizpůsobena specifikacím provozu firmy a pokrývala veškeré jeho požadavky na monitorovací systém. Dodavatel Mercedes-Benz nenabízí rozšíření funkcionality svého produktu podle požadavků.

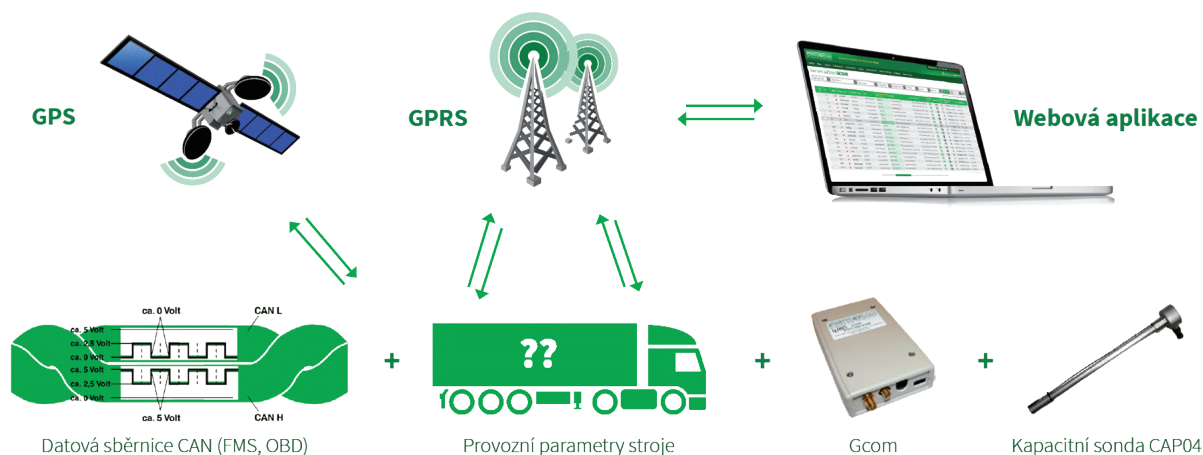
Při tvorbě seznamu produktů, ze kterého bude vybírán monitorovací systém pro daného dopravce, bylo dále zohledněno, že pokud některý z požadavků dopravce momentálně není splněn, ale dodavatel je schopen svůj produkt přizpůsobit požadovaným charakteristikám, systém bude do daného seznamu zařazen. Také byly zařazeny produkty dodavatelů, které mají frekvence vysílání do 1 min. V podkapitolách 2.3 až 2.7 budou jednotlivé produkty zařazené do seznamu podrobněji představeny.

2.3 Systém RMC

Dodavatel Partner mb, s.r.o. se zabývá vývojem, výrobou a servisem systému RMC pro dálkový monitoring strojů a vozidel. Společnost má dobrou reputaci a její výrobky jsou využívány firmami po celé Evropě. Mezi zákazníky patří velký dopravce JP Spedition & Transport, s.r.o. a stavební firma EUROVIA Services, s. r. o. [23].

RMC systém umožňuje provádět monitoring vozidel v reálném čase a zobrazovat získaná data na portálu firmy. Princip fungování systému je analogií způsobu fungování většiny monitorovacích systémů a je znázorněn na obrázku 8. Sledování spočívá ve sběru provozních parametrů u nákladních vozidel z FMS rozhraní a různých snímačů (např. kapacitní sondy CAP04) zařízením Gcom. Jednotka Gcom obsahuje GPS modul, který poskytuje informace ze satelitů, a GSM modul, který v určených časových intervalech posílá data pomocí GPRS spojení z vozidla na centrální server. Uživatel používá své přihlašovací údaje, získává přístup k datům na serveru přes webovou aplikaci. Podle požadavků uživatele

system je schopen vygenerovat přehledy za definované období a také existuje možnost exportování dat do firemních systémů [23].



Obrázek 8: Princip fungování systému RMC

Zdroj: [23]

Dodavatel Partner mb, s.r.o. ochotně poskytl podrobné informace ohledně způsobů načítání dat a doplňujících služeb, které zahrnuje firemní řešení vozidlového monitorovacího systému.

Aktivace jednotky může být prováděna dvěma způsoby. První varianta spočívá v aktivaci při zapnutí zapalování. Druhým způsobem je připojení jednotky k externímu napájení, při kterém jednotka bude stále aktivní. Poslední variantu je vhodné použít v návaznosti na požadavek dopravce na sledování aktivace nezávislého topení, které může být použito při vypnutém zapalování. Potřebná data o spotřebě paliva v průběhu topení lze získat z výpočtu, který vychází z průměrných hodnot spotřeby za určitý čas.

Požadavek na identifikaci návěsů lze vyřešit několika způsoby. Prvním je umístění čtečky RFID na vozidle a čipu na návěsu. Toto řešení dodavatel považuje za méně spolehlivé. Dalším řešením, které nabídla firma Partner mb, je propojení jednotky Gcom s čipem na návěsu kabelem. Každé připojení návěsu vyžaduje od řidiče připojení konektoru kabelu, což by nemělo způsobit problémy vzhledem k tomu, že u dopravce návěsy jsou přiřazené k tahačům trvale.

Identifikace sklopení návěsu lze provést v rámci RMC systému také několika způsoby. Nejjednodušším je získání signálu z tlačítka umístěného v kabině řidiče. Složitější variantou, kterou nabízí firma Partner mb, je instalace náklonového čidla pod návěs nebo tlakové čidlo.

Sbíraná data lze z vozidel načítat s četností 1 min. Webové rozhraní firmy umožňuje nastavit jednotlivá práva uživatelů RMC systému, přístup k datům a jejich export na server klienta.

Vozidlovou jednotku Gcom lze následně používat pro jiná vozidla a také provádět aktualizaci softwaru. Dodavatel Partner mb umožňuje zkušební provoz systému RMC na 1-2 vozidlech dopravce, což by mohlo pomoci odhalit veškeré úskalí a výhody systému.

Dodavatel deklaruje, že jeho RMC systém ušetří až 30 % nákladů z provozu vozidlového parku. [23]

Celkové náklady na monitorovací systém RMC jsou uvedeny v následující tabulce 2.

Tabulka 2: Náklady na pořízení a provoz monitorovacího systému RMC

PARTNER mb – RMC	Cena / ks
Pořizovací náklady	
Základní cena jednotky	7 490
FMS konektor + PIN	500
Bezkontaktní čtečka CAN sběrnice	1 000
Čtečka a čip pro indikaci návěsu	360
Záložní akumulátor	1 300
Celková cena zařízení	10 650
Montáž jednotky	2 500
Instalace čtečky a čipu pro indikace návěsu	800
Celková cena za montáž	3 300
Provozní náklady	
Základní monitoring + Vyhodnocení stylu řízení řidiče	320
Vzdálené čtení tachografu a karty řidiče, náhled na řidiče dle nařízení 561 (AETR), pro tachografy VDO	140
Celkový měsíční poplatek	460

Zdroj: autor, s použitím dat z [23]

2.4 Systém WebEye

Maďarský dodavatel WebEye nabízí komplexní řešení v oblastech monitorovacích systémů pro firmy s vozidlovým parkem. Při mailové komunikaci s prodejcem (dodavatel má české sídlo v Brně) byla poskytnuta podrobná informace o produktu a službách, které dodavatel nabízí. Tento systém je univerzální a firma dokáže namontovat zařízení a monitorovat vozidla nejrozličnějších výrobců.

Vozidlová jednotka načítá data a následně je přenáší v tuzemsku s frekvencí 15 s, v zahraničí pak 60 s. Řešení, které firma nabízí, je kompatibilní s různými dispečerskými aplikacemi, v případě potřeby je možné provést integraci do vlastního systému – firma má svůj tým IT specialistů [21].

Aplikace WebEye eTACHOGRAPH pomáhá sledovat doby řízení řidičů. Funkce eCONTROL kontroluje pracovní doby řidičů a informuje dispečera v případě, že řidič porušil pravidla o povoleném času jízdy a nařízené době odpočinku. Tuto informace lze využívat i při plánování a přidělení jízd řidičům, tím způsobem zvýšit efektivitu a eliminovat zpoždění při přepravě [21].

Jednotka WebEye je schopná načítat data z CAN sběrnice a předávat informace v reálném čase o aktuálním stavu vozidla. Tímto způsobem lze stanovit spotřebu paliva vozidlem. Firma nabízí a jiné možnosti, například instalaci průtokoměru do systému přívodu paliva nebo hladinoměru pro měření úrovně hladiny paliva v nádrži vozidla. Systém poskytuje informace o stylu jízdy řidiče, použití systému pro regulaci rychlosti, pozici plynového pedálu, provozních hodinách. Tato informace by měla umožnit snížení nákladů spojených s neefektivním řízením řidičů [21].

Systém umožňuje provádět monitorování vozidla a stanovit, zda je vozidlo v pohybu, volnoběžné otáčky, rychlost, polohu a směr pohybu.

Identifikace řidiče může být uskutečněna pomocí ručního zadávání dat. Další variantou je bezkontaktní, automatická identifikace pomocí karty řidiče nebo čipu. Systém také umožňuje instalaci přepínače typu jízdy.

Systém WebEye obsahuje funkce identifikace návěsu a instalovaná zařízení signalizují jejich připojení a odpojení.

Data přicházející z vozidla jsou klientovi k dispozici v předem určené formě. Formát poskytování dat je koordinován s klientem. V případě, že informace získaná z databáze systému WebEye již odpovídají struktuře požadavků uživatele, pak je mohou zákazníci volně používat a integrovat do svého vlastního systému.

Systém poskytuje informace o sklápění návěsu, místě, času a četnosti sklápění pro sledování naplánovaných úloh.

Existuje možnost kontroly zapnutého topení v kabině řidiče při stání.

Další službou firmy WebEye je schopnost plánovat trasy a výběr nejlepší trasy pro vozidlo. Systém eviduje trasy a jejich účely, jakož i rozložení mezi vozidly pro zjednodušení procesu plánování.

V případě zájmu firma WebEye doporučuje bezplatné vyzkoušení jejich řešení na 2 vozidlech po dobu 2 měsíců – v rámci instalace tzv. testu jsou k dispozici všechny služby v maximálním rozsahu a zákazník má dostatek času se správně rozhodnout a vyhodnotit, které informace jsou pro něj důležité i přínosné.

Dodavatel deklaruje, že využití jich produktu pomůže až o 5–12 % snížit náklady na pohonné hmoty a dokáže prodloužit životnost vozidel a v průměru o 15–20 % mohou snížit náklady na servis vozidel [21].

Tabulka 3 obsahuje informace o veškerých nákladech spojených s pořízením a provozem monitorovacího systému WebEye.

Tabulka 3: Náklady na pořízení a provoz jednotky WebEye

WebEye	Cena / ks
Pořizovací náklady	
Základní cena jednotky	3 850
Čtečka čipu Dallas pro identifikaci řidiče	1 285
Čtečka a čip pro indikaci návěsu	1 735
Externí akumulátor	2 100
Celková cena zařízení	8 970
Montáž jednotky	1 285
Instalace čtečky a čipu pro indikaci návěsu	2 215
Celková cena za montáž	3 500
Provozní náklady	
Základní monitoring	230
Monitorování dalších požadovaných parametrů včetně dat z tachografu	260
Celkový měsíční poplatek	490

Zdroj: autor, s použitím dat z [21]

2.5 System All4car

Český dodavatel All4car, s.r.o. nabízí komplexní služby v oblasti monitorování vozidlových parků. Firma disponuje několika variantami jednotek, které se liší funkcionalitou. Vozidlová jednotka PROFI nejvíc odpovídá požadovaným charakteristikám. Obchodní ředitel dodavatele odpověděl na položené dotazy ohledně funkcionality produktu a konstatoval, že nabízené monitorovací jednotky dokážou splnit veškeré požadované dopravní funkce až na jednu. Konkrétně se jedná o identifikaci přípojného vozidla. Jednotka dokáže identifikovat jen to, zda je přípojné vozidlo přivěšeno či nikoliv, ale nedokáže zjistit o jaké konkrétní se jedná.

Jednotka umí načítat data z vozidel různých značek, ale jediným omezením je stáří vozidel. Pokud se jedná o velmi stará vozidla bez řídicí elektroniky, nedokáže sledovat všechny požadované parametry. V případě vozidlové flotily dopravce tato omezení nejsou aktuální.

Vozidlová jednotka PROFI sbírá data každých 30 sekund. Obchodní ředitel tvrdí, že z praxe bylo stanoveno, že je to plně dostačující a zkrácení intervalu žádný další efekt pro zákazníka podle jeho názoru nepřináší.

Monitorovací systém dodavatele All4car umožňuje propojení s jiným systémem. Nicméně, jedná se o individuální záležitost, kdy je zapotřebí se přesně dohodnout, která data pro svůj systém dopravce potřebuje.

Jednotka vede elektronickou knihu jízd s možností dodatečných úprav, včetně exportu do různých tiskových formátů. Data obsažená v sběrnice CAN bus se sbírají pomocí FMS rozhraní. Evidence čerpání PHM je možné z platebních tankovacích karet.

System informuje o potřebě provést údržbu u jednotlivých vozidel, např. pravidelnou prohlídku nebo STK.

Monitorovací systém znázorňuje veškeré sbírané údaje přes webové rozhraní dodavatele. Aktuální polohy vybraných vozidel nebo všech současně jsou zobrazeny na mapových podkladech Google.

Dodavatel tvrdí, že zavedením monitorovacího systému All4car lze uspořit na každém vozidle až 30 % nákladů [19].

Celkové náklady na monitorovací systém obsahuje tabulka 4.

Tabulka 4: Náklady na pořízení a provoz monitorovacího systému All4car – PROFIT

All4car – PROFIT	Cena / ks
Pořizovací náklady	
Základní cena jednotky	4 990
Externí akumulátor	450
IO převodník CAN bus	4 500
Čtečka čipů	350
Celková cena zařízení	10 290
Montáž zařízení	1 200
Celková cena za montáž	1 200
Provozní náklady	
Měsíční paušály	200
Celkový měsíční poplatek	200

Zdroj: autor, s použitím dat z [19]

2.6 Systém GPS Dozor

GPS Dozor je firma, která nabízí satelitní sledování všeho, co je v pohybu – vozidla, stavební stroje, zemědělská technika, zásilky, osoby a zvířata.

Při osobním setkání s firmou byla poskytnuta podrobná informace o systému GPS Dozor a možná řešení, která by pokrývala požadavky dopravce. Díky individuálnímu přístupu produkt dodavatele využívají firmy Pilsner Urquell, Ikea, Alza.cz, Icom transport a další [24].

Základní funkce telematického systému GPS Dozor je automatická evidence elektronické knihy jízd, která je akceptovaná finančními úřady. Soubory s daty lze exportovat do různých formátů a umožnit přístup více uživatelům. Existuje možnost vytváření reportů a statistik jak pro jednotlivá vozidla, tak pro řidiče. Naměřená data jsou k dispozici přes rozhraní API, odkud dopravce může stáhnout a použít vše, co bude ke své činnosti potřebovat [24].

Vozidlová jednotka GPS Dozor po připojení pomocí převodníku ke sběrnice CAN umožňuje sbírat takovou informace jako aktuální spotřeba, stav palivové nádrže, rychlost, otáčky motoru, stav tachometru, aktivace zapalování, plynový pedál.

K identifikaci řidiče a informací o době jeho jízdy a dodržování přestávek firma nabízí své služby s dálkovým digitálním vytahováním dat z již existujícího tachografu jednou za měsíc nebo, v případě potřeby, každodenně. Jedná se o digitální soubory ve formátu ".ddd ". Rozpoznání řidičů poskytuje další možnost nastavení vozidlové jednotky čtečkou identifikačních čipů Dallas nebo RFID.

Sledování aktivace nezávislého topení jednotka umožňuje, jelikož obsahuje vlastní zdroj napájení, který je schopen sbírat data v intervalu 2-3 dny.

Vozidlová jednotka sleduje a posílá v reálném čase informace o aktuální poloze s přesností cca 2 metry.

Systém obsahuje službu upozornění na zvolené události, kterými mohou být připomenutí výměny oleje po ujetí určité vzdálenosti, termíny kontroly na STK.

Veškeré informace o vozidlech jsou dostupné na portálu po přihlášení do systému. Interaktivní mapa poskytuje rychlý přehled o aktuální situaci.

Zařízení obsahuje interní paměť pro případ, kdy se vozidlo nachází mimo signál GSM. Kapacita paměti postačuje pro uložení dat při pohybu vozidla na vzdálenost cca 3000 km.

Sledování dat o sklopení návěsu a identifikace přípojného vozidla jsou nadstandardní, systém GPS Dozor zatím není schopen dané funkce plnit. Ale firma GPS Dozor je ochotna navrhnout individuální řešení, bude však potřeba dodatečný vývoj, nicméně tým programátorů dodavatele je na tento typ požadavků připraven. Projekt bude pilotní a v tom

duchu je potřeba zohlednit i technickou a časovou realizaci. V dalších fázích je navrhováno testování produktu na vozidlech zákazníka, na kterém se dopravce ujistí, zda produkt dodavatele GPS Dozor je schopen splnit všechny funkce, které požaduje.

Při nákupu nových vozidel lze jednotky demontovat ze starých vozidel a namontovat na nová vozidla bez komplikací.

Interval mezi okamžikem odesílání dat vozidlovou jednotkou na server do zobrazení informace na portálu standardně je 3 až 5 minut. Individuální řešení jednotky bude mít častější frekvence – každých 30 sekund, jak požaduje zákazník, ale bude to ovlivňovat výši ceny.

Jednotky GPS Dozor mají záruku 2 roky, problémy se řeší dálkově nebo přímou výměnou jednotky.

Dodavatel deklaruje, že využití jejich produktu může přivést k ušetření v průměru 20 % nákladů na vozidlový park [24]. Celkové náklady na provoz a nákup monitorovacího systému GPS Dozor jsou představeny v tabulce 5.

Tabulka 5: Náklady na pořízení a provoz monitorovacího systému GPS Dozor

GPS Dozor	Cena / ks
Pořizovací náklady	
Základní cena jednotky	5 900
Poplatek za aktivaci systému	499
CAN adaptér	1 600
Identifikační přijímač pro přípojné vozidlo	500
Identifikační vysílač	500
Celková cena zařízení	8 999
Montáž zařízení	2 000
Celková cena za montáž	2 000
Provozní náklady	
Měsíční paušály	200
Celkový měsíční poplatek	200

Zdroj: autor, s použitím dat z [24]

2.7 Shrnutí výsledků analýzy trhu

Výsledky provedené analýzy trhu monitorovacích systémů jsou uspořádány v tabulce č 6. V této tabulce jsou uvedeny 4 varianty monitorovacích systémů. Vybrané produkty pokrývají skoro všechny požadavky dopravce. Rozdíly jsou ve způsobu načítání některých provozních

parametrů, například aktuální spotřeby paliva, identifikace návěsu a detekce jeho sklopení. Další rozdíl mezi monitorovacími systémy jsou ve frekvencích vysílání dat vozidlovou jednotkou na server.

Tabulka 6: Srovnání jednotlivých produktů

Požadavky		Monitorovací systémy podle dodavatelů			
		PARTNER mb	WebEye	GPS Dozor	All4Car s.r.o.
Funkční	aktivní/neaktivní zapalování	CAN/FMS	CAN/FMS	CAN/FMS	CAN/FMS
	aktivace nezávislého topení	vlastní zdroj napájení	vlastní zdroj napájení	vlastní zdroj napájení	vlastní zdroj napájení
	určení spotřeby paliva	CAN/FMS, tankovací karty, palivová sonda	CAN/FMS, průtokoměr, hladinoměr	CAN/FMS	CAN/FMS, tankovací karty
	otáčky motoru	CAN/FMS	CAN/FMS	CAN/FMS	CAN/FMS
	identifikace řidiče	z čipu, karty řidiče	z čipu, karty řidiče	z čipu, karty řidiče	z čipu, karty řidiče
	doba jízdy/doby přestávek	z karty řidiče a tachografu	z karty řidiče a tachografu	z karty řidiče a tachografu	z karty řidiče a tachografu
	identifikace sklopení návěsu	signál z tlačítka, náklonové nebo tlakové čidlo	signál z tlačítka	nemá, ale jsou schopni navrhnout řešení	signál z tlačítka
	identifikace návěsu	RFID, kabel	RFID	neumí, ale jsou schopni navrhnout řešení	pouze identifikace, zda je připojen
	informace z GPS (rychlost, poloha, ujetá vzdálenost)	ano	ano	ano	ano
	parametry vozidla (registrační značka, VIN, rok výroby)	ano	ano	ano	ano
Pohodlí použitelnosti	údržba/servis vozidel	ano	ano	ano	ano
	reporty a statistiky	ano	ano	ano	ano
	reprezentace dat	webové rozhraní	webové rozhraní	webové rozhraní	webové rozhraní
Spolehlivost	jednoduchost exploatace	ano	ano	ano	ano
	vlastní zdroj napájení	ano	ano	ano	ano
	interní paměť	ano	ano	ano	ano

Výkon	frekvence vysílání dat v ČR	1 min	15 s	30 s	30 s
Podporovatelnost	zákaznická podpora	ano	ano	ano	ano
	kompatibilita se současným tachografem	ano	ano	ano	ano
Dodatečné „+“	bezpečné napojení na CAN	ano	ano	ano	ano
	odolnost vůči okolí	ano	ano	ano	ano
	jednotnost nasazení	ano	ano	ano	ano

Zdroj: autor, s použitím dat z [19], [21], [23], [24]

V následující kapitole bude vhodnost všech typů monitorovacích systémů uvedených v tabulce č. 6 porovnána metodou vícekriteriální analýzy a bude doporučeno pořadí vhodnosti jejich pořízení pro daného dopravce.

3. Úloha vícekriteriálního hodnocení variant

Pro výběr nejvhodnější varianty monitorovacího systému bude použit model vícekriteriální analýzy, konkrétně se bude jednat o metodu vícekriteriálního hodnocení variant (VHV). Při výběru z existujících variant se snažíme vybrat variantu, která nejvíce vyhovuje, čímž maximalizujeme užitek z definovaných variant.

Pod rozhodovacím procesem se rozumí výběr z několika variant, nejméně dvou, které se počítají za přípustné neboli potenciálně realizovatelné. Tento předpoklad je v případě řešeného problému splněn tím, že všechny vybrané monitorovací systémy pokrývají skoro všechny provozní požadavky dopravy.

Obecný teoretický postup spočívá v tom, že se definují hodnotící kritéria a podle zvolené metody řešení (výběru) se vypočítají váhy jednotlivých hodnotících kritérií. Vypočítané váhy by měly zohledňovat preference rozhodovatele, přičemž rozhodovatelem se rozumí konečný uživatel.

3.1 Obecný algoritmus řešení úlohy VHV

Obecný postup řešení VHV lze formulovat v několika následujících krocích [26]:

1. Identifikace rozhodovacích problémů.

Na začátku je potřeba provést rozbor informací, které má rozhodovatel k dispozici týkajících se objektu rozhodování a jeho okolí, a na základě toho definovat problém, který se musí vyřešit.

2. Analýza a formulace problémů.

Jedná se o podrobnější zkoumání problému, zjištění jeho původu a specifikace cílů řešení. Výstupem daného kroku je formulace rozhodovacího problému.

3. Stanovení kritérií hodnocení variant.

Definování hodnotících kritérií, které budou sloužit k posuzování variant řešení. Zároveň se v tomto kroku provádí stanovení vah jednotlivých hodnotících kritérií.

4. Tvorba variant řešení problémů.

Tento krok je věnován nalezení variant řešení, které splní cíle rozhodování.

5. Stanovení důsledků variant.

Odhad dopadů jednotlivých variant.

6. Hodnocení variant rozhodování.

Proces hodnocení variant, výběr optimální varianty a v případě potřeby uspořádání variant podle jejich vhodnosti.

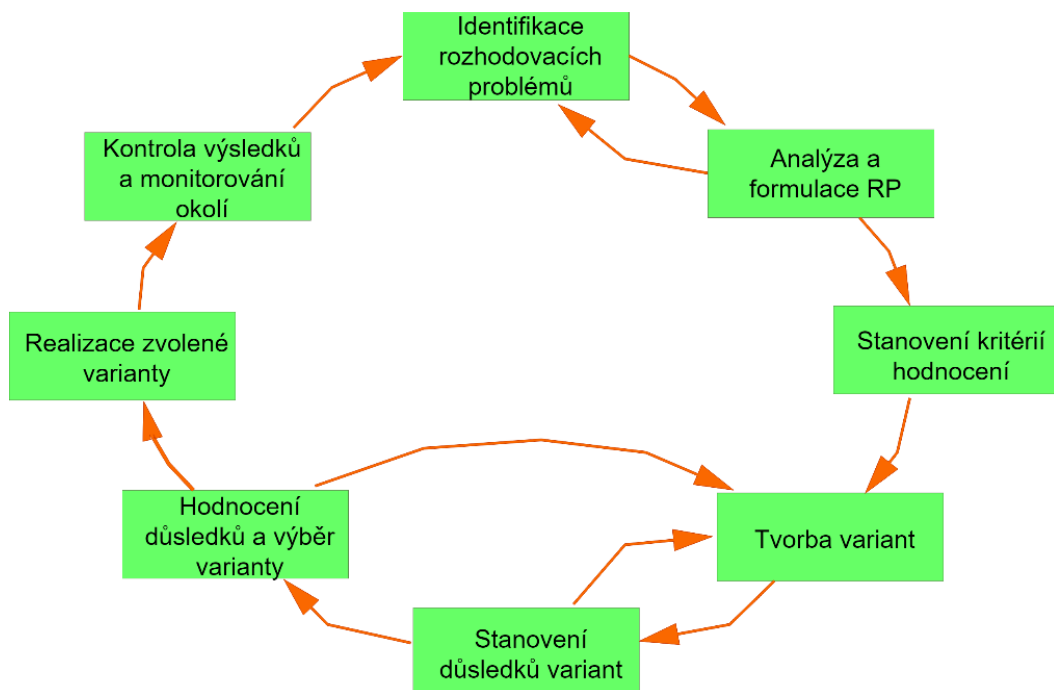
7. Realizace zvolené varianty.

Implementace vybrané varianty a použití podle účelu.

8. Kontrola výsledků zvolené varianty.

Poslední krok slouží k posouzení varianty z pohledu plnění svých funkcí a účelu, a stanovení odchylek od plánovaných výsledků.

Na obrázku 9 je uveden obecný algoritmus řešení úlohy VHV včetně vyznačení zpětnovazebních reakcí.



Obrázek 9: Schéma rozhodovacího procesu

Zdroj: autor, s použitím dat z [26]

V následujícím textu budou podle publikací [26], [27] vybrané prvky rozhodovacího procesu blíže charakterizovány.

- **Cíl rozhodování**

Cílem je stanovený stav, kterého chceme ve výsledku dosáhnout. Cíl může být jak jeden, tak několik, a cíle mohou mít jak kvalitativní, tak i kvantitativní vyjádření.

Cílem rozhodování může být požadavek na výběr jedné nebo i více variant s nejlepším ohodnocením podle všech kritérií, uspořádání variant nebo jejich klasifikace.

- **Kritéria rozhodování**

Rozhodovatel stanovuje hlediska, která bude používat k porovnání variant, jedná se o hlediska vedoucí k uskutečnění stanovených rozhodovacích cílů. Proto jsou kritéria nejčastěji odvozená od cílů. Jednotlivá kritéria si lze nejlépe představit ve tvaru kritériální funkce f , která přiřazuje stanoveným variantám hodnoty. Kritériální funkce se rozdělují na maximalizační a minimalizační. Závislost výběru typu funkce je na tom, zda preferujeme vyšší nebo nižší hodnoty. Počet kritérií, podle kterých probíhá hodnocení variant, se značí k . Potom F reprezentuje množinu kritériálních funkcí a zapisuje se symbolicky následovně:

$$F = \{f_1, f_2, \dots, f_k\}.$$

Kritéria se rozlišují, analogicky jako cíle, na kvalitativní a kvantitativní. Hodnotící kritéria mohou mít různé jednotky, ale podstatným faktorem je možnost jejich následné transformace na srovnatelné jednotky.

- **Variety rozhodování**

Variety stanovují možný způsob jednání rozhodovatele k uskutečnění předem stanovených cílů. U diskretních množin variant jejich počet je konečný. Z povahy výsledků uvedených v předchozí kapitole vyplývá, že v případě problému řešeného v diplomové práci se bude jednat o diskretní typ modelu. Když A reprezentuje množinu p variant, potom se pro formální zápis použije následující symbolika:

$$A = \{a_1, a_2, \dots, a_p\}.$$

- **Důsledky rozhodování**

Jsou to dopady výběru variant na objekt rozhodování s ohledem na přípustné hodnoty kritérií.

- **Subjekt rozhodování**

Subjektem je rozhodovatel, který provádí výběr variant. Rozhodovatelem může být jedna osoba nebo skupina osob (zpravidla se vztahem k řešenému problému).

- **Objekt rozhodování**

Je chápán jako oblast, ke kterému se vztahuje dané rozhodování, formulují se problémy a definují se cíle.

- **Stavy světa**

Rozumí se jako budoucí vzájemně se vylučující situace, ke kterým může dojít při volbě varianty a které ovlivňují důsledky této varianty vzhledem k některým hodnotícím kritériím.

Pro úlohu VHV lze zapsat diskretní model rozhodování s k kritérii následujícím způsobem [27]:

$$\begin{aligned} & (f_1(a_j), f_2(a_j), \dots, f_k(a_j)) \rightarrow \text{"max"} \\ & a_j \in A = \{a_1, a_2, \dots, a_p\}. \end{aligned}$$

Hodnocení variant $i = 1, 2, \dots, p$ podle jednotlivých kritérií $j = 1, 2, \dots, k$ lze nejlépe vyjádřit pomocí kritériální matice Y , přičemž každý její prvek y_{ij} vyjadřuje hodnotu kritéria $j = 1, 2, \dots, k$ pro variantu $i = 1, 2, \dots, p$ [28]:

$$\begin{array}{c} \\ a_1 \\ a_2 \\ \vdots \\ a_p \end{array} \begin{array}{cccc} f_1 & f_2 & \dots & f_k \\ \left[\begin{array}{cccc} y_{11}, & y_{12}, & \dots, & y_{1k} \\ y_{21}, & y_{22}, & \dots, & y_{2k} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ y_{p1}, & y_{p2}, & \dots, & y_{pk} \end{array} \right] \end{array}$$

Standardní tvar úlohy předpokládá převedení všech kritérií na maximalizační typ.

V případě, že kritéria sledují protichůdné cíle (např. co nejlepší parametry za co nejnižší cenu), potom se zpravidla upouští od požadavku na vyhledání optimální varianty (výše ceny totiž reflektuje kvalitu parametrů) a hledá se kompromisní varianta, která je nejbližší vzdálená od ideální varianty (reprezentovaná vektorem nejlepších kritériálních hodnot) a nejdále od bazální (nejhorší, všechny hodnoty kritérií jsou na nejnižší úrovni) [27].

3.2 Modelování preferencí rozhodovatele

Preference rozhodovatele jsou velmi podstatnou částí modelu. Z toho důvodu je potřeba provést jejich modelování. Týká se to za prvé modelování preference mezi kritérii (jaká kritéria rozhodovatel upřednostňuje), za druhé modelování preference mezi variantami z pohledu stanovených kritérií [27].

3.2.1 Modelování preferencí mezi kritérii

Rozhodovatel při hodnocení kritérií kvantifikuje jejich důležitost podle vah kritérií, které lze představit ve tvaru váhového vektoru [27]:

$$v = (v_1, v_2, \dots, v_k), \quad \sum_{i=1}^k v_i = 1, \quad v_i \geq 0.$$

Kritéria s větší důležitostí mají větší váhu, méně významná kritéria potom nižší váhu. Pro jednodušší proces porovnání kritérií se váhy normují takovým způsobem, aby se jejich součet se rovnal jedné.

Ke stanovení vah kritérií existují nástroje, které tento proces usnadňují. V následující podkapitole je podrobně popsán algoritmus metody postupného rozvrhu vah, která byla

zvolena jako vhodná pro daný rozhodovací problém. Na začátku řešení se kritéria rozdělí do skupin podle příbuznosti jejich věcné náplně. Vhodnost výběru metody postupného rozvrhu vah pro stanovení preferencí mezi kritérii je možno podpořit dvěma důvody. Za první, daná metoda je vhodná pro hodnocení kritérií, která se liší obsahově. Posuzují se váhy skupin a také váhy kritérií, která jsou si velmi blízké, což znamená pokles náročnosti procesu rozhodování. Za druhé, vyšší počet kritérií v jednotlivých skupinách nepřivede rozhodovatele k neoprávněně vyšším vahám těchto kritérií.

3.2.1.1 Metoda postupného rozvrhu vah

1. Na začátku je potřeba stanovit váhy skupin kritérií. K tomu se používají jednodušší metody stanovení vah kritérií, například Bodovací metoda, Metoda pořadí nebo Metoda alokace 100 bodů.
 - a. Bodovací metoda spočívá v tom, že se stanovuje bodovací stupnice a každému kritériu se přiřazuje hodnota, která patří do dané stupnice. Výběr stupnice závisí na vztahu nejvíce a nejméně významného kritéria. Pokud se jedná o nižší rozlišovací schopnosti, lze zvolit například pětibodovou stupnice (1,2,3,4,5). Jinak se volí stupnice s větším rozpětím. Čím větší významnost kritéria, tím větší počet bodů se mu přiděluje. Rozhodovatel může přidělit kritériím stejné hodnoty [26].
 - b. Metoda pořadí je založena na tom, že uspořádaným kritériím se přiřazují body $k, k - 1, \dots, 1$, kde k je celkový počet kritérií. Největší počet bodů k bude mít nejdůležitější kritérium, druhé nejvýznamnější kritérium bude mít přiděleno $k - 1$ bodů, a dále se postupuje analogicky s tím, že nejméně důležitému kritériu bude přidělen 1 bod [26].
 - c. Metoda alokace 100 bodu je podobná Bodovací metodě, jenž se používá 100 bodová stupnice. V průběhu hodnocení rozhodovatel musí vyčerpat vše 100 bodů [26].

Po využití jedné z metod stanovení vah je potřeba provést normalizaci, tzn. součet vah skupin se musí rovnat jedné.

2. Dalším krokem je určení vah každého kritéria v jednotlivých skupinách. Lze k tomu využít také jednu z výše uvedených metod. V rámci každé skupiny je potřeba opět zajistit, aby váhy kritérií v dané skupině byly normované.
3. Na konci metody se váhy jednotlivých kritérií roznásobují s váhami skupiny, do které kritérium patří.

Výsledné váhy by měly být také v normovaném tvaru, tzn. jejich součet se musí rovnat jedné [26].

3.2.2 Modelování preferencí mezi variantami

Metod pro modelování preferencí mezi variantami je opět značné množství. Výsledkem by mělo být konečné stanovení kompromisní varianty. Vzhledem k tomu, že jednotlivé metody mají různé postupy, konečná řešení mohou se lišit. Velký vliv na konečný výsledek mají váhy kritérií.

Výběr vhodné metody k hodnocení variant je závislý na typu kritérií použitých k posuzování a množství dostupné informace o objektu rozhodování. Pokud hodnotící kritéria jsou kvalitativního typu, počet vhodných metod je omezen. Jejich převedení na kvantitativní typ, pomocí zavedení speciálních stupnic, však umožňuje tento seznam metod rozšířit.

Dále budou popsány tři metody pro hodnocení variant. První je jednoduchá metoda váženého součtu. Výhodou metody, ve srovnání s jinými metodami, které patří do skupiny jednoduchých, je to, že má nižší subjektivitu stanovení dílčích ohodnocení variant vzhledem ke kvantitativním kritériím. Metoda je srozumitelná a není náročná na uživatele. Druhá zvolená metoda je TOPSIS, která je založena na principu vzdálenosti od fiktivní varianty. Metoda TOPSIS je vhodná pro úlohy s kritérii kvantitativního typu, tzn. vyžaduje převedení všech kritérií na kvantitativní typ. Hlavní výhodou této metody je vyšší validita hodnocení. Poslední uplatněnou metodou je AHP (Analytic Hierarchy Process), která spočívá v párovém srovnání variant. Výhodou dané metody je možnost hodnocení variant v úlohách s kvantitativními a kvalitativními kritérii. Pro vyjádření preferencí lze využít verbální stupnici, což je vhodné při porovnání variant podle kvalitativních kritérií. Metoda zaručuje vyšší validitu hodnocení ve srovnání s jednoduchými metodami stanovení vah variant [26].

3.2.2.1 Metoda váženého součtu

Metoda může být známá také pod anglickým ekvivalentem Weighted Sum Approach (WSA). Metoda vychází z principu maximalizace užitku. Základem metody je konstrukce lineární funkce užitku na stupnici od 0 do 1. Užitek jednotlivých variant podle vybraného kritéria může přijímat hodnoty:

- 0 – nejhorší varianta,
- 1 – nejlepší varianta,
- (0; 1) – interval pro ostatní varianty.

Jinak řečeno, metoda vyžaduje převedení všech prvků y_{ij} vstupní kritériální matice na jiné hodnoty y_{ij}' , které reprezentují užitek varianty X_i při hodnocení podle kritéria Y_j . Pokud se jedná o maximalizační kritérium, pak se hodnoty y_{ij}' lze získat podle vzorce:

$$y_{ij}' = \frac{y_{ij} - D_j}{H_j - D_j}, \quad i = 1, 2, \dots, p, j = 1, 2, \dots, k, \quad (1)$$

kde H_j nejvyšší (při maximalizaci nejlepší), D_j je nejnižší (při maximalizaci nejhorší) hodnota kritéria Y_j . V případě minimalizačního kritéria se vztah (1) mění na tvar:

$$y_{ij}' = \frac{H_j - y_{ij}}{H_j - D_j}, \quad i = 1, 2, \dots, p, j = 1, 2, \dots, k. \quad (2)$$

Varianta X_i dále definuje celkový užitek, který se rovná váženému součtu dílčích užiteků jednotlivých kritérií, tedy:

$$u(X_i) = \sum_{j=1}^k v_j y_{ij}', \quad i = 1, 2, \dots, p, j = 1, 2, \dots, k. \quad (3)$$

Na konci metody se jednotlivé varianty uspořádají sestupně podle hodnot celkového užtku $u(X_i)$ [28].

3.2.2.2 Metoda TOPSIS

Princip metody spočívá v minimalizaci vzdálenosti od ideální (nejlepší) varianty a maximalizaci vzdálenosti od bazální (nejhorší) varianty. Podmínkou je maximalizační typ všech použitých kritérií. Při existenci požadavku na minimalizační typ kritérií, je potřeba je převést do normovaného stavu. Algoritmus metody TOPSIS je následující [28]:

1. Vstupní prvky y_{ij} se přepočítávají na hodnoty r_{ij} podle vztahu:

$$r_{ij} = \frac{y_{ij}}{(\sum_{i=1}^n y_{ij}^2)^{1/2}}, \quad i = 1, 2, \dots, p, j = 1, 2, \dots, k. \quad (4)$$

2. Vytvoří se vážená kritériální matice $W = (w_{ij})$, jejíž prvky se určí podle vztahu:

$$w_{ij} = v_j r_{ij}, \quad (5)$$

kde v_j bude váhou j -tého kritéria.

3. Dále je potřeba stanovit ideální variantu s kritériálními hodnotami (H_1, H_2, \dots, H_k) a bazální variantu s hodnotami (D_1, D_2, \dots, D_k) , pro které platí $H_j = \max_i(w_{ij})$ a $D_j = \min_i(w_{ij})$, kde $j = 1, 2, \dots, k$.

4. V dalším kroku se vypočítají vzdálenosti od ideální a bazální varianty s použitím vztahů (6) a (7):

$$d_i^+ = \left[\sum_{j=1}^k (w_{ij} - H_j)^2 \right]^{\frac{1}{2}}, \quad i = 1, 2, \dots, p, \quad (6)$$

$$d_i^- = \left[\sum_{j=1}^k (w_{ij} - D_j)^2 \right]^{\frac{1}{2}}, \quad i = 1, 2, \dots, p. \quad (7)$$

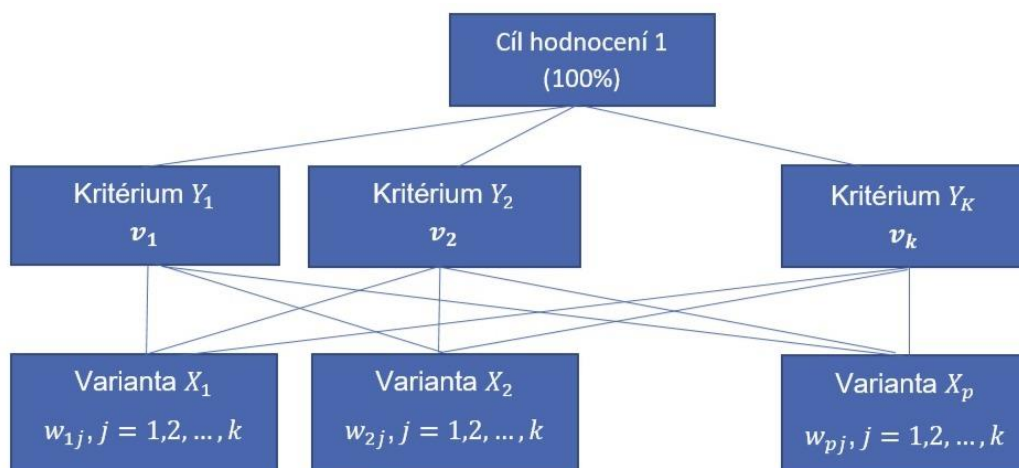
5. Posledním krokem metody je výpočet ukazatele c_i , kterým je relativní vzdálenost od bazální varianty:

$$c_i = \frac{d_i^-}{d_i^- + d_i^+}, \quad i = 1, 2, \dots, p. \quad (8)$$

Ukazatel c_i bude nabývat hodnot v intervalu $\langle 0, 1 \rangle$. Uspořádání variant lze provést sestupně podle hodnot c_i [28].

3.2.2.3 Metoda AHP

Metoda AHP je založena na porovnání prvků na jednotlivých úrovních hierarchické struktury. Příklad hierarchické struktury je znázorněn na obrázku 10.



Obrázek 10: Hierarchická struktura pro úlohu VHV

Zdroj: autor, s použitím dat z [28]

Struktura zahrnuje několik úrovní, přičemž každá z nich obsahuje několik prvků. Úrovně jsou uspořádány podle principu od obecného (nejvyšší úroveň) ke konkrétnímu (nejnižší úroveň). Prvky jsou propojeny určitými vazbami. Základní tvar struktury obsahuje 3 úrovně:

cíl rozhodování, kritéria hodnocení, varianty řešení. Intenzitu vztahů mezi prvky lze také vyjádřit numericky. Nejvyšší ohodnocení 100 % má přidělena nejvyšší úroveň. Jednotlivé prvky na nižší úrovni reprezentují váhy kritérií v_j , $j = 1, 2, \dots, k$. Stejně tak se rozdělují váhy kritérií na jednotlivá hodnocení variant z pohledu těchto kritérií – w_{ij} pro $i = 1, 2, \dots, p$, $j = 1, 2, \dots, k$, což odpovídá nejnižší úrovni. Při rozdělení vah musí být dodržováno pravidlo, že nic se nesmí ztratit a nic nesmí přibýt, matematicky vyjádřeno [28]:

$$\sum_{j=1}^k v_j = 1, \quad \sum_{i=1}^p w_{ij} = v_j, \quad j = 1, 2, \dots, k. \quad (9)$$

Způsob přidělení vah na každé úrovni je založen na párovém porovnání prvků. Tato metoda bude využita pouze pro stanovení vah jednotlivých variant, přičemž váhy kritérií budou stanoveny metodou postupného rozvrhu vah, která je popsána v kapitole 3.2.1. Při vytváření párových srovnání se používá Saatyho matice $S = s_{ih}$, $i, h = 1, 2, \dots, p$. Pro každé kritérium je potřeba sestavit Saatyho matici, ve které prvky s_{ih} této matice se interpretují jako odhady podílu ohodnocení i -té a h -té varianty vzhledem k danému kritériu [28]:

$$s_{ih} \approx \frac{w_i}{w_h}, \quad i, h = 1, 2, \dots, p. \quad (10)$$

Verbální stupnice pro vyjádření preferencí [28]:

- varianty X_i a X_h jsou stejně důležité ($s_{ih} = s_{hi} = 1$),
- varianta X_i je slabě preferovanější než X_h ($s_{ih} = 3$, $s_{hi} = 1/3$),
- varianta X_i je silně preferovanější než X_h ($s_{ih} = 5$, $s_{hi} = 1/5$),
- varianta X_i je velmi silně preferovanější než X_h ($s_{ih} = 7$, $s_{hi} = 1/7$),
- varianta X_i je absolutně preferovaná než X_h ($s_{ih} = 9$, $s_{hi} = 1/9$).

Dílčí váhy variant lze odhadnout jako geometrický průměr prvků v každém řádku matice S , který je normalizovaný takovým způsobem, aby součet jeho prvků se rovnal jedné. K řešení se používají následující vzorce [28]:

$$w'_i = \left(\prod_{h=1}^p s_{ih} \right)^{\frac{1}{p}}, \quad i = 1, 2, \dots, p, \quad (11)$$

$$w_i = \frac{w'_i}{\sum_{i=1}^p w'_i}, \quad i = 1, 2, \dots, p. \quad (12)$$

Následně tyto dílčí váhy w_i je potřeba násobit vahou příslušného kritéria.

Výpočet celkového užítku lze provést podle vzorce [28]:

$$u(X_i) = \sum_{j=1}^k w_{ij}, \quad i = 1, 2, \dots, p. \quad (13)$$

Celkové uspořádání jednotlivých variant je možné získat podle klesajících hodnot celkového užítku variant.

4. Aplikace metod VHV na řešený problém

V dané kapitole je aplikována metoda VHV na výběr monitorovacího systému pro vozidlovou flotilu vybraného dopravce.

4.1 Stanovení variant

V druhé kapitole diplomové práce byla provedena analýza trhu a ve výsledku byly stanoveny 4 varianty komerčních produktů – monitorovacích systémů, které jsou blízké k požadovaným charakteristikám, a které se tak dostaly do hodnocení. Připomeňme, že se jedná o monitorovací systémy RMC, WebEye, GPS Dozor, All4Car.

V rámci práce pozornost je věnována určení pořadí jednotlivých variant, z nichž vyplyne jedna kompromisní varianta.

4.2 Volba kritérií pro posuzování

Kritéria pro posuzování výhodnosti jednotlivých variant rozhodování jsou zvolena na základě požadavků dopravce. Do množiny kritérií nejsou zařazeny ty požadavky na monitorovací systém, které všechny vybrané produkty splňují a mají stejný způsob realizace (např. všichni dodavatelé mají zákaznickou podporu, všechny jednotky lze nasadit na všechna vozidla dopravce bez úprav, otáčky motoru každý produkt ze seznamu zjišťuje napojením na CAN/FMS). Vybraná kritéria k posuzování jsou znázorněna v tabulce 7.

Tabulka 7: Kritéria pro posuzování

Skupina	Podskupina	Jednotlivá kritéria	Jednotka	Typ
Ekonomická	Pořizovací náklady	Cena zařízení	Kč/kus	min
		Montáž	Kč/kus	min
	Provozní náklady	Měsíční poplatek	Kč/kus/měsíc	min
Technická	Funkcionalita	Určení spotřeby paliva	-	max
		Identifikace sklopení návěsu	-	max
		Identifikace návěsu	-	max
	Výkon	Frekvence odesílání dat	-	max

Zdroj: autor

Hodnotící kritéria zařazená do finálního výběru byla rozdělena do dvou základních skupin:

- Ekonomická kritéria

Daná skupina hodnotících kritérií obsahuje ještě dvě podskupiny – pořizovací náklady a provozní náklady. Do pořizovacích nákladů byly zařazena kritéria ceny zařízení a montáž systému. Pod cenou zařízení se rozumí cena jedné vozidlové jednotky a doplňujícího příslušenství. Vybrané produkty mohou obsahovat různá příslušenství, jelikož se odlišují ve způsobech načítání požadovaných provozních parametrů. Cena za montáž do vozidla se počítá včetně montáže veškerého příslušenství. Do provozních nákladů patří měsíční paušální poplatek za jednotku včetně provozu SIM-karty pro monitorování vozidel pouze na území ČR. Veškeré ceny jsou uvedeny bez DPH. Podrobnou informaci o cenách jednotlivých produktů lze najít v tabulkách 2, 3, 4, 5. Všechna kritéria, která patří do ekonomické skupiny lze zařadit ke kvantitativním kritériím, protože jsou snadno měřitelná a mají jednoznačný smysl pro rozhodovatele. Jedná se o kritéria minimalizačního typu, tzn. preferují se nižší hodnoty kritérií před vyššími.

- Technická kritéria

Do skupiny patří dvě podskupiny, jsou to funkcionalita a výkon.

Podskupina funkcionalita obsahuje požadavky na určení spotřeby paliva, identifikaci sklopení návěsu a identifikaci samotného návěsu. Kritéria, které patří do podskupiny funkcionalita jsou kvalitativní. Z toho důvodu budou k definování hodnot těchto kritérií použity speciální stupnice.

Podskupina výkon obsahuje požadavek na frekvenci vysílání načtených dat. Kritérium je kvantitativního typu, ale pro toto kritérium bude také použita speciální stupnice, což je spojeno s nelinearitou užiteků jednotlivých variant z pohledu daného kritéria. Speciální stupnice byla zvolena z toho důvodu, že frekvence vysílání dat vyšší než jednou za 30 s přináší pro dopravce stejný užitek a nepřidává produktu výhodu. Avšak užitek od produktu s četností vysílání nižší než 30 s úměrně klesá s rostoucím intervalem mezi jednotlivými odesíláními naměřených dat na server.

4.3 Stanovení vah kritérií

Stanovení vah kritérií bylo provedeno pomocí metody postupného rozvrhu vah. Podklady pro rozhodování dodal manažer dopravce, který podle postupu popsaného v kapitole 3.2.1.1 stanovil za první váhy pro každou skupinu kritérií s využitím metody alokace 100 bodů. Hodnocení probíhalo ve třech stupních: přidělení vah skupinám, dále podskupinám a následně jednotlivým kritériím v rámci těchto podskupin. Přidělené váhy jsou představeny v tabulce 8.

Tabulka 8: Přiřazené hodnoty kritérií, podskupin a skupin kritérií

Skupina kritérií	Hodnocení skupin kritérií	Podskupina kritérií	Hodnocení podskupin kritérií	Jednotlivá kritéria	Hodnocení kritérií
Ekonomická	40	Pořizovací náklady	50	Cena jednotky	80
				Montáž	20
		Provozní náklady	50	Měsíční poplatek	100
Technická	60	Funkční	75	Aktuální spotřeba paliva	33
				Identifikace sklopení návěsu	33
				Identifikace návěsu	34
		Výkon	25	Frekvence odesílání dat	100

Zdroj: autor

Dále byla provedena normalizace hodnot (součet ohodnocení musí se rovnat jedné) a následně byly stanoveny výsledné váhy jednotlivých kritérií jako součin váhy skupiny, váhy podskupiny a váhy kritéria v podskupině. Výsledky získání vah kritérií metodou postupného rozvrhu vah jsou představeny v tabulce 9.

Tabulka 9: Výsledky metody postupného rozvrhu vah

Jednotlivá kritéria	Výsledné váhy kritérií
Cena jednotky	0,16
Montáž	0,04
Měsíční poplatek	0,20
Aktuální spotřeba paliva	0,15
Identifikace sklopení návěsu	0,15
Identifikace návěsu	0,15
Frekvence odesílání dat	0,15

Zdroj: autor

Ve výsledku hodnocení kritérií bylo stanoveno, že všechna technická kritéria mají pro dopravce stejnou váhu (jsou stejně důležitá). Největší váhu získalo kritérium – měsíční poplatek za použití monitorovacího systému. Kritérium montáž je podle preferencí dopravce nejméně významný.

4.4 Hodnocení variant

Základem pro hodnocení variant slouží kritériální matice, která obsahuje hodnoty kritérií pro každou variantu monitorovacího systému (viz tabulka 10).

Kritéria, která patří do podskupiny funkcionalita, jsou kvalitativní. Z toho důvodu k měření těchto kritérií byly použity speciální stupnice. Převedení všech kritérií do kvantitativního tvaru umožňuje využít většího množství metod hodnocení variant.

Kritérium určení spotřeby paliva lze měřit podle následující stupnice:

- Stupeň A bude přiřazen produktu, který načítá data o aktuální spotřebě paliva přes sběrnice CAN/FMS a také, produkt by měl zároveň umožňovat evidenci údajů z tankovacích karet.
- Stupeň B bude přiřazen produktu, který obsahuje funkce měření aktuální spotřeby paliva pouze přes napojení na CAN/FMS sběrnici a bez evidence údajů z tankovacích karet.

Další příslušenství (např. palivová sonda, průtokoměr atd.), které dodavatelé nabízejí k určení spotřeby paliva, nepřidávají výhody z toho důvodu, že pro dopravce je postačující přesnost dat ze sběrnice CAN a také jsou tato doplňující zařízení velmi drahá. Ale evidence údajů z tankovacích karet by měla být užitečná a sloužila by pro kontrolu, zda náklady na tankování souhlasí s naměřenými daty z CAN sběrnice. Proto produkty se stupněm A budou mít větší ohodnocení než produkty se stupněm B.

Další kritérium kvalitativního typu je identifikace sklopení návěsu. K měření tohoto kritéria lze použít následující stupnice:

- Stupeň A bude přiřazen produktu, který již obsahuje funkci detekce sklopení návěsu přes signál z tlačítka a včetně dalších možných způsobů identifikace přesnosti údajů.
- Stupeň B bude použit pro produkty, které již mají funkce identifikace sklopení návěsu pomocí signálu z tlačítka, ovšem bez dalších možných způsobů identifikace přesnosti údajů.
- Stupeň C bude přiřazen produktu, který v současné době neobsahuje danou funkci, ale dodavatel je schopen tuto funkce přidat s tím, že to bude vyžadovat určitý čas pro implementaci a testování produktu.

Produkty, které obsahují funkce identifikace sklopení návěsu napojením na tlačítko sklopení a také ověřují tyto údaje pomocí dalších snímačů (např. náklonového nebo tlakového čidla), jsou schopny zaručit vysokou spolehlivost informace. Proto produkty patřící do stupně A

budou mít největší ohodnocení. Nižší ohodnocení budou mít produkty bez podobných doplňujících zařízení, tzn. spadající do stupně B. Nejnižší ohodnocení budou mít produkty, které nejsou hned použitelné vzhledem k potřebě vývoje, a testování doplňující funkci identifikace sklopení návěsu.

Poslední kritérium kvalitativního typu je identifikace návěsu a bude se používat následující stupnice:

- Stupeň A bude přiřazen produktu, který již obsahuje funkci identifikace návěsu, tzn. připojení návěsu včetně jeho identifikační údajů – SPZ, typ návěsu atd.
- Stupeň B bude přiřazen produktu, který splňuje dané kritérium pouze částečně a jsou schopny identifikovat pouze připojení návěsu (nejsou schopny identifikovat SPZ, typ návěsu atd.).
- Stupeň C bude přiřazen produktu, který v současné době neobsahuje danou funkci, ale dodavatel je schopen tuto funkci přidat s tím, že to bude vyžadovat nějaký čas pro implementaci a testování produktu.

Produkty, které patří do stupně A, využívají RFID zařízení pro identifikace návěsu a zcela pokrývají požadavek dopravce, proto mají vysoké ohodnocení. Produkty stupně B splňují kritérium pouze na polovinu, a z toho důvodu mají menší ohodnocení. Nejnižší ohodnocení obdrží produkt stupně C, protože rozšíření funkcionality produktu vyžaduje čas.

Způsob identifikace návěsu prostřednictvím spojovacího kabelu mezi tahačem a návěsem nehodlá využívat, neboť požaduje, aby řidič daný proces neovlivňoval.

K měření kritéria frekvence odesílání dat bude použita následující stupnice:

- Stupeň A bude přiřazen produktu s frekvencí od 1 do 30 s.
- Stupeň B bude použit pro produkty s frekvencí vysílání menší než 30 s.

Produkty, které budou patřit do skupiny A, splňují požadavek dopravce a budou mít vysoké hodnocení. Produkty stupně B budou mít nižší hodnocení, protože požadavku neodpovídají. Bude se jednat o maximalizační typ kritéria.

V následující tabulce 11 byly variantám řešení přiřazeny hodnoty vah podle jednotlivých kvalitativních kritérií a výše definovaných stupňů. Pro každé kvalitativní kritérium byly zjištěny stupně, přičemž nejvyššímu stupni (nejvíce vyhovujícímu řešení) byla přiřazena nejvyšší bodová hodnota a nejnižšímu stupni (nejméně vyhovujícímu řešení) byla přiřazena nižší bodová hodnota. Rozsah bodového ohodnocení pro dané kvalitativní kritérium byl zvolen podle počtu stupňů, které byly k vyhodnocení daného kritéria použity. Tzn. že když byly

použity všechny tři stupně (A, B, C), bylo použito bodové ohodnocení 1–3 body. Když byly použity dva stupně (A, B), bylo použito bodové ohodnocení 1–2 body.

Tabulka 10: Kriteriační matice

Kritérium		Varianta			
Název	Jednotka	RMC	WebEye	GPS Dozor	All4Car
Cena jednotky	Kč/jednotka	10 650	8 970	8 999	10 290
Montáž	Kč/jednotka	3 300	3 500	2 000	1 200
Měsíční poplatek	Kč/jednotka/měsíc	460	490	200	200
Určení spotřeby paliva	-	A	B	B	A
Identifikace sklopení návěsu	-	A	B	C	B
Identifikace návěsu	-	A	A	C	B
Frekvence odesílání dat	-	B	A	A	A

Zdroj: autor

Tabulka 11: Výchozí kriteriační matice

Kritérium		Varianta			
Název	Jednotka	RMC	WebEye	GPS Dozor	All4Car
Cena jednotky	Kč/jednotka	10 650	8 970	8 999	10 290
Montáž	Kč/jednotka	3 300	3 500	2 000	1 200
Měsíční poplatek	Kč/jednotka/měsíc	460	490	200	200
Určení spotřeby paliva	-	2	1	1	2
Identifikace sklopení návěsu	-	3	2	1	2
Identifikace návěsu	-	3	3	1	2
Frekvence odesílání dat	-	1	2	2	2

Zdroj: autor

Všechny varianty produktů jsou nedominované, tzn. neexistuje varianta, která by byla lepší podle všech kritérií.

K určení vah jednotlivých variant byly využity tři metody: metoda váženého součtu, TOPSIS a AHP. Dále bude představen podrobný postup určení vah jednotlivých variant s použitím těchto metod. Při výpočtu ve všech metodách byly použity váhy kritérií, které byly stanoveny v předchozí kapitole 4.3.

4.4.1 Metoda váženého součtu

V prvním kroku byly pro každé kritérium stanoveny nejvyšší (H_j) a nejnižší (D_j) hodnoty. Tabulka 12 obsahuje tyto hodnoty a kritériální matici doplněnou o dva řádky s maximálními a minimálními kritériálními hodnotami.

Tabulka 12: Kritériální matice

Kritérium	Název	Cena jedn.	Montáž	Měsíční popl.	Určení spotř. paliva	Identif. sklop. návěsu	Identif. návěsu	Frek. odesíl. dat
	Typ	min	min	min	max	max	max	max
	Váhy	0,16	0,04	0,20	0,15	0,15	0,15	0,15
Varianta	RMC	10 650	3 300	460	2	3	3	1
	WebEye	8 970	3 500	490	1	2	3	2
	GPS Doz.	8 999	2 000	200	1	1	1	2
	All4Car	10 290	1 200	200	2	2	2	2
H_j		10 650	3 500	490	2	3	3	2
D_j		8 970	1 200	200	1	1	1	1

Zdroj: autor

V dalším kroku byly hodnoty kritériální matice přepočítány podle vztahů (1) pro maximalizační kritéria a (2) pro minimalizační kritéria z kapitoly 3.2.2. Výsledky druhého kroku jsou prezentovány v tabulce 13.

Tabulka 13: Transformovaná kritériální matice

Kritérium	Název	Cena jedn.	Montáž	Měsíční popl.	Určení spotř. paliva	Identif. sklopení návěsu	Identif. návěsu	Frek. odesíl. dat
	Typ	min	min	min	max	max	max	max
	Váhy	0,16	0,04	0,2	0,15	0,15	0,15	0,15
Varianta	RMC	0,00	0,09	0,10	1,00	1,00	1,00	0,00
	WebEye	1,00	0,00	0,00	0,00	0,50	1,00	1,00
	GPS Doz.	0,98	0,65	1,00	0,00	0,00	0,00	1,00
	All4Car	0,21	1,00	1,00	1,00	0,50	0,50	1,00

Zdroj: autor

Dále byl proveden výpočet dílčích užiteků jednotlivých variant podle vzorce (3) z kapitoly 3.2.2. V tabulce 14 je představena matice, jejíž prvky reprezentují užitek dané varianty podle určitého kritéria.

Tabulka 14: Matice vážených užitek variant

Kritérium	Název	Cena jedn.	Montáž	Měsíční popl.	Určení spotř. paliva	Identif. sklopení návěsu	Identif. návěsu	Frek. odesíl. dat
Varianta	RMC	0,00	0,00	0,02	0,15	0,15	0,15	0,00
	WebEye	0,16	0,00	0,00	0,00	0,08	0,15	0,15
	GPS Doz.	0,16	0,03	0,20	0,00	0,00	0,00	0,15
	All4Car	0,03	0,04	0,20	0,15	0,08	0,08	0,15

Zdroj: autor

V posledním kroku byl proveden součet dílčích užitek variant a seřazení těchto variant podle klesající hodnoty užitku. Výsledky jsou prezentovány v tabulce 15.

Tabulka 15: Výsledky metody WSA

	Varianta			
	RMC	WebEye	GPS Dozor	All4Car
Užitek	0,474	0,535	0,533	0,724
Pořadí	4	2	3	1

Zdroj: autor

Podle metody WSA je nejlepší variantou produkt All4Car, nejhorší varianta je produkt RMC. Monitorovací systémy WebEye a GPS Dozor mají přibližně stejné hodnoty užitku.

4.4.2 Metoda TOPSIS

Na začátku metoda vyžaduje, aby všechna kritéria byla převedena na maximalizační typ. Po úpravě nová kritéria představují rozdíl oproti nejhorší hodnotě kritéria. V tabulce 16 je představena upravená kritériální matice s kritérii pouze maximalizačního typu.

Tabulka 16: Kritériální matice s hodnotami kritérií při maximalizačním typu kritérií

Kritérium	Název	Cena jedn.	Montáž	Měsíční popl.	Určení spotř. paliva	Identif. sklopení návěsu	Identif. návěsu	Frek. odesíl. dat
	Typ	max	max	max	max	max	max	max
	Váhy	0,16	0,04	0,20	0,15	0,15	0,15	0,15
Varianta	RMC	0	200	30	2	3	3	1
	WebEye	1680	0	0	1	2	3	2
	GPS Doz.	1651	1500	290	1	1	1	2
	All4Car	360	2300	290	2	2	2	2

Zdroj: autor

V následující fázi se hodnoty kritérií transformují podle vzorce (4). Výsledky transformace jsou prezentovány v tabulce 17.

Tabulka 17: Normalizovaná kritériální matice R

Kritérium	Název	Cena jedn.	Montáž	Měsíční popl.	Určení spotř. paliva	Identif. sklopení návěsu	Identif. návěsu	Frek. odesíl. dat
	Typ	max	max	max	max	max	max	max
	Váhy	0,16	0,04	0,2	0,15	0,15	0,15	0,15
Varianta	RMC	0,00	0,07	0,07	0,63	0,71	0,63	0,28
	WebEye	0,71	0,00	0,00	0,32	0,47	0,63	0,55
	GPS Doz.	0,69	0,54	0,71	0,32	0,24	0,21	0,55
	All4Car	0,15	0,84	0,71	0,63	0,47	0,42	0,55

Zdroj: autor

V dalším kroku bylo provedeno násobení jednotlivých hodnot kritérií vahami těchto kritérií. Tabulka 18 obsahuje výsledek daného kroku – váženou kritériální matici.

Tabulka 18: Vážená kritériální matice W

Kritérium	Název	Cena jedn.	Montáž	Měsíční popl.	Určení spotř. paliva	Identif. sklopení návěsu	Identif. návěsu	Frek. odesíl. dat
	Typ	max	max	max	max	max	max	max
	Váhy	0,16	0,04	0,2	0,15	0,15	0,15	0,15
Varianta	RMC	0,000	0,003	0,015	0,095	0,106	0,094	0,042
	WebEye	0,113	0,000	0,000	0,047	0,071	0,094	0,083
	GPS Doz.	0,111	0,022	0,141	0,047	0,035	0,031	0,083
	All4Car	0,024	0,033	0,141	0,095	0,071	0,063	0,083

Zdroj: autor

Dále byly určeny bazální a ideální varianty H_j a D_j , ve vážené kritériální matici, jsou to nejvyšší a nejnižší hodnoty jednotlivých kritérií. Tyto varianty jsou představeny v tabulce 19.

Vzdálenosti jednotlivých variant od ideální varianty d_i^+ a od bazální varianty d_i^- byly vypočítány podle vztahů (6), (7). Následně byl stanoven koeficient c_i podle vztahu (8). Podle těchto koeficientů byly jednotlivé varianty uspořádány. Výsledky těchto kroků jsou v tabulce 20.

Podle výsledků metody TOPSIS nejlépe hodnocená je varianta GPS Dozor, následuje varianta All4Car, WebEye a RMC. Relativní ukazatel vzdálenosti c_4 (varianta All4Car) je pouze o 0,012 menší než c_3 (varianta GPS Dozor).

Tabulka 19: Bazální a ideální varianty

Název kritéria	H_j	D_j
Cena jednotky	0,11	0,00
Montáž	0,03	0,00
Měsíční poplatek	0,14	0,00
Určení spotřeby paliva	0,09	0,05
Identifikace sklopení návěsu	0,11	0,04
Identifikace návěsu	0,09	0,03
Frekvence odeslání dat	0,08	0,04

Zdroj: autor

Tabulka 20: Výsledky metody TOPSIS

Název kritéria	d_i^+	d_i^-	c_i	Pořadí
RMC	0,177	0,107	0,376	4
WebEye	0,157	0,140	0,472	3
GPS Dozor	0,106	0,185	0,636	1
All4Car	0,100	0,167	0,624	2

Zdroj: autor

4.4.3 AHP

Na začátku byla pro každé kritérium vytvořena Saatyho matice, ve které byly numericky vyjádřeny preference variant podle těchto kritérií. K stanovení preferencí byla využita 9-ti bodová stupnice, která je uvedena v kapitole 3.2.2. Tyto matice jsou prezentovány v tabulkách 21 až 27.

Dále, v každém řádku matice byl vypočítán geometrický průměr podle vzorce (10), provedena jeho normalizace podle vzorce (11) a násobení váhou kritéria.

Tabulka 21: Saatyho matice pro kritérium – Cena jednotky

Cena jednotky	RMC	WebEye	GPS Dozor	All4Car	w'_i	w_i	$w_i \times v_1$
RMC	1,00	0,11	0,14	0,20	0,24	0,04	0,006
WebEye	9,00	1,00	3,00	7,00	3,71	0,57	0,091
GPS Dozor	7,00	0,33	1,00	7,00	2,01	0,31	0,049
All4Car	5,00	0,14	0,14	1,00	0,57	0,09	0,014

Zdroj: autor

Tabulka 22: Saatyho matice pro kritérium – Montáž

Montáž	RMC	WebEye	GPS Dozor	All4Car	w'_i	w_i	$w_i \times v_2$
RMC	1,00	3,00	0,14	0,11	0,47	0,07	0,003
WebEye	0,33	1,00	0,11	0,11	0,25	0,04	0,001
GPS Dozor	7,00	9,00	1,00	0,20	1,88	0,27	0,011
All4Car	9,00	9,00	5,00	1,00	4,49	0,63	0,025

Zdroj: autor

Tabulka 23: Saatyho matice pro kritérium – Měsíční poplatek

Měsíční poplatek	RMC	WebEye	GPS Dozor	All4Car	w'_i	w_i	$w_i \times v_3$
RMC	1,00	3,00	0,11	0,11	0,44	0,07	0,013
WebEye	0,33	1,00	0,11	0,11	0,25	0,04	0,008
GPS Dozor	9,00	9,00	1,00	1,00	3,00	0,45	0,090
All4Car	9,00	9,00	1,00	1,00	3,00	0,45	0,090

Zdroj: autor

Tabulka 24: Saatyho matice pro kritérium – Určení spotřeby paliva

Určení spotřeby paliva	RMC	WebEye	GPS Dozor	All4Car	w'_i	w_i	$w_i \times v_4$
RMC	1,00	7,00	7,00	1,00	2,65	0,44	0,066
WebEye	0,14	1,00	1,00	0,14	0,38	0,06	0,009
GPS Dozor	0,14	1,00	1,00	0,14	0,38	0,06	0,009
All4Car	1,00	7,00	7,00	1,00	2,65	0,44	0,066

Zdroj: autor

Tabulka 25: Saatyho matice pro kritérium – Identifikace sklopení návěsu

Identifikace sklopení návěsu	RMC	WebEye	GPS Dozor	All4Car	w'_i	w_i	$w_i \times v_5$
RMC	1,00	5,00	9,00	5,00	3,87	0,63	0,095
WebEye	0,20	1,00	5,00	1,00	1,00	0,16	0,024
GPS Dozor	0,11	0,20	1,00	0,20	0,26	0,04	0,006
All4Car	0,20	1,00	5,00	1,00	1,00	0,16	0,024

Zdroj: autor

Tabulka 26: Saatyho matice pro kritérium – Identifikace návěsu

Identifikace návěsu	RMC	WebEye	GPS Dozor	All4Car	w'_i	w_i	$w_i \times v_6$
RMC	1,00	1,00	9,00	7,00	2,82	0,44	0,066
WebEye	1,00	1,00	9,00	7,00	2,82	0,44	0,066
GPS Dozor	0,11	0,11	1,00	0,20	0,22	0,03	0,005
All4Car	0,14	0,14	5,00	1,00	0,57	0,09	0,013

Zdroj: autor

Tabulka 27: Saatyho matice pro kritérium – Frekvence odesílání dat

Frekvence odesílání dat	RMC	WebEye	GPS Dozor	All4Car	w'_i	w_i	$w_i \times v_7$
RMC	1,00	0,11	0,11	0,11	0,19	0,04	0,005
WebEye	9,00	1,00	1,00	1,00	1,73	0,32	0,048
GPS Dozor	9,00	1,00	1,00	1,00	1,73	0,32	0,048
All4Car	9,00	1,00	1,00	1,00	1,73	0,32	0,048

Zdroj: autor

Následně byl stanoven celkový užitek jednotlivých variant podle vzorce (12) a provedeno uspořádání variant. Výsledky této metody jsou prezentovány v tabulce 28.

Tabulka 28: Výsledky metody AHP

	RMC	WebEye	GPS Dozor	All4Car
Užitek	0,253	0,248	0,219	0,280
Pořadí	2	3	4	1

Zdroj: autor

Podle metody AHP je varianta All4Car na prvním místě. Další pořadí je varianta RMC, WebEye a GPS Dozor.

4.4.4 Porovnání výsledků

Výpočty metody TOPSIS a metody váženého součtu byly ověřeny pomocí doplňkové aplikace MS Excelu Sanna 14, která je volně dostupná na internetu [29]. Návod na použití aplikace byl nalezen v publikaci Jablonského J. a Dlouhého M. [28].

Výsledky třech metod hodnocení variant jsou prezentovány v tabulce 29.

Ve finále se výsledky jednotlivých metod od sebe liší, což je způsobeno rozlišným výpočetním postupem. Produkt All4car dosáhl nejlepšího hodnocení při použití metody WSA a AHP. Pomocí metody TOPSIS je nejlépe hodnocen produkt GPS Dozor a produkt All4car se umístil na 2. místě. Nejhorší hodnocení podle metody WSA a TOPSIS obdržela varianta RMC.

Rozhodnutí o finálním pořadí bylo učiněno pomocí hodnoty aritmetického průměru z hodnot pořadí, které jednotlivé produkty získaly (viz tabulka 29).

Tabulka 29: Porovnání výsledků metod vícekritériálního hodnocení variant

	Metoda	WSA	TOPSIS	AHP	Průměr
Varianta	RMC	4	4	2	3,3
	WebEye	2	3	3	2,7
	GPS Dozor	3	1	4	2,7
	All4Car	1	2	1	1,3

Zdroj: autor

Nejlepší umístění získal podle tohoto postupu produkt All4Car, produkty WebEye a GPS Dozor mají stejnou hodnotu aritmetického průměru, nejhorší umístění získal produkt RMC.

Důvodem vysokého umístění monitorovacího systému All4Car je jeho nízká cena za montáž a malý měsíční poplatek za použití systému (tato kritéria měla největší váhu). Varianta dosahuje nejvyšších kritériálních hodnot u kritérií určení spotřeby paliva a frekvence odesílání dat. Z pohledu dvou druhých technických kritérií varianta nabývá „středních“ hodnot.

Nejhoršího umístění dosáhl produkt RMC, což je spojeno s vysokou cenou pořízení monitorovacího systému. Ceny za montáž a měsíční poplatek sice nenabývají nejvyšších hodnot, ale jsou značně vyšší, než nejlevnější varianty podle těchto kritérií (GPS Dozor a All4car). Další příčinou nízkého hodnocení varianty RMC je nízká frekvence vysílání dat. Metodou AHP se produkt umísťuje na druhém místě, což je spojeno s vysokými hodnotami kritérií v technické skupině. Produkt nabývá nejlepší hodnoty podle všech technických kritérií až na jeden – frekvence vysílání dat.

4.5 Posouzení vhodnosti metody pro danou úlohu

Metodu AHP lze považovat za nejvhodnější metodu pro výběr vhodného monitorovacího systému. Pomocí této metody je rozhodovatel schopen subjektivně porovnávat každou variantu se všemi ostatními podle jednotlivých hodnotících kritérií. V daném případě jedná se o velkou výhodu z toho důvodu, že většina hodnotících kritérií jsou kvalitativního typu (úloha řešená v této diplomové práci měla polovinu kritérií kvalitativního typu), a posouzení variant podle kritérií daného typu je velice obtížné. Díky možnosti využití verbální stupnice rozhodovatel je schopen jednodušeji vyjadřovat své preference mezi variantami a následně je kvantifikovat. V průběhu metody probíhá vždy rozhodování pouze mezi dvěma variantami, což snižuje náročnost posouzení pro rozhodovatele.

Nevýhodou dané metody je její vysoká výpočetní náročnost (při aplikaci metody AHP pro úlohu výběru monitorovacího systému z 4 variant a 7 kritérií bylo provedeno 112 párových porovnání). Ale s použitím výpočetního softwaru (v práci byl využit MS Excel) tento proces se zjednodušuje.

4.6 Přínosy řešení

Ekonomický přínos ze zavedení monitorovacího systému All4Car je velice obtížné kvantifikovat, jelikož je ovlivněn celou řadou faktorů. Dobu návratnosti investic lze provést po zkušebnímu provozu systému. Momentálně je možné pouze definovat oblasti, ve kterých lze změny očekávat. Jelikož dopravce již vlastní monitorovací systém Webdispečink, což znamená, že částečně provoz vozidlové flotily již monitoruje, dá se očekávat, že návratnost investic a následný zisk po zavádění nového produktu bude trvat delší dobu, než kdyby dopravce s podobným systémem zkušenost neměl.

Obecně ekonomický přínos ze zavedení monitorovacího systému All4Car, s přihlédnutím ke specifikům vozidlového parku a momentálně provozovanému systému, lze vyjádřit v následujících ukazatelích:

- snížení nákladů na pohonné hmoty, díky sledování aktuální spotřeby paliva přes sběrnice CAN/FMS, možností kontroly tankování nákladních vozidel pomocí evidence údajů z tankovacích karet a sledování doby využití nezávislého topení;
- optimalizace plánování a přidělení jízd vozidlům na základě aktuální informace o nakládce a výkladce, díky automatickému přenosu dat o sklopení návěsu a přesných GPS souřadnic vozidla, které vozidlová jednotka All4car odesílá každých 30 s;
- zvýšení efektivity práce dispečerů, kteří mají aktuální přehled o stavu vozidlové flotily a jsou schopni rychle reagovat na odchylky v provozu a včas informovat svých zákazníků;
- zvýšení efektivity práce zaměstnanců, kteří využívají ke své práci provozní data, díky požadovanému tvaru generovaných statistik a reportů;
- optimalizace práce řidičů, díky aktuálním informacím o dobách jízd a pauzách získaných pomocí identifikačního zařízení Dallas;
- snížení nákladů na údržbu vozidel, díky včasné pravidelné kontrole vozidel a sledování jízdního stylu řidičů, které vedou k menšímu opotřebení vozidel;
- zvýšení počtu zákazníků vzhledem ke zvýšení kvality poskytovaných služeb a optimálnímu využití vozidlové flotily.

5. Návrh postupu implementace

Před zaváděním monitorovacího systému se doporučuje ještě jednou zvážit veškeré požadavky na systém a stanovit časový rámec, ve kterém by tento systém měl být nasazen na vozidlovou flotilu dopravce.

Výsledky vícekritériálního hodnocení variant stanovily, že monitorovací systém All4Car je nejbliž k produktu požadovanému dopravcem. Tento systém má velmi dobré charakteristiky, až na jeden. Systém není schopen identifikovat, který návěs je momentálně připojen k tahači. Z toho důvodu by bylo vhodné za prvé vyzkoušet systém All4Car nasazením na několik vozidel dopravce a zjistit, zda tento požadavek opravdu má význam, jelikož v provozu skoro nedochází k odpojení návěsu (pouze v případě poruchy). Údaje o návěsu lze zadat do systému manuálně.

Dodavatel monitorovacího systému poskytuje jeho instalaci a následně jeho nastavení podle požadavků dopravce, tzn. určí se, v jakém tvaru dopravce požaduje dostávat provozní data (především se jedná o firemní reporty), jakým způsobem monitorovací systém bude propojen s firemním systémem, kdo bude mít oprávněný přístup k provozním datům, úpravě těchto dat a další specifikace. Je zapotřebí provést školení zaměstnanců, seznámit dispečery a řidiče s monitorovacím systémem, webovým rozhraním a prací s reporty. Dále je žádoucí posoudit, zda je tento monitorovací systém uživatelsky snadný a má vhodnou strukturu reprezentace provozních dat.

Na základě zkušebního provozu lze následně provést konečný výběr monitorovacího systému.

Finální nasazení monitorovacího systému do vozidel by mělo probíhat postupně podle přesného časového harmonogramu, který by umožňoval efektivně využívat nákladní vozidla na cestě k dílně. Jelikož dopravce má vlastní dílny a tým profesionálních techniků, je možné provést školení techniků dodavatelem monitorovacího systému a montáž monitorovacích zařízení již částečně zařídit vlastními silami. Tím se mohou snížit náklady na zavedení systému a proces instalace systému na celou vozidlovou flotilu zabere méně času.

Závěr

Základním cílem diplomové práce byl výběr vhodného vybavení vozidlové flotily vybraného dopravce, které by odpovídalo požadavkům a vedlo ke zvýšení efektivity provozu.

V první části práce bylo stanoveno, že k účinné správě vozidlového parku a optimalizaci procesů v dopravní firmě je vhodné využití monitorovacích systémů. Výběr takového systému by měl vycházet z předpokládaných požadavků dopravce na potřebná provozní data a také na složení jeho vozidlové flotily. Vzhledem k tomu byla v první fázi provedena analýza vozidlové flotily dopravce a jeho aktuálního vybavení z hlediska monitorovacích systémů, v druhé fázi probíhalo stanovení požadavků podle metody FURPS+. Analýza ukázala, že momentálně používaný monitorovací systém Webdispečink nepokrývá veškeré požadavky dopravce, avšak flotila se skládá z vozidel, které podporují minimálně standard FMS 1.0. a připojením vozidlové jednotky k FMS rozhraní lze získat takové požadované provozní parametry vozidel, jako jsou otáčky motoru, spotřeba paliva a aktivace zapalování. Další požadavky dopravce na načítání provozních parametrů vyžadují instalaci doplňujících senzorů a čidel.

V praktické části práce byl proveden průzkum komerčních produktů monitorovacích systémů existujících v současnosti na trhu. Bylo osloveno devět dodavatelů monitorovacích systémů. Na základě poskytnutých informací byly k dalšímu posouzení vybrány čtyři produkty: monitorovací systémy RMC, GPS Dozor, WebEye a All4Car, jelikož byly maximálně blízké k dopravcem požadovaným charakteristikám. Nejčastější příčinou odmítnutí produktů bylo nesplnění požadavků dopravce na identifikaci přípojného vozidla a frekvence vysílání dat každých 30 sekund.

Další podrobnější zkoumání principu fungování zvolených monitorovacích systému ukázalo, že tyto produkty pokrývají skoro všechny požadavky, ale jsou rozdílné ve způsobech načítání některých provozních parametrů.

Každá z variant, která byla zvolena k dalšímu posouzení, má své výhody a nevýhody. Proto bylo velice obtížné jednoznačně určit, který z monitorovacích systémů je nejvíce vyhovující pro daného dopravce a k výběru nejvhodnějšího monitorovacího systému byla použita metoda vícekritériálního hodnocení variant. Pro posuzování výhodnosti jednotlivých variant byly stanoveny dvě skupiny kritérií (ekonomická a technická kritéria), která byla rozdělena na čtyři podskupiny a ty obsahovaly jednotlivá kritéria (celkově 7). Pomocí metody postupného rozvrhování vah byly manažerem dopravce určeny váhy jednotlivých kritérií, které odrážely preference dopravce. Daná metoda se považuje za vhodnou vzhledem k hodnocení kritérií, které jsou hodně obsahově odlišná (porovnání ekonomických a technických kritérií). Výsledky metody ukázaly, že dopravce považuje za nejdůležitější

kritérium výši měsíčního poplatku za využití monitorovacího systému, následující kritérium je pořizovací cena. Kritéria, která patří do technické skupiny, jsou stejně důležitá. K hodnocení jednotlivých variant podle hodnotících kritérií bylo využito tří metod: AHP, TOPSIS a WSA. Za nejvhodnější metodu při řešení obdobných úloh byla zvolena metoda AHP, protože umožňuje podrobně specifikovat preference rozhodovatele a kvantifikovat je.

Podle výsledků třech metod je nejbližší k cílovému stavu vybavení vozidlové flotily dopravce monitorovací systém All4Car. Tento systém by měl vyhovovat podle všech požadavků až na identifikaci přípojného vozidla. Přínosy vybraného monitorovacího systému lze očekávat hlavně v minimalizaci spotřeby pohonných hmot a zvýšení efektivity práce zaměstnanců.

V rámci práce byl doporučen postup implementace systému. Před finálním zaváděním monitorovacího systému je vhodné provést zkušební provoz, který pomůže přesně stanovit výhody a nevýhody systému. Na jeho základě rozhodnout, zda zvolit tento monitorovací systém nebo pokračovat ve vyhledání dalších variant, které splňují požadavky.

Reference

1. FAGERBERG, J. Berg Insight's M2M Research Series: Fleet management in Europe [online]. [cit. 2019-05-18]. Dostupné z: <http://www.berginsight.com/ReportPDF/ProductSheet/bi-fmseries2018-ps.pdf>
2. HOOPER, A., MURRAY, D. An Analysis of the Operational Costs of Trucking: 2018 Update [online]. [cit. 2019-05-18]. Dostupné z: <https://atri-online.org/wp-content/uploads/2018/10/ATRI-Operational-Costs-of-Trucking-2018.pdf>
3. TMS – dopravní informační systémy. SystemOnline.cz [online]. [cit. 2019-05-18]. Dostupné z: <https://www.systemonline.cz/it-pro-logistiku/tms-dopravni-informacni-systemy.htm>
4. Jak na vozový park? Chytrá správa ušetří peníze. *fleet-consulting.cz* [online]. [cit. 2019-05-18]. Dostupné z: <http://www.fleet-consulting.cz/wp-content/uploads/2016/11/161010-HN-prilProByznys-PB06-04-07.pdf>
5. Dopravní telematika. *sdt.cz* [online]. [cit. 2019-05-18]. Dostupné z: <http://www.sdt.cz/page.php>
6. Кашкаров, А. Система спутниковой навигации ГЛОНАСС. Москва: ДМК Пресс, 2018. ISBN: 978-5-97060-000.
7. Слежение за автомобилем: системы спутникового контроля транспорта. *aif.ru* [online]. [cit. 2019-05-18]. Dostupné z: <http://www.aif.ru/boostbook/slezhenie-za-avtomobilem.html>
8. Capturing Architectural Requirements. *ibm.com* [online]. [cit. 2019-05-18]. Dostupné z: <https://www.ibm.com/develo perworks/rational/library/4706.html>
9. ŠTĚRBA, P. *Elektronika a elektrotechnika motorových vozidel: seřizování, diagnostika závad a chybové kódy OBD*. Brno: CPress, 2013. ISBN 978-80-264-0271-8.
10. Information about the FMS-Standard. *fms-standard.com* [online]. [cit. 2019-05-18]. Dostupné z: <http://www.fms-standard.com/Truck/index.htm>
11. FLEET MANAGEMENT SYSTEM STANDARD (FMS STANDARD) *inventure-automotive.com* [online]. [cit. 2019-05-18]. Dostupné z: <https://www.inventure-automotive.com/glossary/fms-standard>

12. Zákon č. 262/2006 Sb., ČÁST TŘINÁCTÁ, HLAVA VIII, § 316. *zakonyprolidi.cz* [online]. [cit. 2019-05-18]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2006-262?text=316#cast13>
13. Capturing Architectural Requirements. *ibm.com* [online]. [cit. 2019-05-18]. Dostupné z: <https://www.ibm.com/developerworks/rational/library/4706.html>
14. MENS, T., SEREBRENIK A., CLEVE, A. *Evolving software systems. Heidelberg: Springer.* Berlin: Springer, 2014. ISBN 978-3-642-45397-7.
15. Pokyn GFŘ č. D-6. *financnisprava.cz* [online]. [cit. 2019-05-18]. Dostupné z: https://www.financnisprava.cz/assets/cs/prilohy/d-zakony/Pokyn__GFR_c_D_6.pdf
16. Nařízení Evropského parlamentu a rady (ES) č. 561/2006. *bozpinfo.cz* [online]. [cit. 2019-05-18]. Dostupné z: <https://www.bozpinfo.cz/sites/default/files/imports/prilohy/12406.pdf>
17. *Idemtelematics* [online]. [cit. 2019-05-18]. Dostupné z: <https://www.idemtelematics.com/en/>
18. *Positrex* [online]. [cit. 2019-05-18]. Dostupné z: <https://www.positrex.com/>
19. *All4car* [online]. [cit. 2019-05-18]. Dostupné z: <https://www.all4car.cz/index.php>
20. *Dcomm* [online]. [cit. 2019-05-18]. Dostupné z: <https://www.dcomm.cz/>
21. *Webeye* [online]. [cit. 2019-05-18]. Dostupné z: <https://cz.webeye.eu/>
22. *Autopatrol* [online]. [cit. 2019-05-18]. Dostupné z: <http://autopatrol.cz/index.php>
23. *Rmc-system* [online]. [cit. 2019-05-18]. Dostupné z: <https://www.rmc-system.com/>
24. *Gpsdozor* [online]. [cit. 2019-05-18]. Dostupné z: <https://www.gpsdozor.cz/>
25. *Fleetboard* [online]. [cit. 2019-05-18]. Dostupné z: <https://www.fleetboard.cz/#/>
26. FOTR, J., ŠVECOVÁ, L., DĚDINA, J., HRŮZOVÁ, H. *Manažerské rozhodování.* Praha: EKOPRESS, 2003. ISBN 80-86119-69-6.
27. FIALA, P. *Modely a metody rozhodování.* Praha: Oeconomica, 2013. ISBN 978-80-245-1981-4.
28. JABLONSKÝ, J., DLOUHÝ, M. *Modely hodnocení efektivnosti produkčních jednotek.* Praha: Professional Publishing, 2004. ISBN 80-86419-49-5.
29. SANNA 2014 - MS Excel based system for multicriteria evaluation of alternatives. *vse.cz* [online]. [cit. 2019-05-18]. Dostupné z: <https://webhosting.vse.cz/jablon/>

Seznam tabulek

Tabulka 1: Současný stav vybavení vozidlové flotily	18
Tabulka 2: Náklady na pořízení a provoz monitorovacího systému RMC	32
Tabulka 3: Náklady na pořízení a provoz jednotky WebEye.....	34
Tabulka 4: Náklady na pořízení a provoz monitorovacího systému All4car – PROFIT	35
Tabulka 5: Náklady na pořízení a provoz monitorovacího systému GPS Dozor	37
Tabulka 6: Srovnání jednotlivých produktů.....	38
Tabulka 7: Kritéria pro posuzování.....	50
Tabulka 8: Přiřazené hodnoty kritérií, podskupin a skupin kritérií.....	52
Tabulka 9: Výsledky metody postupného rozvrhu vah	52
Tabulka 10: Kriteriační matice.....	55
Tabulka 11: Výchozí kriteriační matice.....	55
Tabulka 12: Kriteriační matice.....	56
Tabulka 13: Transformovaná kriteriační matice.....	56
Tabulka 14: Matice vážených užitků variant.....	57
Tabulka 15: Výsledky metody WSA	57
Tabulka 16: Kriteriační matice s hodnotami kritérií při maximalizačním typu kritérií	57
Tabulka 17: Normalizovaná kriteriační matice R	58
Tabulka 18: Vážená kriteriační matice W	58
Tabulka 19: Bazální a ideální varianty	59
Tabulka 20: Výsledky metody TOPSIS	59
Tabulka 21: Saatyho matice pro kritérium – Cena jednotky.....	59
Tabulka 22: Saatyho matice pro kritérium – Montáž	60
Tabulka 23: Saatyho matice pro kritérium – Měsíční poplatek	60
Tabulka 24: Saatyho matice pro kritérium – Určení spotřeby paliva	60
Tabulka 25: Saatyho matice pro kritérium – Identifikace sklopení návěsu.....	60
Tabulka 26: Saatyho matice pro kritérium – Identifikace návěsu.....	61
Tabulka 27: Saatyho matice pro kritérium – Frekvence odesílání dat	61
Tabulka 28: Výsledky metody AHP	61
Tabulka 29: Porovnání výsledků metod vícekritériačního hodnocení variant.....	62

Seznam obrázků

Obrázek 1: Množství instalovaných jednotek pro správu vozidlového parku v EU v jednotlivých rocích.....	9
Obrázek 2: Diagram složení nákladů v silniční nákladní dopravě v roce 2017	9
Obrázek 3: Schéma principu fungování monitorovacích systémů vozidel	12
Obrázek 4: Schéma architektury vozidlové jednotky	13
Obrázek 5: Procentuální složení vozidlového parku dopravce	17
Obrázek 6: Složení vozidlové flotily podle věkové struktury	17
Obrázek 7: Základní prvky metody FURPS+.....	21
Obrázek 8: Princip fungování systému RMC.....	31
Obrázek 9: Schéma rozhodovacího procesu	41
Obrázek 10: Hierarchická struktura pro úlohu VHV	47