

Česká zemědělská univerzita v Praze
Technická fakulta

Aktuální trendy v oblasti manipulační techniky
Bakalářská práce

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Tomáš Hladík, Ph.D.
Autorka bakalářské práce: Tereza Olšerová

PRAHA 2016

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma: „Aktuální trendy v oblasti manipulační techniky“ vypracovala samostatně a použila jen pramenů, které cituji a uvádím v seznamu použitých zdrojů. Jsem si vědoma, že odevzdáním bakalářské práce souhlasím s jejím zveřejněním dle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a to i bez ohledu na výsledek její obhajoby.

Jsem si vědoma, že moje bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitní databázi a bude veřejně přístupná k nahlédnutí. Jsem si vědoma že, na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, především ustanovení § 35 odst. 3 tohoto zákona, tj. o užití tohoto díla.

V Praze, dne 8.dubna 2016

Poděkování autora

Ráda bych poděkovala svému vedoucímu práce Ing. Tomáši Hladíkovi, Ph.D. za jeho vedení v průběhu bakalářské práce, rady a trpělivost. Poděkování také patří panu Tomáši Krejčímu za poskytnutí podkladů k výzkumu použití nových metod pro monitoring manipulační techniky. Dále bych chtěla poděkovat své rodině a příteli za podporu po celou dobu mého studia

Abstrakt: Cílem této bakalářské práce je zpracovat přehled aktuálních trendů v oblasti manipulační techniky, jejího dělení a způsobů použití v logistice a výrobě. V jednotlivých kapitolách jsou seříděny druhy manipulační techniky, které jsou dostupné na dnešním trhu, spolu s možnými způsoby jejího pořízení. Kapitola „Metody optimalizace manipulační techniky“ se soustředí na moderní metody, které se používají při optimalizaci manipulační techniky v podnicích. Tyto metody se soustředí na optimalizaci množství, druhů a způsobu manipulace. V kapitole „Aktuální trendy v manipulační technice“ je sepsán výzkum pro monitoring manipulační techniky s použitím kamer a výpočtového algoritmu pro určení tras.

Klíčová slova: manipulační technika, obnova, optimalizace, skladování

Current trends in material handling technology

Summary: The aim of this work is to prepare an overview of current trends in materials handling division and its uses in logistics and manufacturing. The individual chapters are grouped by kinds of manipulation techniques, which are available on the market today, along with possible ways of its acquisition. Chapter "Optimization methods of handling technology" focuses on modern methods, which are used to optimize handling equipment in enterprises. These methods focus on optimizing the quantity, type and method of handling. In the chapter "Current trends in handling technology" is research for monitoring of handling technology using cameras and computational algorithm to determine routes.

Key words: handling equipment, recovery, optimization, storage

OBSAH

| | | |
|-------|------------------------------------------------------------------|----|
| 1 | ÚVOD | 1 |
| 2 | CÍLE PRÁCE..... | 2 |
| 3 | METODIKA..... | 3 |
| 4 | ANALÝZA POTŘEBY MANIPULAČNÍ TECHNIKY | 4 |
| 4.1 | Analýza stávajícího stavu | 4 |
| 4.2 | Analýza materiálových toků | 5 |
| 4.3 | Kalkulace budoucích potřeb | 5 |
| 4.4 | Výstupy a řešení..... | 6 |
| 5 | PŘEHLED DRUHŮ A POUŽITÍ MANIPULAČNÍ TECHNIKY | 7 |
| 5.1 | Rozdělení dle prostředí | 7 |
| 5.1.1 | Vnější použití | 7 |
| 5.1.2 | Vnitřní použití | 8 |
| 5.1.3 | Výbušné prostředí | 8 |
| 5.2 | Rozdělení dle druhu pohonu | 9 |
| 5.2.1 | Akumulátorová manipulační technika | 9 |
| 5.2.2 | Manipulační technika se vznětovým motorem | 10 |
| 5.3 | Rozdělení dle výšky zdvihu | 10 |
| 5.3.1 | Nízkozdvížné vozíky | 10 |
| 5.3.2 | Vysokozdvížné vozíky..... | 11 |
| 5.3.3 | Automatické zakladače..... | 13 |
| 5.4 | Rozdělení uliček pro jednotlivé druhy manipulační techniky | 14 |
| 6 | ZPŮSOBY POŘÍZENÍ MANIPULAČNÍ TECHNIKY | 16 |
| 6.1 | Nákup | 16 |
| 6.2 | Finanční leasing | 16 |
| 6.3 | Pronájem techniky | 16 |
| 6.4 | Dlouhodobý pronájem – Full service | 17 |
| 7 | METODY OPTIMALIZACE MANIPULAČNÍ TECHNIKY | 18 |
| 7.1 | Optimalizace množství a druhů manipulační techniky | 18 |
| 7.2 | Optimalizace tras | 19 |
| 7.3 | Dynamická simulace | 21 |
| 8 | ZPŮSOBY OBNOVY MANIPULAČNÍ TECHNIKY | 24 |
| 8.1 | Motivace obnovy manipulační techniky | 24 |
| 8.2 | Strategie obnovy..... | 25 |
| 8.3 | Okamžik vhodné obnovy..... | 25 |
| 9 | AKTUÁLNÍ TRENDY V MANIPULAČNÍ TECHNICE | 27 |
| 9.1 | Monitoring manipulační techniky pomocí kamer na MT..... | 27 |
| 9.1.1 | Současné používané metody pro monitoring MT..... | 27 |
| 9.1.2 | Motivace vzniku metody využívající ORB SLAM | 28 |
| 9.1.3 | Aplikace metody monokulární geometrie do praxe | 30 |
| 9.1.4 | Snímání břemen | 31 |
| 9.1.5 | Potřebné součásti k aplikaci metody | 32 |
| 10 | ZÁVĚRY | 34 |

| | | |
|----|--------------------------------|-----------|
| 11 | SEZNAM LITERATURY | 35 |
| 12 | SEZNAM OBRÁZKŮ | 37 |

1 ÚVOD

Téma „Aktuální trendy v manipulační technice“ jako zadání mé bakalářské práce je mi velmi blízké díky mému předešlému zaměření v mém stávajícím zaměstnání. V dřívějších dobách jsme se zabývala optimalizací materiálových toků, manipulační techniky a layoutů skladů.

V současné době, kdy je automatizace ve výrobě a skladování velkým tématem v jakémkoli podniku nabývá i velkého významu manipulační technika, která s touto automatizací značně souvisí.

Správná volba druhu manipulační techniky podle mnoha kritérií může mít pro podnik nebo oblast v podniku velkou výhodu v čase, využití a místě. Časem se rozumí úspora v jednotlivých činnostech od zásobování, převážení, skladování až po distribuci. Využití se týká správného druhu manipulační techniky na správném místě, kde je její využití největší, které volně souvisí i se zmíněným místem.

Manipulační technika se i nadále rozvíjí díky potřebě efektivněji a levněji skladovat a tím i mimo jiné snižovat cenu pro koncového spotřebitele a nákladů pro jednotlivé články řetězce. V celém světě probíhá proces automatizace a toto odvětví není výjimkou.

Pro optimalizaci a obnovu manipulační techniky se vyvíjí a hledají i další způsoby, jak využití a použití manipulační techniky sledovat, aby mohlo probíhat neustálé zlepšování, zefektivňování a následně i zmenšování nákladů na provoz v oblasti manipulace s materiálem.

2 CÍLE PRÁCE

Cílem této práce je rozdělit a popsat aktuální trendy v manipulační technice. Jedná se o trendy v oblastech rozdělení manipulační techniky, způsobu pořízení, optimalizace a obnovy.

Tato bakalářská práce má za cíl popsat aktuálně používanou metodiku pro výběr manipulační techniky, která i v praxi slouží jako struktura pro rozhodování při pořizování. Součástí této práce je i rozdělení manipulační techniky podle kritérií pro použití v praxi, zařazení této kapitoly je důležité pro utvoření si přehledu o možnostech dnešního sortimentu manipulační techniky, který je na trhu aktuálně dostupný.

Aktuální trendy jsou popsány zvláště v kapitole Optimalizace manipulační techniky, kde nastiňují základy metod pro optimalizaci nezávisle na druhu provozu nebo činnosti podniku. Tyto metody mají být zjednodušeným návodem, jak je možné různými způsoby zlepšovat fungování manipulační techniky z více úhlů pohledu vzhledem k optimalizovanému parametru.

Aktuální trendy v manipulační technice a i stejně popsaná kapitola má popisovat nastupující trendy v monitoringu a sledování výkonosti manipulační techniky, které se aktuálně vyvíjejí a některé způsoby se již ve světě využívají experimentálně pro účely robotiky, nebo řízení automobilů bez zásahu člověka.

3 METODIKA

V této bakalářské práci se pokusím analyzovat problematiku rozdělení manipulační techniky.

První část se bude věnovat postupu, jak v podniku dle jasných pravidel a myšlenkových postupů zodpovědět otázku, zda je manipulační technika potřeba a poté jaký druh. Tento postup je daný jasně rozfázovaným se dotazování na konkrétní otázky, které míří hlouběji k tématu a následné faktické analýze stavu na základě pozorování a dat.

Další součástí práce je definice jednotlivých druhů manipulační techniky, kde z různých zdrojů definuji, jak ji lze členit a jak ji definuje odborná literatura. Tato část je členěna do logických okruhů, které spolu souvisí.

Dalším krokem po výběru manipulační techniky je i způsob pořízení, optimalizace a její obnovy.

Způsoby pořízení se můžou lišit podle jednotlivého poskytovatele manipulační techniky. V mé práci jsou uvedeny nejčastější způsoby pořízení, které poskytují nejvíce zavedené firmy na českém trhu s manipulační technikou. Jak manipulační techniku do podniku pořídit závisí na mnoha parametrech dané situace v podniku a objemu pořizované flotily manipulační techniky.

Optimalizace manipulační techniky je v práci rozdělena do tří částí podle způsobu pohledu na oblast, kterou je třeba optimalizovat. Tyto metody vycházejí z postupů, které jsou v praxi využívány a se kterými jsme se setkala za dobu působení v oblasti logistiky.

Metodika obnovy manipulační techniky a její údržba je rozsáhlým tématem, které je v práci rozebráno na základě odborné literatury, která se pro výpočty cyklů oprav nebo výměn používá a je sepsáno v odborné literatuře.

Kapitola aktuálních trendů je pojata jako výzkum, který je v testování jako neustálý monitoring manipulační techniky. S využitím poznatků z tohoto testování kapitola shrnuje možnosti v této oblasti, její následné použití a její výhody či nevýhody s popisem nejvýhodnější a nej přesnější metody.

4 ANALÝZA POTŘEBY MANIPULAČNÍ TECHNIKY

Pro správný výběr manipulační techniky je třeba stanovit jistou metodiku. Tuto metodiku jsem sepsala po konzultaci a získání informací od specialistů ze společnosti Logio s.r.o.. Metodika by měla obsahovat základní požadavky a parametry pro její výběr. Základní požadavky se mohou lišit podle toho, k čemu manipulační techniku vybíráme.

Základní otázky pro výběr jsou následující:

- **Skutečně novu (jinou) manipulační techniku potřebujeme?**

Analýza skutečné potřeby, objemů převážených věcí. Bude v následujícím rozvojovém plánu nova (jiná) technika potřeba, využijeme nové vybírané množství?

- **Vytížení aktuálních zdrojů, budoucí vytížení**

Můžeme změřit aktuální vytížení jednotlivých strojů? Jsme schopni určit jejich budoucí potřebu podle růstu výroby nebo dalších částí podniku?

- **Obměna**

Chceme po předchozích otázkách manipulační techniku pouze obměnit, nebo pořídit novu, která je nad rámec stávající? Jak budeme dále flotilu řídit v čase a budeme obměňovat její jednotlivé části?

- **Financování**

Jak budeme novu část flotily manipulační techniky financovat? Není třeba jinak financovat i stávající manipulační techniku?

Z těchto otázek vniká postup řešení, který je třeba aplikovat, pro získání základních požadavků na manipulační techniku novou či starou.

4.1 Analýza stávajícího stavu

V této prvotní analýze je potřeba zjistit, jak vypadá a probíhá aktuální stav používání manipulační techniky. Prvním krokem je monitoring provozu a dokumentace všech částí toku a používání. K tomuto monitoringu je důležité znát i polohy jednotlivých technologií ve výrobě nebo skladu, kudy se manipulační technika aktuálně pohybuje a odkud kam směřují materiálové toky. Tyto toky mají výrazný vliv na další použití a typ vybrané manipulační technologie.

Stroje jako takové nejsou jediným způsobem získávání informací o aktuálním stavu využití manipulační techniky. Dalším zdrojem jsou samozřejmě i lidé ve stávajícím provozu, kteří v tomto prostředí denně pracují a mohou znát i další omezení, která nemusí být na první pohled, ani z dat analýzy zřejmá. Proto je důležité provést i několik rozhovorů se zástupci logistického provozu. V těchto dotazujících rozhovorech je důležité se ptát na skutečné používání manipulační techniky, její obsluhu a využití v procesu.

Do aktuálního stavu manipulační techniky je třeba zanést i další parametry a to jsou aktuální náklady na jednotlivé druhy manipulační techniky, personál a energie s touto technologií spojené. Do nákladů na manipulační techniku se započítává i náklad na opravy, jak častou jsou tyto opravy nutné a jak častou jsou jednotlivé stroje v poruše.

4.2 Analýza materiálových toků

Materiálovým tokem je definován vztah zdroj - cíl pro materiál, který je třeba přemístit. V těchto tocích nás zajímají především následující parametry: odkud – kam, kolik, jak často a jak jsou tyto cesty důležité.

Cesta (tok nebo-li odkud – kam) definuje kde leží zdroj materiálu pro přemístění, jeho reálnou trasu a cílovou destinaci, nebo-li kam potřebujeme materiál dovést.

Kolik definuje objem, který za časový úsek musíme manipulační technikou obstarat. Objem je definován v jednotkách za časový úsek, jako například palety za hodinu nebo m^3 za hodinu a podobně.

Dalším údajem k poznání vytížení manipulační techniky je i jak často musí ze zdroje do cíle, jak často musí manipulační technika odvést nebo přivést dávku.

K určení kompletních parametrů materiálových toků je i důležitost daného monitorovaného toku. Pokud se jedná o páteřní tok, potom má nejvyšší důležitost a manipulační technika zde bude plánována s nejvyšší bezpečností, aby byl tento tok vždy 100% zajištěn. Méně důležité nebo jenom občasné toky, které při výpadku nepředstavují ohrožení chodu podniku budou dimenzovány s nižším koeficientem bezpečnosti.

4.3 Kalkulace budoucích potřeb

Tato kalkulace vychází z předchozího kroku, neznamená to ale, že ho musí striktně dodržet. Budoucí stav a jeho návrh může některé předchozí parametry upravovat a optimalizovat.

Materiálové toky a jejich intenzity můžou být přepočítány a nový stav a nové trasy. Ne vždy jsou zvykové s používané trasy optimální, proto je potřeba je v tomto kroku upravit a přepočítat. Nové toky by měly využívat rychlejší a spolehlivější cesty vzhledem k rozmístění zdrojů a cílů a dalších bodů, které byly analyzovány v předchozí fázi.

Tyto kalkulace musí být samozřejmě konzultovány s vedoucími pracovníky, aby zhodnotili, jestli je tento návrh realizovatelný v provozních podmínkách daného podniku.

4.4 Výstupy a řešení

Typickými výstupy z řešení optimalizace manipulační techniky jsou eliminace nadbytečných zdrojů, kalkulace úspor, návrh technologických úprav a struktury flotily, optimalizace financování a pořizování flotily.

5 PŘEHLED DRUHŮ A POUŽITÍ MANIPULAČNÍ TECHNIKY

Manipulační techniku lze rozdělit do několika kategorií a to podle různých kritérií. Nejdůležitější kategorie pro dělení popisují dále.

5.1 Rozdělení dle prostředí

V manipulační technice je rozdíl jestli ji chceme použít uvnitř logistické haly nebo pro manipulaci s materiálem vně, kde je technika vystavena všem vnějším vlivům, které by nevhodnou manipulační techniku mohly znehodnotit. Zvláštním případem prostředí, kam můžeme manipulační techniku pořídit jsou speciální provozy s výbušným prostředím. V tomto provozu platí speciální pravidla jak pro materiál, se kterým se zde manipuluje, tak i po techniku a technologie, které jsou zde používány.

5.1.1 Vnější použití

U manipulační techniky pro použití vně uzavřených prostor jsou požadovány i některé parametry, které jiná technika mít nutně nemusí. Důležité je si uvědomit, že by měla tato technika poskytovat i určitý komfort pro manipulanta, který techniku obsluhuje. To znamená, že by manipulant neměl být přímo vystaven vnějším živlům jako je déšť, mráz, vítr a další. Vozíky pro toto použití je možno také vybavit i jiným druhem kol (pneumatik).

V této kategorii se většinou uplatňují vysokozdvížné čelní vozíky s diesellovým motorem, který je uveden na obrázku 1.



Obr. 1 vozík Still RX-70-16-20 [12]

5.1.2 Vnitřní použití

Manipulační technika, která je určena pro použití uvnitř logistických objektů má také své požadavky, kterými se řídí. Tato technika by neměla být hlučná a znečišťovat ovzduší.

Manipulační technika pro vnitřní použití se dělí na další podsekce, které jsou v práci zmíněny dále jsou to například druh pohonu, výška zdvihu apod.

5.1.3 Výbušné prostředí

V některých specifických výrobních prostředích a logistických objektech se můžeme setkat s hořlavými plyny, nebo výbušnými směsmi. S tímto prostředím se můžeme setkat v kosmetickém průmyslu, u společností zabývajících se plněním tlakových lahví s hořlavými plyny, výrobě laků a barev i jinde. Samozřejmě i pro toto prostředí je třeba zajistit manipulace s materiálem. K tomuto jsou manipulační vozíky upravovány tak, aby nevznikl výbuch kvůli možné jiskře, horkých výfukových plynů nebo elektrický oblouk od elektrických manipulačních vozíků. [12] [15]

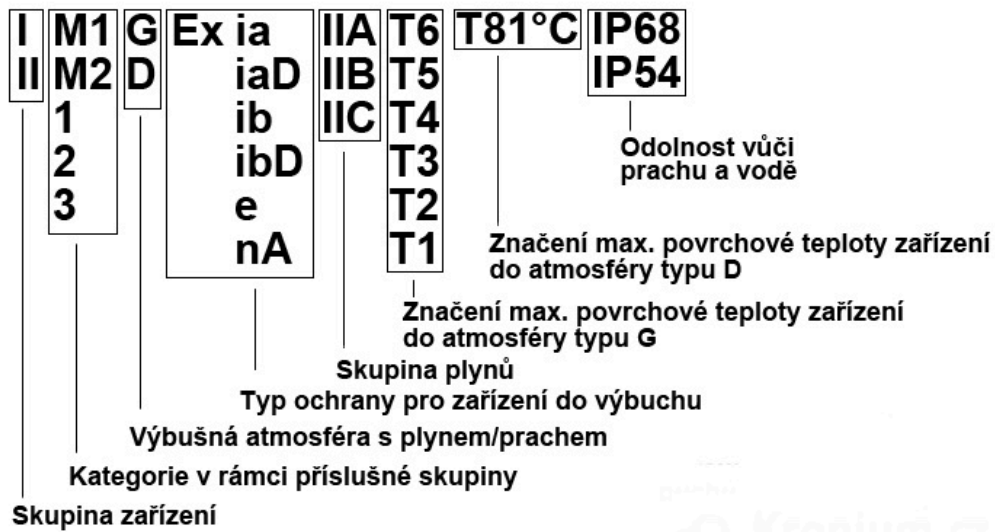
Výbušné prostředí je klasifikováno do několika zón, podle kterých je možné vhodně manipulační techniku zvolit.

Zóny:

- **Zóna 0** je taková, kde je výbušná zóna přítomna stále nebo dlouhodobě.
- **Zóna 1** je zóna, kde je za normálních podmínek vysoce pravděpodobné, že zde bude výbušná zóna přítomna.
- **Zóna 2** je prostor, kde je za normálních podmínek málo pravděpodobné, že bude zóna výbušná. Pokud se tento úsek stane výbušnou zónou potom pouze na krátkou dobu a poté se vrátí do nevýbušného stavu.
- **Zóna 20** je další ze zón, která je klasifikovaná jako oblast s výskytem prášků a prachových částic. [15]

Opatření a zásady používání elektrických strojů i manipulační techniky v Evropské unii upravuje směrnice ATEX. Takto certifikované vozíky manipulační techniky musí být označeny značkou CE, 4místné číslo notifikovaného orgánu (který provedl certifikaci), symbol Ex v šestihranu, skupinu zařízení, kategorii zařízení, typ výbušné atmosféry, typ ochrany a

kategorii zařízení dle technické normy, teplotní třídu nebo číselný údaj o maximální povrchové teplotě ve stupních Celsia a odolnost proti prachu. [8]



Obr. 2 Ukázka kódového značení ATEX [8]

5.2 Rozdělení dle druhu pohonu

5.2.1 Akumulátorová manipulační technika

Nespornou výhodou akumulátorových vozíků je jejich možnost použití uvnitř logistických prostor. Elektrická manipulační technika se vyznačuje tím, že neprodukuje žádné emise, má velmi tichý chod a neznečišťuje pracovní prostor.



Obr. 3 vozík Still RX 50 1,0 - 1,6t [12]

Baterie jsou u dnešních typů běžných vozíků snadno vyměnitelné, ale pro tento typ pohonu musí provozovatel zřídit nabíjecí stanici, kde budou jednotlivé baterie dobíjeny, aby mohly být v pohotovostním stavu pro výměnu, když bude potřeba vybitou baterii z vozíku vyměnit. Nabíjecí stanice mohou být realizovány jako součást logistické plochy nebo jako samostatná buňka. Je však důležité brát v potaz bezpečnostní pokyny, které s těmito prostory souvisí, jako je například odvětrávání místností pro nabíjení.

5.2.2 Manipulační technika se vznětovým motorem

Tento druh manipulační techniky je používán především pro venkovní použití, ale lze jej zařadit i do provozu uvnitř logistické haly nebo provozu. Pro vnitřní použití musí být vozík vybaven katalyzátorem pro omezení množství spalin. Výhodou vznětového motoru je, že není nutná výměna akumulátorových baterií a zřizování nabíjecích stanic. Vznětový motor je ovšem v porovnání s akumulátorovými vozíky hlučnější a více znečišťuje okolí. [6]



Obr. 4 vozík Still RC 40 1,6 - 3,5 t [12]

5.3 Rozdělení dle výšky zdvihu

5.3.1 Nízkozdvižné vozíky

Nízkozdvižné vozíky mohou být poháněny buď ručním pohonem, nebo elektricky, tomuto druhu manipulační techniky se také lidově říká „paleták.“ Tento druh vozíků slouží pouze k horizontální přepravě materiálu, jelikož jak už z názvu vyplývá není uzpůsoben ke zvedání břemen do výše, ale spíše k přepravování jednotlivých palet nebo beden po rovinném zpevněném povrchu logistických a výrobních hal. [7] [9] [12] [15]



Obr. 5 vozík Still EXU [12]

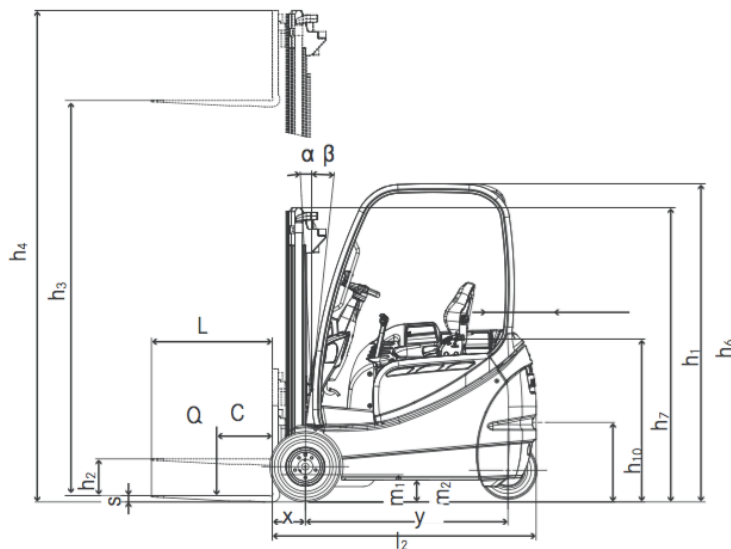
5.3.2 Vysokozdvížené vozíky

Základním popisem součástí a vlastností manipulační techniky vysokozdvížných vozíků se zabývá zejména norma ČSN ISO 5053 Motorové manipulační vozíky - terminologie.

V současné době se v České republice vysokozdvížené vozíky, nejčastěji čelní, používají jako technika pro dopravování materiálu v oblasti logistiky a výroby. Tento druh manipulační techniky je výhodný svou nosností, rychlostí přepravy a i vysokým zdvihem. Tyto parametry se samozřejmě liší podle vybraného typu.

Vysokozdvížných vozíků je nabízené velké množství rozličných typů, právě kvůli svému širokému využití v průmyslu.

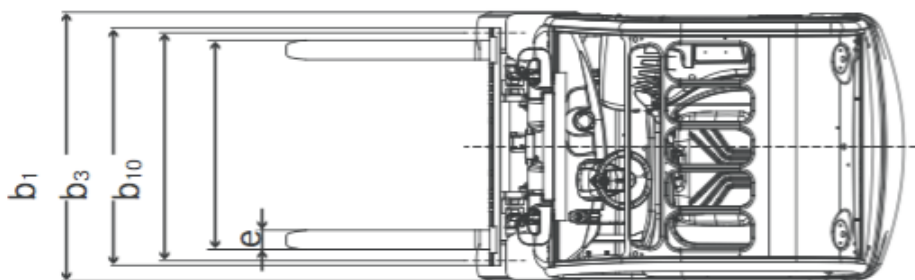
Parametry, které jsou pro tento druh manipulační techniky důležité jsou shrnuty na následujících obrázcích. [12]



Obr. 6 Still RX 20 Elektrický vysokozdvížený vozík- pohled z boku [12]

Popis parametrů Obr. 6 Still RX 20 Elektrický vysokozdvížený vozík- pohled z boku [12]

| | |
|----------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| Q Jmenovitá nosnost | h_4 Výška vysunutého zvedacího zařízení |
| C Vzdálenost těžiště břemene | h_6 Výška nad ochranou stříškou (kabinou) |
| X Vzdálenost břemene | h_7 Výška sedadla vztažená k SIP |
| Y Rozvor kol | h_{10} Výška spojky tažného zařízení |
| α Naklonění zvedacího zařízení / nosiče vidlic, dopředu | l_2 Délka včetně zadní části vidlic |
| β Naklonění zvedacího zařízení / nosiče vidlic, dozadu | s Tloušťka vidlic |
| h_1 Výška spuštěného zvedacího zařízení | L Délka vidlic |
| h_2 Volný zdvih | m_1 Světlost s břemenem pod zvedacím zařízením |
| h_3 Zdvih | m_2 Světlost ve středu rozvoru kol |



Obr. 7 Still RX 20 Elektrický vysokozdvížený vozík- pohled shora 1 [12]

Popis parametrů Obr. 7 Still RX 20 Elektrický vysokozdvížený vozík- pohled shora 1 [12]

| | |
|------------------------|------------------------|
| b1 Maximální šířka | b10 Rozchod kol vpředu |
| b3 Šířka nosiče vidlic | e Šířka vidlic |

U vysokozdvížných vozíků se jedná o tři typy zvedacích mechanismů, které jsou v dnešní době používané a výrobci poskytované. Jedná se o hydraulický mechanismus s řetězem, může se vyskytovat v různých modifikacích podle výrobce, ale principiálně jsou základní parametry stejné. 3 druhy zvedacích mechanismů jsou simplex, duplex a triplex.

Simplex jako jednoduchý zvedací mechanismus je tvořen dvěma souměrnými rameny, která jsou opatřena přímočarým hydromotorem v postranních ramenech. Přímočarý hydromotor je opatřen řetězovou kladkou, okolo této kladky je natažen řetěz. Jeden konec řetězu je připojen pevně k rámu, tato část řetězu se při zdvihu nepohybuje. Druhý konec řetězu je připojen k vidlicím, tato část řetězu se pohybuje v závislosti na poloze pístu a umožňuje zdvih vidlic. Druhý hydromotor ovládá naklápění vidlic.

Duplex a triplex jsou dvounásobný nebo třínásobný simplex. Díky duplexu nebo triplexu dosahují vozíky vyšších zdvihů, ale přitom se díky tomuto systému nezvyšuje výrazně výška vozíku jako takového.

Triplex je tvořen třemi rámy, které jsou skládány za sebe směrem od kabiny vozíku. První rám (nejblíže ke kabině) je samonosná základní deska, která se při zdvihu vysouvá jako první. Jakmile tento rám dosáhne své maximální výšky, začne se vysouvat druhá část rámu a poté i třetí. U duplexu je systém stejný, jenom chybí třetí fáze vysunutí posledního rámu.

U vysokozdvížných vozíků se často v provozech můžeme setkat s vozíky pod označením retrak. Tento typ manipulační techniky se vyznačuje výsuvným sloupem, na kterém jsou připevněny vidlice, kterými je nabírán a ukládán materiál. Tento typ je vhodný především do úzkých uliček skladu. [7] [15]

5.3.3 Automatické zakladače

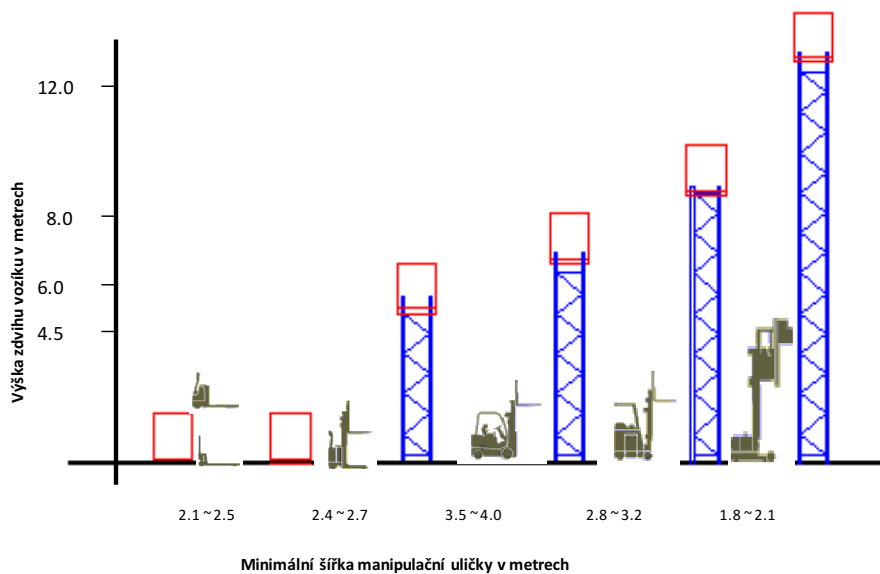
Automatické zakladače, jinak také označované jako systémové vozíky jsou speciálním druhem manipulační techniky, která je uzpůsobena pro fungování pouze mezi regály. „Systémové vozíky nastupují většinou tam, kde končí možnosti retraku, tedy v devíti metrech. Jsou většinou obsluhovány řidičem (man-up), který je s manipulační jednotkou vyzvedáván do výšky příslušného regálového patra. V poslední době se však můžeme také setkat se systémovými vozíky v částečně automatizovaných nebo plně automatizovaných skladech. Výrobci manipulační techniky dodávají také vozíky s obsluhou dole (man-down), s nimiž se však tak často nesetkáváme,“ jak uvádí ve svém článku Podstawka.[13] Ukázka systémového vozíku je vidět na obrázku 8. [10]



Obr. 8 Systémový vozík Jungheinrich [10]

5.4 Rozdělení uliček pro jednotlivé druhy manipulační techniky

Každý druh manipulační techniky vyžaduje jiný druh uličky pro manipulaci s materiálem, aby mohl materiál naložit a založit na regálové místo ve skladu. Základní rozdělení uliček je vyznačeno na následujícím obrázku číslo 9.



Obr. 9 Šířky uliček pro jednotlivé druhy MT

Jednotlivé druhy z Obr. 9 Šířky uliček pro jednotlivé druhy MT:



Obr. 10 Popis symbolů pro jednotlivé druhy manipulační techniky

Zvolení druhu manipulační techniky je závislé i na tomto parametru. V případě plánování nové logistické haly pro skladování nebo i pro výrobu jsou většinou vstupními parametry plocha pro skladování a požadovaný počet paletových míst pro skladování. Již u návrhu těchto skladovacích prostor musí být brán v potaz i druh manipulační techniky, aby byly uličky dosti široké, ale aby zároveň používaná manipulační technika splňovala požadavky v širším pojetí a byl splněn i následný požadavek na využití (utilizaci) vybraného typu.

6 ZPŮSOBY POŘÍZENÍ MANIPULAČNÍ TECHNIKY

V dnešní praxi jsou nejčastější 3 způsoby pořízení manipulační techniky, jsou tím nákup, finanční leasing a pronájem manipulační techniky. Základním parametrem, podle kterého se konkrétní společnost rozhoduje, jaký způsob zvolí je hlavně kapitál, který má aktuálně k dispozici a jaký objem financí má na další roky používání manipulační techniky.

6.1 Nákup

Jednoduchý a rychlý způsob pořízení manipulační techniky. Výhody tohoto způsobu jsou rychlá dostupnost jednotlivých potřebných kusů manipulační techniky. Vozík je v plném vlastnictví dané společnosti, která techniku pořídila.

Nevýhodnou může být zejména nutnost podniku se o vozíky starat, samostatně je servisovat a opravovat. Další nevýhodou může být nutnost dispozice celé částky na pořízení jednotlivého kusu flotily manipulační techniky. [7] [9] [12] [15]

6.2 Finanční leasing

Finanční leasing je způsobem financování, který je založen na jednotlivých splátkách po sjednanou dobu s následnou možností odkupu manipulační techniky. Toto je vhodný způsob pro pořízení manipulační techniky, kdy společnost potřebuje finance na pořízení rozložit do delšího časového období, kdy každý měsíc ví, kolik za jednotlivý kus zaplatí a po oběhnutí doby splácení chce vozík od společnosti odkoupit do osobního vlastnictví. [7] [9] [12] [15]

6.3 Pronájem techniky

Pronájem manipulační techniky je vhodný zejména pro činnosti, které nemají trvalý charakter, to znamená, že manipulační technika není potřebná celoročně a nepřetržitě. Jedná se o činnost převážně sezónního nebo nárazového charakteru. [6] [9] [12] [15]

V tomto případě společnosti, která si vozík pronajímá, odpadají náklady na vozík, když ho nepotřebuje k činnosti a nemusí vložit nemalý kapitál pro pořízení techniky takzvané „za hotové.“

Pronájem techniky většinou obsahují i služby od poskytovatele, což je pojištění a údržba vozíku.

6.4 Dlouhodobý pronájem – Full service

Jedná se o dlouhodobý pronájem manipulační techniky, standardně v době trvání 36,48 nebo 60 měsíců.

V režimu Full service pronajímatel zajišťuje termíny údržby, oprav, originální náhradní díly i bezpečnostní kontroly. Již z názvu je patrné, že se pronajímající společnost stará kompletně o všechny náležitosti během životního cyklu každého jednotlivého vozíku a za pravidelnou měsíční splátku. [7] [9] [12] [15]

7 METODY OPTIMALIZACE MANIPULAČNÍ TECHNIKY

Dnešní největší úlohou podniků se stávající flotilou manipulační techniky je tento objem vozíků optimalizovat, aby šetřily náklady a zároveň byla skladba flotily pro podnik a druh vykonávané činnosti optimální.

Optimalizace manipulační techniky lze dosáhnout několika různými cestami. U optimalizace je základním stanovit si cíle, kterých chceme prostřednictvím optimalizace dosáhnout. Optimalizujeme množství manipulační techniky, její druhy nebo jednotlivé trasy?

Jednotlivé metody, jak dosáhnout cíle optimalizace v praxi popisují dále rozdělené do kapitol podle toho, jakými metodami se k cílům dostáváme. Nejčastěji je v praxi používaná kombinace všech metod, abychom některé z kritérií nepřehlédli nebo nepodcenili.

7.1 Optimalizace množství a druhů manipulační techniky

Klasickým požadavkem na optimalizaci je redukce množství manipulační techniky a tím i snížení nákladů na její provoz a údržbu. S redukcí počtu souvisí i optimalizace druhu manipulační techniky. Není možné redukovat množství vozíků ve flotile, když výsledné druhy vozíků nebudou odpovídat jejímu použití.

Prvním krokem k redukcí množství manipulační techniky je analyzovat stávající využití jednotlivých vozíků. Využitý vozík je ten, který manipuluje s materiálem, ať už ho převáží nebo zakládá na pozice ve skladu. Tento monitoring stávajícího stavu se provádí pozorováním a zapisováním údajů o běžném provozu manipulační techniky.

| Číslo stroje | Z | Do | Čas | Poznámky (kolik palet veze, rozměry) |
|--------------|---|----|-----|--------------------------------------|
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

Tab. 1: Vzor tabulky pro monitoring stávajícího stavu

Do tabulky, která je vidět výše zapíše pracovník, který provádí monitorování, odkud a kam vozík jel, kolik vezl palet, jestli jel prázdný, nebo jestli stojí a čas, ve kterém svoji aktivitu započal i skončil. Toto pozorování je dobré provádět několik dní, buď po sobě jdoucích nebo i na sobě nezávislých, abychom byli schopni z dat získat relevantní statistické údaje.

| Číslo stroje | Z | Do | Čas | Poznámky (kolik palet veze, rozměry) |
|--------------|--------|--------|-------------|--------------------------------------|
| MT 01 | výroba | sklad | 7:00 – 7:25 | Prázdné obaly |
| MT 01 | sklad | příjem | 7:40 – 7:47 | Prázdný |
| MT 01 | příjem | sklad | 8:00 – 8:10 | 2x palety |

Tab. 2: Vzor vyplněné tabulky pro monitoring stávajícího stavu

Z takto vyplněné tabulky je možné již usuzovat, které přejezdy vozíku byly nutné (manipuloval s materiálem, nebo pro materiál jel), jak dlouho mu jednotlivé operace trvaly a tudíž i jeho vytíženost během směny nebo dne.

Následné výpočty pro využití manipulační techniky jdou definovány v několika krocích. Z aktuálního stavu zjistíme, kolik času vozík pracoval, tato hodnota se standardně uvádí v motohodinách (Mth). Další hodnoty vycházejí z počtu směn ve sledované provozu, počtu státem definovaných povinných přestávek, které mohou záviset na druhu provozu, jestli obsluha manipulačních vozíků pracuje v těžkém prostředí, nebo ve standardních podmínkách. Průměrné podniky dnes pracují ve dvousměnné provozu, tedy maximální nájezd vozíku může být po odečtení všech přestávek je 14,5 hodiny. Tyto dvě hodnoty dané do poměru aktuální nájezd ku maximálnímu nájezdu dostaneme poměr využití manipulační techniky, po vynásobení stem dostaneme tento údaj v procentech.

Po výpočtu nutného množství manipulační techniky je nutné se zabývat i její skladbou, která je z tabulky 2 (Tab. 2: Vzor vyplněné tabulky pro monitoring stávajícího stavu) patrná dle jednotlivých dílčích činností, které konkrétní vozík vykonává. Z logického principu by se měly slučovat vozíky s podobnými parametry zdvihu a nosnosti.

7.2 Optimalizace tras

Ve většině případů má každý vozík ve skladu, výrobě, expedici či příjmu materiálu svou oblast působnosti, tedy trasy nebo části, které obsluhuje. Tento systém je výhodný v tom, že tímto je definováno, jaké parametry pro danou oblast musí vozík splňovat a následně i obsluha je v dané oblasti obratnější, než při absolvovaných trasách, které jsou pro ni neznámé. Úskalím v tomto případě bývá to, že při vyšším počtu vozíků, které například zásobují výrobní linku ze

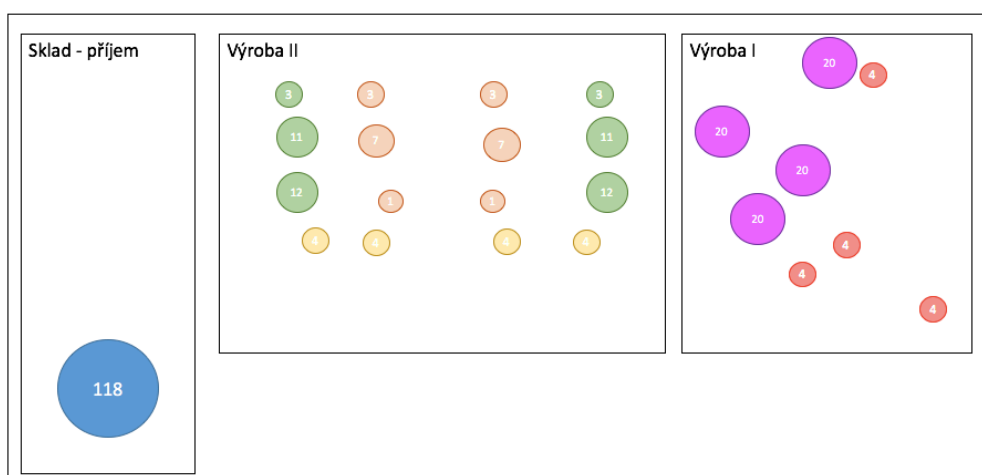
skladu není jasně rozděleno, který vozík zásobuje kterou část linky a jakým materiálem. Zde potom dochází k neefektivitě a křížení tras.

Pokud chceme zpracovat úlohu optimalizací tras, musím znát layout, na kterém manipulační techniku optimalizujeme. Layout nám určí překážky v trasách a zároveň i možnosti, kudy je možné materiál přepravovat. Dalším základním ukazatelem je i intenzita toku, to znamená kolikrát za hodinu, nebo směnu by měl ve standardních podmínkách vozík daným místem projet, aby v provozu nevznikala úzká místa, kde bude tak vysoká intenzita, že se zde bude provoz spíše zdržovat.

Vstupními parametry pro optimalizace tras manipulační techniky jsou objem přepravovaných palet, layout oblasti, počet vozíků obsluhujících tuto operaci. Tento objem může být dán taktem výroby (počet dílů za hodinu nutných k výrobě v daném místě), průtokem palet ve skladu, průměrným počtem palet vydaný/přijatých do/ze skladu.

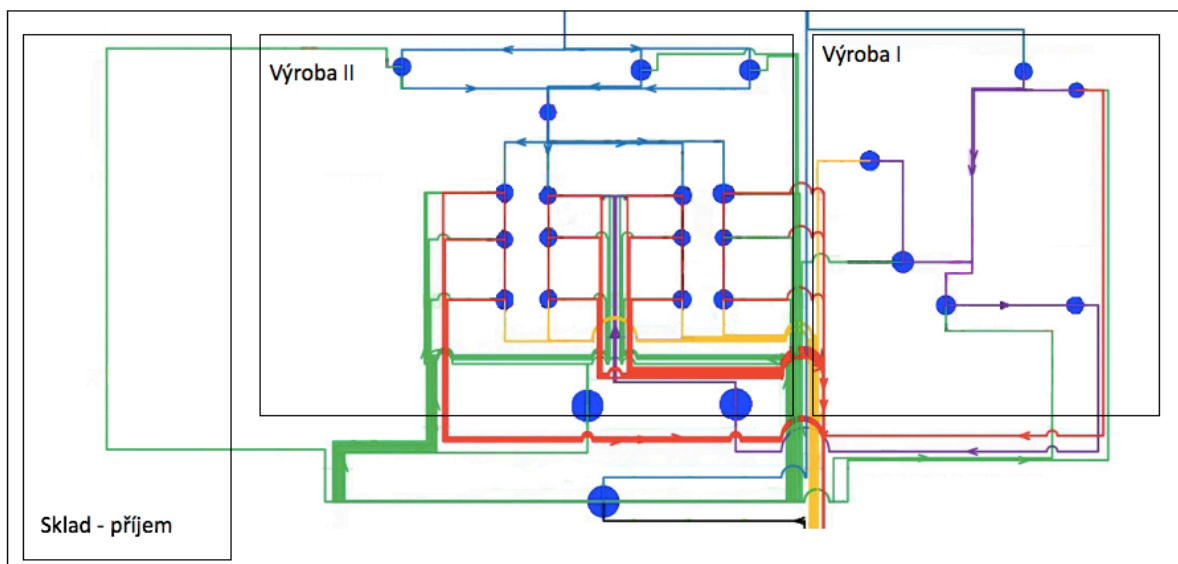
Po získání vstupních parametrů se zaměříme na jednotlivé činnosti, které vozík s materiálem během celého cyklu práce s ním provádí. Každá činnost má svůj zdroj i cíl, tudíž můžeme identifikovat jednotlivé trasy a jejich délku. Podle požadovaného množství přepravovaných palet spočítáme, kolikrát musí vozík trasu projet aby uspokojil potřeby zdrojové nebo cílové oblasti.

Pro názornou ukázkou si zvolíme imaginární příklad výrobního podniku, který je schematicky zkeslen na obrázku 11. Na tomto obrázku jsou znázorněny intenzity paletových toků za hodinu, které buď produkuje výroba nebo sklad tím, že tyto objemy potřebuje do výroby přemístit.



Obr. 11: Schéma výrobního podniku

Z těchto údajů již můžeme zkusit mapu materiálových toků, což znamená odkud, kam a kolik materiálu přepravujeme, abychom vytvořili i prostorovou mapu vytíženosti manipulační techniky.



Obr. 12 Ukázka vizualizace materiálových toků

Na základě této mapy můžeme vyvodit dva závěry, z nichž je jeden je, jaká místa v logistické hale jsou nejvíce vytížena provozem manipulační techniky a následně zvážit změnu trasy materiálového toku, aby nedocházelo k přetěžování uliček nebo křižovatek. Mapa materiálových toků slouží i jako plánovací podklad při tvorbě nového logistického prostoru k určení potřebné šíře manipulačních uliček mezi definovanými funkčními bloky v logistickém prostoru a jeho značení.

7.3 Dynamická simulace

Pro optimalizaci manipulační techniky lze použít i simulační programy, ve kterých můžeme ověřit jakékoliv možné nastávající možnosti v procesu. Modelování stávajícího nebo budoucího (navrženého) procesu v programech určených pro dynamickou simulaci jsou výhodné zejména pro to, že se spočítanou odchylkou jsme schopni jednoznačně určit výsledek změny. [3]

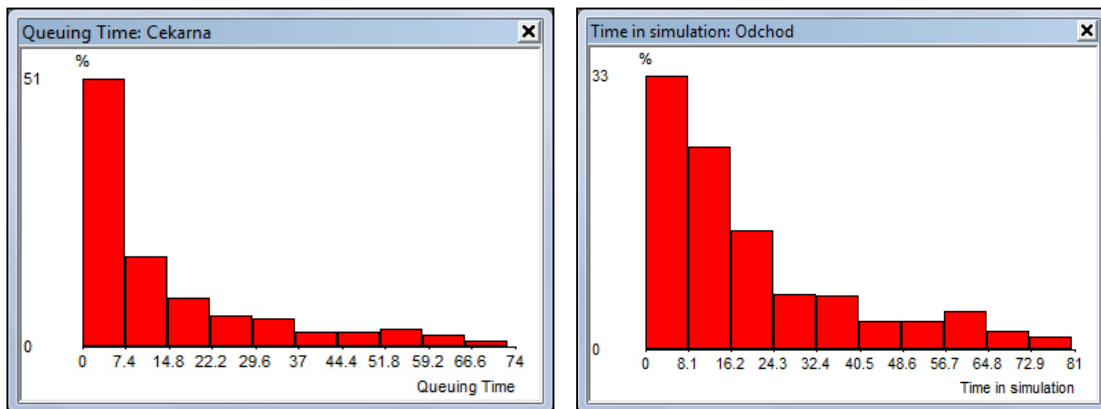
Do simulačního programu je primárně nutné vložit jednotlivé entity (objekty), zdroje a cíle které se procesu účastní. Vložením těchto objektů ohraničíme proces, který modelujeme, ostatní prvky, které do modelu neumístíme jsou pro nepodstatné a model s nimi nepočítá. [8]

V simulačním modelu lze nastavit počet příchozích prvků do systému, například počet palet nutných pro zásobování pracovní linky a kapacitu regálu u pracovního místa linky. Stejně

tak můžeme nastavit i dobu pracovní činnosti linky, tedy jak dlouho se materiál někde zdrží, kapacitu místa u pracovní linky na hotovou výrobu a dobu nutnou pro odvoz hotové výroby do skladu. [3]

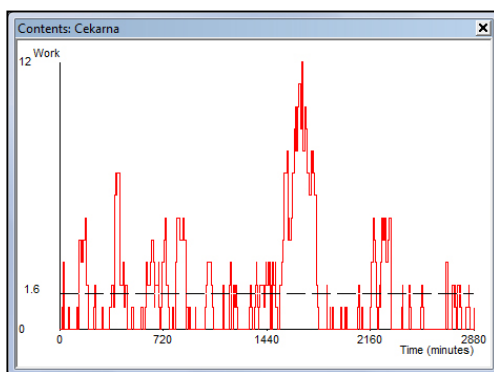
Po takovémto nastavení simulačního modelu můžeme provést testování definovaného případu v libovolném počtu opakování nebo měnit jednotlivé parametry podle toho, jak optimalizujeme reálný proces. [3]

Výstupem z modelu mohou být numerické nebo grafické. Numerické výstupy je možné z programu exportovat do běžných editorů MS Office. Výsledky jsou podány pro jednotlivé entity modelu podle jejich nastavení a definice. Grafické výstupy se dělí do několika skupin. Prvním grafickým výstupem je histogram, který ukazuje pravděpodobnostní rozdělení, které ukazuje jak dlouho například materiál čekal ve frontě na odvoz hotové výroby do skladu. [3]



Obr. 13 Ukázka grafů – histogram [3]

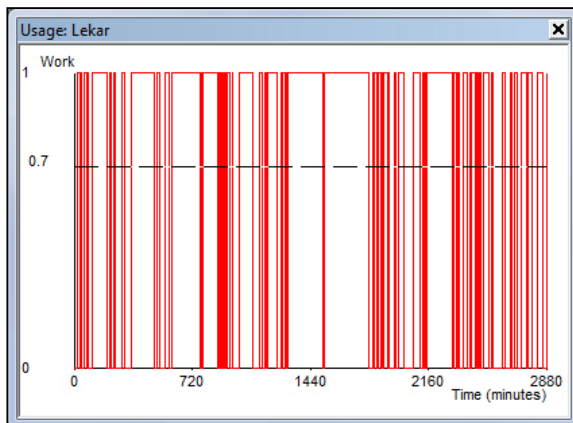
Druhým typem grafu je počet čekajících palet na odvoz na linku nebo z linky.



Obr. 14 Ukázka grafů - počet čekajících entit [3]

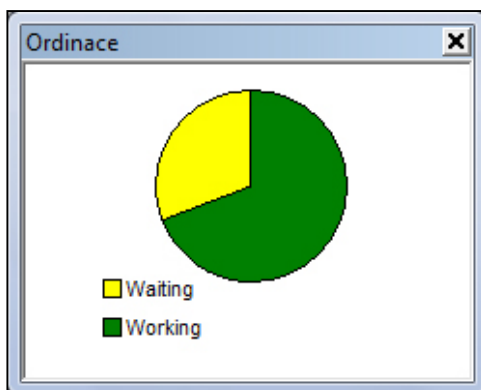
Dalším, podobným grafem, sloupcovým, je graf ukazující využití stoje, u nás vozíku převážející materiál. Je zde vidět počet palet, které vozík aktuálně obsluhuje. Graf je v podstatě tvořen sloupci o různé šířce, která odpovídá době, kdy vozík nepřetržitě vozí palety

bez přestávky. Kdyby celou plochu grafu tvořil jeden souvislý sloupec, bylo by využití celkem 100%. [3]



Obr. 15 Ukázka grafů – využití [3]

„Posledním typem je koláčový graf, který znázorňuje, jakou poměrnou dobu probíhá určitá aktivita.“ [3]



Obr. 16 Ukázka grafů - koláčový graf [3]

8 ZPŮSOBY OBNOVY MANIPULAČNÍ TECHNIKY

Pořízení nové manipulační techniky, ať už jednotlivého stroje nebo větší části flotily je strategickým a finančně náročným krokem v podniku. Proto jsou zařízení sledována a dbá se na jejich obnovu, aby stále pracovaly spolehlivě a bezporuchově. Složitější je ovšem v praxi určit dobu, kdy pravidelnou obnovu stroje provést, aby nebyla obnova provedena dříve než je možné, ale zároveň dříve než bude stroj ve stavu poruchy.

„ČSN 01 0102-79 obdobně jako většina dalších cizích státních i mezinárodních norem definuje v dané souvislosti tzv. mezní stav jako stav (technický stav) objektu, ve kterém musí být další využití objektu přerušeno pro:

- neodstranitelné porušení bezpečnostních požadavků, nebo
- neodstranitelné překročení předepsaných mezí stanovených parametrů, nebo
- neodstranitelné snížení efektivnosti provozu pod přípustnou hodnotu, nebo
- nutnost provedení generální opravy.“ [5]

„Řešení je předpokládáno mimo oblast spolehlivosti, konkrétní podmínky pro obnovu druh a velikost příslušných kritérií zpracovávají buď výrobci objektů, nebo jejich uživatelé sami; v příznivém případě dochází ke spolupráci.“ [5]

8.1 Motivace obnovy manipulační techniky

Pro obnovu manipulační techniky může vést několik hlavních důvodů, z nichž hlavní jsou minimalizace nákladů a zajištění spolehlivosti stroje.

Minimalizace dlouhodobých nákladů je definována zvratem vývoje ročních nákladů na provoz a vlastnictví vozíku. Je to okamžik, kdy náklady na opravy převýší roční pokles nákladů na opotřebení a úrok z pořízení vozíku. Toto pravidlo nám může poskytnout přibližný odhad doby, kdy je vhodné stroj obnovit, ale je třeba přihlížet i na růst nákladů v dalších letech používání stroje, protože náklady na opravu stroje v těchto následných letech mohou být násobně větší než v letech předchozích.

Zajištění spolehlivosti je myšleno jako zabránění havarijního stavu stroje. Pokud je stroj v havarijním stavu vznikají v procesu další závislé náklady, které je nutno v nákladech na opravu zohlednit. Zejména v procesu výroby a dodávky materiálu k výrobě mohou být tyto náklady vyšší kvůli neschopnosti výrobní linky dodávat hotové výrobky díky nezásobením vstupním materiálem.

8.2 Strategie obnovy

V teorii i praxi existují 4 strategie obnovy:

- Provádět obnovu často
- Provádět obnovu části strojového parku každý rok
- Provádět obnovu při dostatku finančních prostředků
- Provádět obnovu při dosažení mezního fyzického stavu [4]

- **Provádět obnovu často**

Pokud bude na stroji prováděna častá obnova, potom je zde minimalizováno riziko poruch nebo havarijních stavů a s tím snížení nákladů na opravu havarijního stavu. Ovšem pojetí obnovy jako včasné generuje vyšší dlouhodobé náklady, než je nutné.

- **Provádět obnovu části strojového parku každý rok**

Tato metoda je výhodná pro kontrolu cash flow v oblasti obnovy strojů, každý rok je vynaložena srovnatelně velká částka. I v tomto pojetí obnovy mohou vznikat vícenáklady na předčasnou obnovu stroje.

- **Provádět obnovu při dostatku finančních prostředků**

Idea tohoto postupu je posunout nebo předsunout plánované opravy na dobu, kdy bude mít podnik dostatek finančních prostředků pro obnovu strojů. Tato metoda obnovy je riziková v tom, že podnik si nikdy nemůže být jist, kdy bude mít tento dostatek a tudíž je obtížné tyto obnovy plánovat v delším časovém horizontu. Dalším záporem této metody je, že nerespektuje požadavky na údržbu, která by měla být provedena již před okamžikem dostatku kapitálu.

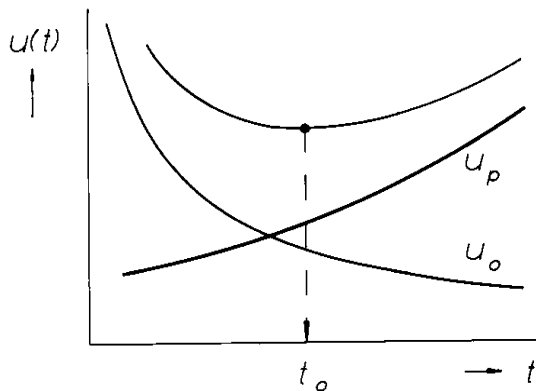
- **Provádět obnovu při dosažení mezního fyzického stavu**

V krajním případě je možno stroje obnovovat až v bodě dosažení mezního fyzického stavu, to znamená až v době, kdy je stroj v poruše nebo dojde k havarijní poruše. Tento postup je extrémní v tom, že nepředpovídá budoucí potřebné opravy, ale chce provozovat stroj až do krajní meze. Zde nastává riziko prostojů výrobních procesů a vyšších nákladů na opravu než u pravidelné obnovy, která havarijním stavům předchází.

8.3 Okamžik vhodné obnovy

Jaroslav Havlíček definuje moment vhodné obnovy jako normativ diagnostického signálu pro obnovu. „Logicky lze normativ pro obnovu pro všechny prvky základního souboru

definovat jako takovou hodnotu diagnostického signálu, při které je poměr sumy nákladů na obnovu a provoz k sumě všech dob provozu všech prvků minimální.“ [5] Tuto definici ilustruje obrázek číslo 17.



Obr. 17 stanovení optimálního okamžiku obnovy z průběhů průměrných jednotkových nákladů [5]

Tato definice přenesená do grafu určuje úroveň diagnostického signálu, při kterém jsou náklady na provoz a zároveň i náklady na údržbu minimální. Tento normativ však není mezním okamžikem pro obnovu stroje, nýbrž její optimální hodnotou, kdy je vzhledem k nákladům optimální provést obnovu stroje. Jak uvádí Havlíček, tato hodnota je proměnná a je třeba ji nahradit neměnnou veličinou. V praxi se obnova strojů řídí většinou technickými údaji, které k danému stroji přísluší jako je například průběh opotřebení, jedná se také o údaje zadané výrobcem daného stroje, který charakterizuje a definuje jednotlivé intervaly pro údržbu již v technických listech. [5]

9 AKTUÁLNÍ TRENDY V MANIPULAČNÍ TECHNICE

9.1 Monitoring manipulační techniky pomocí kamer na MT

9.1.1 Současné používané metody pro monitoring MT

Jedná se o nový způsob monitoringu manipulační techniky pro účely zjišťování aktuální polohy MT, rychlosti, využití a potenciálně i pro její řízení.

Do dnešní doby bylo možné manipulační techniku monitorovat buď manuálně, pomocí pracovníků, kteří byly pro tuto práci jednorázově najmuti nebo jmenováni. Toto bylo jednorázové řešení, kterým není možné provoz monitorovat kontinuálně a spolehlivě.

Další možností, jak udržovat stálý dohled nad provozem manipulační techniky bylo monitorování pomocí kamer rozmístěných v logistické hale. Podle velikosti logistické plochy bylo nutné nainstalovat rozličné množství kamer a vznikalo zde také riziko slepých úhlů. Toto řešení pomůže s monitoringem, ale ne s kontrolou výstupů, protože výstupy z toho způsobu měření jsou pouze optické bez jasných výstupů, které by byly jednoduše kvantifikovatelné.

Složitějším, ale přesnějším způsobem monitoringu pohybu manipulační techniky je metoda založená na principu GPS. V dnešní době se do logistických hal instalují vysílače signálu, které měří čas, který lze jednoduše nazvat jako „time to delivery.“ Toto slovní spojení vyjadřuje postup, jakým GPS snímač v hale zjistí, kde se jednotlivý kus manipulační techniky nachází. GPS vysílač má vedený přesný čas, tento čas GPS zašle přijímači na vozíku, vozík tento čas přijme a porovná ho se svým časem, tím vozík a GPS zjistí dobu přenosu, doba přenosu se zde měří jako doba, jak dlouho trvalo, než signál doletí k vozíku rychlostí světla. Z tohoto spočítaného času přenosu se počítá vzdálenost od vysílače (GPS). K přesnému určení polohy jednoho vozíku je však zapotřebí celkem 3 vysílačů v dosahu vozíku. Je tomu tak proto, že určení vzdálenosti na základě času přenosu dat je spojeno s chybou výpočtu nebo možným rušením kvůli ostatním signálům z jiných zařízení. Proto jeden vysílač určí přibližnou polohu vozíku, tato poloha je reprezentována kruhem, kde je možný výskyt vozíku podle výpočtů. Po výpočtu ze tří vysílačů se tento okruh výskytu zúží na oblast průniku těchto tří kruhů.

Nevýhodou tohoto systému je možné rušení signálu, odraz signálu, drahé GPS vysílače a v neposlední řadě i delší instalace přijímače na vozík a vysílače na dostatečný počet míst do logistického prostoru, která je také nákladná.

V dnešní době se již rozšiřuje do různých odvětví používání optických kotev, neboli QR kódů. Na to reaguje i další metoda pro monitoring pohybu manipulační techniky. Tato metoda

spočívá v instalaci kamery nebo čtečky QR kódů přímo na vozík a instalaci jednotlivých QR kódů do oblastí pohybu manipulační techniky. Princip je potom jednoduchý, vozík projíždí logistickou halou a svým pohybem načítá jednotlivé QR kódy z okolí dosahu kamery nebo čtečky. Tato metody je nepřesná, protože určuje pouze přibližný pohyb vozíku. Pokud kamera nebo čtečka kód sejme není definována přesná vzdálenost od kódu, tudíž známe pouze přibližnou oblast, kde se vozík nachází. K tomuto způsobu monitoringu je samozřejmě potřeba i kompletní databáze QR kódu s jejich jednoznačným označením polohy, aby byly výstupy interpretovatelné.

9.1.2 Motivace vzniku metody využívající ORB SLAM

Jelikož jsou všechny aktuálně používané metody nákladné nebo značně nepřesné, vznikla potřeba zajistit nebo vyvinout metodu, které bude rychlá, levná a relativně přesná. Dalšími požadavky, které se opakují v dnešní době na nové metody je automatizace, objektivizace a efektivita monitoringu manipulační techniky, jejího pohybu a využití.

Zkratka ORB SLAM pochází z angličtiny SLAM simultaneous localization and mapping, ORB potom v angličtině Oriented BRIEF, kde další zkratkou je BRIEF Binary Robust Independent Elementary Features. [14]

V dnešní době existují 2 typy metod, které splňují tyto požadavky.

- **Inerciální navigační systém**

Tato metoda využívá 2 zařízení, která jsou na pohybující se objekt připojena, 3-osý gyroskop a 3-osý akcelerometr. Gyroskop měří úhlovou rychlost, akcelerometr měří statické a dynamické zrychlení. Pokud tímto systémem zařízení mohu měřit zrychlení a polohu, dokážu výpočty určit také budoucí polohu za časový úsek, který mohu libovolně určit dle potřeby. Určením jednotlivých poloh vypočtených ze zrychlení a polohy dostávám jako výslednou veličinu trajektorii monitorovaného objektu. Výpočty ale obsahují chyby, které se s narůstajícím časovým úsekem násobí a na konci trasy objektu může být tato chyba libovolně velká. Chybu ve výpočtech lze korigovat kamerovým systémem, kterým můžeme chybu manuálně korigovat.

- **Metody založené na optickém systému**

Tento způsob monitoringu je založen na zjišťování optických informací, které jsme schopni získat z okolí sledovaného objektu, to znamená, že v každém okamžiku rekonstruuji 3D scénu okolí. [14]

V této metodě existuje několik testovaný nebo využívaných postupů.

- **Google selfdriving car**

Na automobilech Google je instalovaná otočná hlava s kamerou, která laserem měří vzdálenosti jednotlivých objektů, které se okolo vyskytují.

- **Epipolární geometrie**

Na objektu jsou umístěny 2 kamery, které mají přesně definovanou vzdálenost od sebe a pomocí epipolární geometrie určují, jak daleko od kamer jsou body okolí. „Rekonstrukce 3D scény ze dvou a více rovinných průmětů je klasická úloha počítačového vidění. Elementárním problémem je určení pozice bodu v prostoru pomocí dvojice kamer. Průmětem 3D scény do obrazových rovin těchto kamer vzniká dvojice obrazů nazývaných stereo pár. Teoretickým základem pro určení vzájemného vztahu stereo páru je epipolární geometrie, která je nezávislá na struktuře scény a závisí pouze na vnitřních parametrech kamer a jejich relativní pozici. Pomocí epipolární geometrie lze bod z prvního obrazu mapovat na přímku v druhém obrazu, což značně zjednodušuje nalezení korespondujících bodů (bod z prvního snímku není nutné hledat na celé ploše druhého snímku, ale jen na přímce nacházející se na této ploše).“ [2]

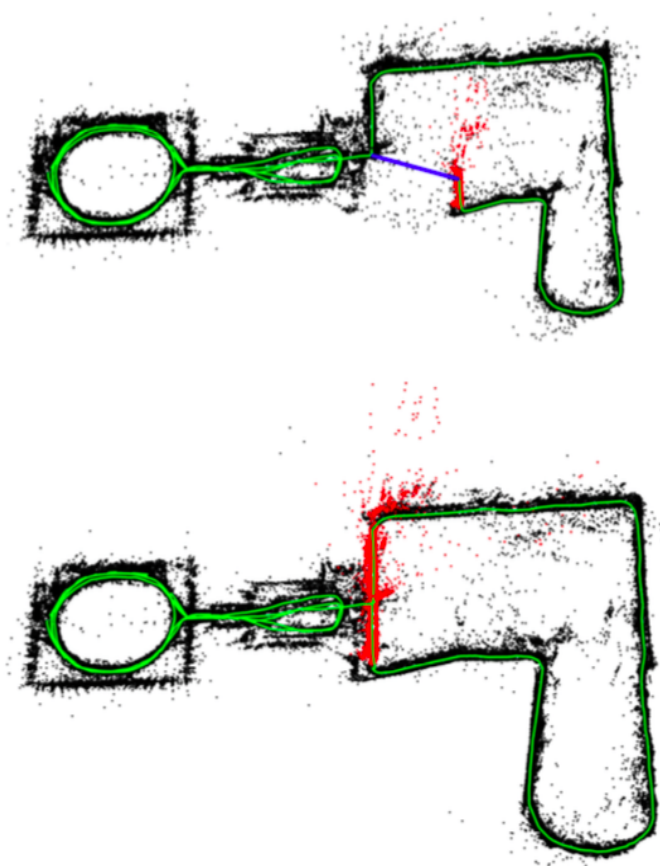
- **Monokulární geometrie (Monocular SLAM)**

Na sledovaný objekt je přidána jedna kamera, která snímá fotografie okolí. Tato metoda srovnává 2 snímky pořízené v různých časech a porovnává jejich relativní vzdálenost. Tato metoda je inspirována robotikou, která řeší 2 základní problémy a to lokalizaci a vytváření mapy. Vytváření mapy je rozděleno do dalších úloh, které řeší a to vytváření samotné mapy, lokalizace v mapě a neustálého objevování nového prostoru, který je přidáván do aktuální mapy. Tato metoda nedriftuje, to znamená, že v ní nenarůstá chyba, jelikož se mapa neustále aktualizuje a neustále aktualizacemi zmenšuje svojí chybu v lokalizaci. [14]

9.1.3 Aplikace metody monokulární geometrie do praxe

Základním principem metody je získávání snímků okolní scény, poté dostanu pozici kamery umístěné na vozíku.

Postupem času a jízdy vozíku jsou sbírány snímky reálné polohy a spočítané polohy podle matematických algoritmů. Díky počítané poloze sbírám s každým bodem i relativní chybu algoritmu počítajícího polohu. Vozík po určité době uzavře kruh, to znamená, že se vrátí zpět na výchozí místo, které poznám ze snímku okolní scény. Jakmile tento kruh uzavřu, algoritmus spočítá o kolik se liší reálná poloha a poloha spočítaná. Tímto rozpoznáním chyby zpětně optimalizují předchozí chyby, to znamená že celkovou chybu na uzavřeném kruhu distribuují na předešlé spočítané body. Tímto způsobem při každém opakování chybu zmenšují, protože algoritmus se každým uzavřeným cyklem zpřesňuje.[11]



Obr. 18 Ukázka spočítané trasy před a po uzavření kruhu [11]

Tento druh algoritmu počítá s Hamingovskou metrikou (vzdáleností), která porovnává referenční body v získávaných obrázcích. Na prvním snímku algoritmus nalezne referenční body a na dalším snímku tyto body hledá znovu, to znamená, že hledá ty samé body, které našel na prvním snímku, a jejich vzdálenost. Pokud má referenční bod na dvou snímcích dost malou vzdálenost, je to ten samý referenční bod jako na prvním snímku. [11]



Obr. 19 Ukázka hledání s spojení referenčních bodů [11]

Po tomto postupu získávám překryv při složení těchto dvou snímků. Znáím parametry kamery, kterou snímky pořizuji, díky překryvu a spočítané vzdálenosti určím, jak se od sebe tyto referenční body posunuly. Po těchto výpočtech můžu aplikovat metody epipolární geometrie a 3D rekonstrukce. [11]

9.1.4 Snímání břemen

K monitoringu manipulační techniky je důležité i vědět, jestli mi vozík jedoucí po trase veze i nějaký náklad, nebo jestli je nevyužit. I zde je několik možností, jak při metodě popsané výše přidat i snímání břemen.

Abychom poznali, jestli je před vozíkem náklad můžeme použít metody ultrazvukového kuželu. Tato metoda je používána u různých zařízení k rozpoznání překážky nebo měření vzdálenosti od okolí. Přijímač ultrazvukové vlny podle doby návratu signálu rozpozná, jestli je před ním břemeno nebo ne.

Další možností, jak poznat, jestli vozík má na sobě břemeno, je nasměrovaná kamera na toto břemeno. Metoda je jednoduchá, pokud se velká část obrazu nehýbe, ale vozík se hýbe,

potom je vozík naložený. S rozpoznáváním břemena pomocí kamery je spojena i metoda konvoluční neuronové sítě. Této metodě nahraji původní video, ve kterém není definováno, kdy je a není vozík využíván břemenem, potom zpětně metodu konvoluční neuronové sítě neučím, jak rozpoznat břemeno. Síť naučíme rozpoznávání tím, že zpětně ve snímaných obrazech určí, kdy je vozík naložen a kdy ne, z tohoto určení se metoda naučí podle charakteristických znaků určit kdy je břemeno vezeno a kdy ne.

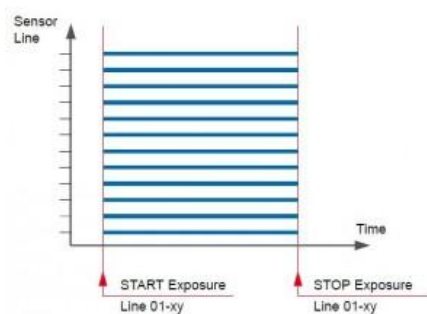
Poslední metodou, jak zjistit, jestli vozík má na sobě břemeno je jednoduchá a je vyjádřena jedním ze základních fyzikálních vzorců.

$$F = m * a \quad (1)$$

Díky tomuto vzorci můžeme v provozu velice dobře určit vezené břemeno a to i když by nebylo vidět kamerou nebo zachytitelné ultrazvukovou vlnou. Ve vzorci známe totiž zrychlení a , které spočítá metoda monokulární geometrie (monocular SLAM) přes posun referenčních bodů a čas. Sílu F je možné určit pomocí indukovaného proudu na výstupu z baterie vozíku. U této veličiny je důležité určit základní hodnotu, kdy vozík jede prázdný. Následně spočítaná hmotnost by měla být hmotnost vozíku bez břemene. Podle vzorce můžeme tedy v jakémkoliv čase určit podle měnícího se indukovaného proudu a zrychlení spočítaného z metody monokulární geometrie i hmotnost vezeného břemene. Překážkou pro použití výpočtu hmotnosti břemena je měření indukovaného proudu na přívodech k baterii. Na drát vedoucí od baterie do vozíku je třeba připojit měřící zařízení, které bude snímat a zapisovat měnící se hodnoty. Bohužel je ve většině případů takovýto zásah do vozíku nežádoucí.

9.1.5 Potřebné součásti k aplikaci metody

V první řadě potřebuji získat obraz k aplikaci metody popsané výše, k tomu je potřeba kamera, která bude snímat obraz přímo na vozíku. Metoda popsaná výše je náročná na kvalitu obrazu, ale není náročná na rozlišení ani barvu. Obraz může být i černo bílý a postačující rozlišení je 720 x 480 pixelů. Důležitá je však závěrka a způsob, jakým pořizuje obraz. Nejvhodnější je kamera s centrální závěrkou. „Centrální závěrka pracuje na stejném principu jako standardní clona filmové kamery. Závěrka se otevře, světlo dopadne na povrch snímače - na všechny řádky najednou - a pak se závěrka uzavře. Název „Centrální“ se v tomto případě odkazuje na jednorázovou expozici celého povrchu, při které se najednou zachytí celý obraz. Tento princip závěrky byl dlouho dostupný pouze u CCD snímačů a byl považován za technologii vhodnou pro rychle se pohybující objekty. Moderní CMOS snímače již disponují centrální závěrkou, což je užitečné zejména v aplikacích s vyšší snímkovou frekvencí při vysokém rozlišení.”[1]



Obr. 20 Centrální závěrka [1]

Po získání obrazu je další částí procesu získání obrazu pro další zpracování. Důležité je, že získávání obrazu a jeho zpracování nemusí probíhat současně. Je tedy možné mít v kameře, která obraz pořizuje, paměťovou kartu. Tuto kartu vyjmeme vždy na konci úseku, kdy se její paměť zaplní nebo skončí směna apod.

Další zpracování dat z paměťové karty je kritické místo procesu, protože je tato část náročná na výpočetní výkon. Zde funguje pravidlo 1 vozík na 1 týden je 100GB. Na tento výkon jsou možné použít následující možnosti, je možné pořídit pro monitoring manipulační techniky nový server, ale tato varianta je nákladná a server by nemusel být využíván mimo výpočet metody pro monitoring. Další možností je pronájem cloudu, webového serveru, který se dá pronajmout jenom na výpočetní výkon nebo časový úsek, jenom takový, který je potřebný, zde ale zůstává problém, jak na tento cloud data nahrát. Nahrávání dat bude časově i datově náročné. Je možné i na vozík připevnit zařízení, které bude přímo algoritmus počítat. Toto zařízení ale musí být připojeno na zdroj napájení, tudíž na baterii vozíku. Tímto zařízením ovšem snižujeme pohotovostní čas vozíku na jedno nabití baterie. K tomuto způsobu je také potřeba baterii demontovat, aby bylo možné zařízení připojit.

10 ZÁVĚRY

Ve své práci jsem v teoretických částech analyzovala rozdělení druhů manipulační techniky, která je aktuálně nejpoužívanější v českých podnicích. V jednotlivých kapitolách jsem analyzovala parametry manipulační techniky pomocí nabídky největších dodavatelů, kteří na českém trhu působí. Tyto dodavatelé jsou Still ČR, Toyota Material Handling CZ s.r.o., Linde Material Handling Česká republika s.r.o., Jungheinrich (ČR) s.r.o.. Díky materiálům, které tito dodavatelé poskytují na svých webových stránkách, bylo možné jejich portfolio manipulační techniky rozdělit do kategorií, které jsou v práci uvedeny a popsány. Ve své práci jsem se také zaměřila na rozdělení možností pořízení těchto manipulačních vozíků, které výše uvedené společnosti poskytují nebo umožňují.

Úlohy optimalizace manipulační techniky jsem ve své práci strukturovala podle požadavků na optimalizaci, jaké z mých zkušeností v oboru logistiky existují a jaké problémy většina podniků řeší. Optimalizační úlohy jsou rozsáhlým problémem, které je třeba řešit komplexně a do hloubky, proto jsou v mé práci analyzovány tyto metody s grafickými výstupy a postupy, jak je řešit. Aplikací těchto postupů na mnoha projektech bylo úspěšně ověřeno, že přinášejí úspory v oblasti manipulační techniky. Ve své práci jsem popsala následující metody:

- Optimalizace množství a druhů manipulační techniky
- Optimalizace tras
- Dynamická simulace

V poslední kapitole, která se věnuje aktuálním trendům v manipulační technice, jsem popsala, jaké metody jsou dnes vyvíjeny pro monitoring a následné řízení manipulační techniky bez lidského faktoru. Během tohoto výzkumu jsme hledali optimální druh kamery, který by byl cenově přijatelný, ale zároveň i pro tento druh monitoringu dostačující. Pro výzkum a první pokusy jsme zvolili kameru iDS UI-1221LE-M-GL, jejíž cena se pohybuje v řádu desítek tisíc. Aktuálně tuto metodu pro monitoring testujeme a optimalizujeme ve dvou podnicích. Výsledky provedených testů ukazují, že popsaná metoda pro monitoring manipulační techniky je vhodná pro použití v logistických halách a trasu vozíků jsme schopni věrně kopírovat s minimálními odchylkami. Na základě těchto testů metodu dále zlepšujeme a hledáme nové možnosti, jak v hardwaru, tak i v matematických výpočtech.

11 SEZNAM LITERATURY

- [1] ATE system [online]. *Globální a rolující uzávěrka*. Studentská 6202/17, Poruba 708 00, Ostrava 8: ATEsystem s.r.o., 2016 [cit. 2016-03-12]. Dostupné z: <http://kamery.atesystem.cz/know-how/globalni-a-rolujici-zaverka/>
- [2] BENDA, Martin. *Homografie a epipolární geometrie: vědecká stať*. Trilobit [online]. 2010, 2010(2), kapitola 3 [cit. 2016-03-12]. Dostupné z: Martin Beneda | 31.10.2010 13:34:00
Zařazení: Teorie | Číslo 2/2010 | Vědecká stať, Homografie a epipolární geometrie
- [3] DLOUHÝ, Martin, Jan FÁBRY, Martina KUNCOVÁ a Tomáš HLADÍK. *Simulace podnikových procesů*. První. Holandská 8, 639 00 Brno: Computer Press, a.s., 2007. ISBN 987-80-251-1649-4.
- [4] EDWARDS, W, *Replacement Strategies for Farm Machinery*. PM 1860, Iowa State University, 2001
- [5] HAVLÍČEK, Jaroslav a kolektiv. *Provozní spolehlivost strojů*. 2. přepracované vydání. Praha: Státní zemědělské nakladatelství, 1989. ISBN 80-209-0029-2.
- [6] JANDOUŠ Václav. *Manipulační zařízení, dočasná vysokoškolská učebnice*. Bratislava: ALFA 1981. 63-727-02
- [7] Oficiální stránky Jungheinrich (ČR) s.r.o. [online]. 2016. Dostupné z <http://www.jungheinrich.cz>
- [8] Oficiální stránky Kronium [online]. 2016. Dostupné z http://www.kronium.cz/atex-certifikace-pro-zarizeni-do-vybusneho-prostredi/info_24.html
- [9] Oficiální stránky Linde Material Handling Česká republika s.r.o.. [online]. 2016. Dostupné z <http://www.linde-mh.cz>
- [10] Oficiální stránky LogisticsAtoz [online]. 2016. Dostupné z <http://www.logisticsatoz.com/jungheinrich-buduje-v-nemecku-dalsi-zavod>
- [11] MUR-ARTAL, Raúl I, J. M. M. MONTIEL a Juan D. TARDO'S. *ORB-SLAM: a Versatile and Accurate Monocular SLAM System*. *IEEE Transactions on Robotics* [online]. 2015, 31(5), 7-15 [cit. 2016-03-13]. DOI: 10.1109/TRO.2015.2463671. Dostupné z: <http://webdiis.unizar.es/~raulmur/MurMontielTardosTRO15.pdf>
- [12] Oficiální stránky Still ČR [online]. 2016. Dostupné z <http://www.still.cz>
- [13] PODSTAWKA, Václav. *Systémové vozíky: Speciály do výškových skladů*. *Intralogistika* [online]. 2013, 2013(4), 1 [cit. 2016-03-12]. Dostupné z: http://www.nebezpečnynaklad.cz/inc/clanky/13_4_intra.pdf, časopis *Intralogistika*, 04/2013, Václav Podstawka článek *Systémové vozíky: Speciály do výškových skladů*

- [14] THRUN, Sebastian, Wolfram BURGARD a Dieter FOX. *PROBABILISTIC ROBOTICS* [online]. 1999-2000. [cit. 2016-03-14]. Dostupné z:
<http://people.ufpr.br/~danielsantos/ProbabilisticRobotics.pdf>
- [15] Oficiální stránky Toyota Material Handling CZ s.r.o. [online].2016. Dostupné z
<http://www.toyota-forklifts.cz/cs/pages/default.aspx>

12 SEZNAM OBRÁZKŮ

| | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| OBR. 1 VOZÍK STILL RX-70-16-20 | 7 |
| OBR. 2 UKÁZKA KÓDOVÉHO ZNAČENÍ ATEX | 9 |
| OBR. 3 VOZÍK STILL RX 50 1,0 - 1,6T | 9 |
| OBR. 4 VOZÍK STILL RC 40 1,6 - 3,5 T | 10 |
| OBR. 5 VOZÍK STILL EXU | 11 |
| OBR. 6 STILL RX 20 ELEKTRICKÝ VYSOKOZDVIŽNÝ VOZÍK- POHLED ZBOKU | 12 |
| OBR. 7 STILL RX 20 ELEKTRICKÝ VYSOKOZDVIŽNÝ VOZÍK- POHLED SHORA 1 | 12 |
| OBR. 8 SYSTÉMOVÝ VOZÍK JUNGHEINRICH | 14 |
| OBR. 9 ŠÍŘKY ULIČEK PRO JEDNOTLIVÉ DRUHY MT | 14 |
| OBR. 10 POPIS SYMBOLŮ PRO JEDNOTLIVÉ DRUHY MANIPULAČNÍ TECHNIKY | 15 |
| OBR. 11: SCHÉMA VÝROBNÍHO PODNIKU | 20 |
| OBR. 12 UKÁZKA VIZUALIZACE MATERIÁLOVÝCH TOKŮ | 21 |
| OBR. 13 UKÁZKA GRAFŮ – HISTOGRAM | 22 |
| OBR. 14 UKÁZKA GRAFŮ - POČET ČEKAJÍCÍCH ENTIT | 22 |
| OBR. 15 UKÁZKA GRAFŮ – VYUŽITÍ | 23 |
| OBR. 16 UKÁZKA GRAFŮ - KOLÁČOVÝ GRAF | 23 |
| OBR. 17 STANOVENÍ OPTIMÁLNÍHO OKAMŽIKU OBNOVY Z PRŮBĚHŮ PRŮMĚRNÝCH JEDNOTKOVÝCH NÁKLADŮ | 26 |
| OBR. 18 UKÁZKA SPOČÍTANÉ TRASY PŘED S PO UZAVŘENÍ KRUHU | 30 |
| OBR. 19 UKÁZKA HLEDÁNÍ S SPOJENÍ REFERENČNÍCH BODŮ | 31 |
| OBR. 20 CENTRÁLNÍ ZÁVĚRKA | 33 |