

Možnosti navádění a řízení AGV používaných v praxi

Adam Kohout ¹, Miroslav Malaga ¹, Štefan Mozol ², Zdeněk Ulrych ¹

¹ Západočeská univerzita v Plzni, Fakulta strojní, Katedra průmyslového inženýrství a managementu

Univerzitní 8, Plzeň, 306 14, Česká republika

kohoutad@students.zcu.cz

malaga@fst.zcu.cz

ulrychz@kvd.zcu.cz

² Žilinská univerzita v Žiline, Strojnícka fakulta, Katedra priemyselného inžinierstva
Univerzitná 8215/1, 010 26 Žilina

stefan.mozol@fstroj.uniza.sk

Anotace: Článek se zabývá typy navigování/navádění automaticky naváděných vozíků často označovaných jako AGV (automatically guided vehicle). V první části je definovaný pojem AGV a následně je provedena rešerše možností navádění automaticky řízených vozíků vyskytujících se na trhu a využívaných v praxi a stručná charakteristika těchto využívaných způsobů navádění AGV. Součástí rešerše je i přehled kladů a záporů jednotlivých technologií pro navigování AGV. Tato rešerše je prvním krokem pro návrh a realizaci AGV vhodného pro training factory zaměřenou na využívání průmyslovými inženýry pro vzdělávání, výzkum a ověřování hypotéz a algoritmů.

1 Úvod

Současná doba je charakteristická neustálým a rychlým technickým a technologickým pokrokem a s tím souvisejícím i rychlým vývojem trhu. Pro firmy je důležité udržet krok s tímto vývojem a uspět ve vysokém konkurenčním prostředí. Zákazník je stále náročnější a ke splnění jeho požadavků je potřeba se zaměřit na vývoj a implementaci nových technologií včetně automatizace. Ve firmách je proto při sériové výrobě snaha o automatizaci nejen v oblasti samotné výroby, ale také v oblasti logistiky a přepravy materiálu a zboží. Jedním ze způsobů automatizace může být použití automaticky naváděných vozíků neboli AGV (automatically guided vehicle). Implementací těchto vozíků do výrobního procesu je zajištěna dodávka materiálu v pravidelných intervalech po předem naprogramované trase. Vozík je schopný zastavit na více vykládkových místech, čímž dokáže zásobovat i více linek najednou. V dnešní době je na trhu již mnoho firem dodávajících autonomní vozíky pro přepravu různých druhů materiálu a zboží. Vozíky se liší především druhem navigace a maximální nosností.

2 Definice AGV

AGV (automatically guided vehicle) neboli automaticky naváděná vozidla jsou vozidla schopná se bez nutnosti ovládní nebo dohledu operátora pohybovat na předem určené nebo naprogramované trase. [1] Může se jednat o vozidla určená k přepravě osob, nebo o vozíky přepravující různé druhy materiálu a zboží používané např. ve výrobních a skladovacích halách. [2]

Některé autonomní vozíky mohou být vybaveny zvedacím mechanismem a různými druhy vidlic, které usnadňují obsluhu. Na trhu jsou dostupné také modely AGV speciálně navržené pro dopravu palet, skříňových kontejnerů, materiálových svitků a velkorozměrových nákladů. [3] Jeden z takto specializovaných vozíků je možné vidět na následujícím obrázku, viz Obrázek 1. Používání těchto autonomních vozíků umožňuje ve výrobních či skladovacích prostorech propojení míst určených k vykládce a nakládce. [1] Je však třeba mít na paměti, že tato místa zastavení musí být dále nutně vybavena válečkovými nebo řetězovými dopravníky nebo jinými zařízeními, která jsou schopna přenést náklad a zajistit spojení s jinými místy v objektu.



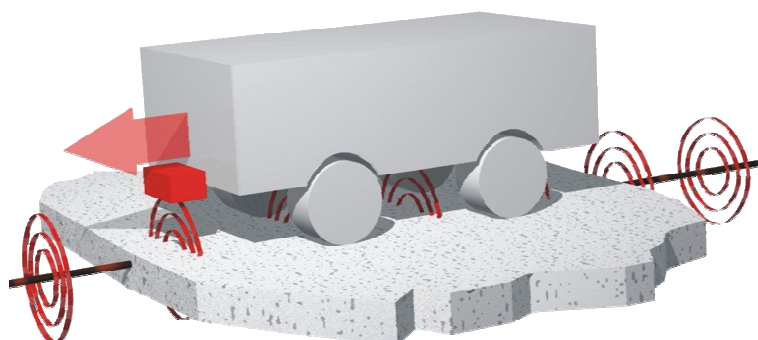
Obrázek 1 – AGV se specializovanými vidlicemi [1]

3 Způsoby navádění AGV v praxi

Specifika výrobních, či skladovacích hal, jako např. rozlehlost prostoru, možnosti výskytu překážek na trase, čistota okolního prostředí, případný pohyb ve venkovním prostředí, určují požadavky na způsob vymezení trasy vozíků a tím v podstatě na technologii jeho navádění. Trasa vozíku může být vymezena mechanicky, např. vodícím drátem, nebo elektronicky. Zvolená technologie navádění vozíku a vymezení trasy má následně vliv např. na maximální rychlost, míru obtížnosti měnit trasu vozíku a jeho schopnost reagovat na překážku různými způsoby – zastavit, objet, přejet. [4] Klady a zápory všech technologií jsou přehledně popsány v kapitole 4, viz Tabulka 1.

3.1 Navádění pomocí vodícího drátu

Při použití této technologie je trasa vymezena pomocí drátu, který je uložen ve vyfrézované drážce v zemi. Drátem prochází střídavý elektrický proud, který produkuje elektromagnetické pole. [5] V přední části vozíku je umístěna indukční cívka, která snímá velikost elektromagnetického pole a tím určuje směr pohybu vozíku. Princip této technologie je vidět na následujícím obrázku, viz Obrázek 2. [6] Tento způsob navigace je vhodný pro všechny velikosti vozíků a zaručuje funkčnost jak při velkých, tak i při malých rychlostech. Vzhledem k zahřazení drátu v drážce je tento způsob navigace odolný vůči nečistotám na dráze. Nevýhodou je nákladná a pracná změna trasy.

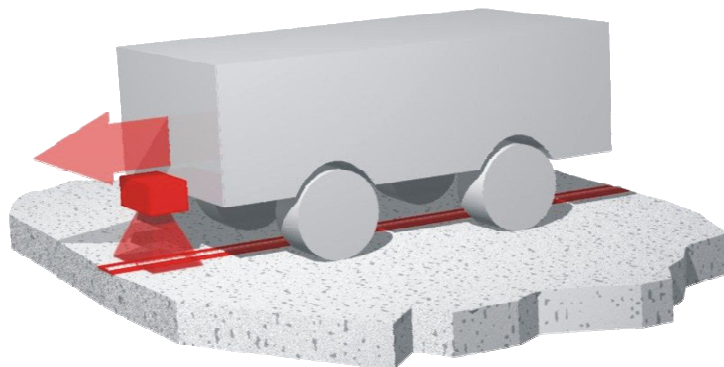


Obrázek 2 – Navádění pomocí vodícího drátu [5]

3.2 Navádění pomocí optických snímačů

Trasa je při tomto způsobu navigace vytvořena pomocí viditelné čáry na zemi. Čára může být vytvořena pomocí pásky nebo barvy. Rozpoznávání stopy se provádí pomocí moderních kamer a systémů pro zpracování obrazu, které je možné vidět na následujícím obrázku, viz Obrázek 3, a jsou opět umístěny v přední části vozíku. [7] Dnešní technologie je schopná zaručit sledování i přerušené čáry. Kamery jsou schopné rozpoznat kódované stopy nebo optické značky. [5] Výhodou této technologie je snadné vytvoření vodící čáry

a také možnost změny trasy. Nevýhodou mohou být větší nečistoty na trase, které by vedly k velkému přerušení čáry a tím k zastavení vozíku. Další nevýhodou mohou být měnící se světelné podmínky, které ovlivňují viditelnost čáry. [6]



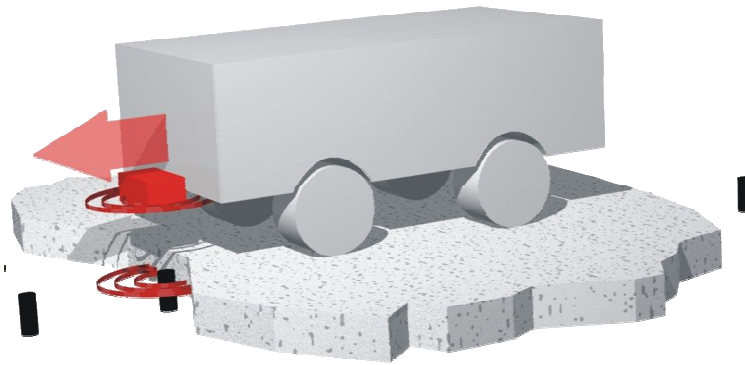
Obrázek 3 – Navádění pomocí optického senzoru [5]

3.3 Navádění pomocí magnetické pásky

Tento způsob je podobný optickému způsobu. Trasa je na zemi vyznačena pomocí magnetické pásky. Na přední části vozíku se nachází elektromagnetický snímač, který snímá magnetické pole pásky a tím určuje směr pohybu. Výhodou je jednoduchá instalace dráhy a její případné změny. [6] Nevýhodou je nutnost časté údržby magnetické pásky, tato technologie není vhodná pro složitější trasy.

3.4 Navádění pomocí pozemních značek (transpondéry)

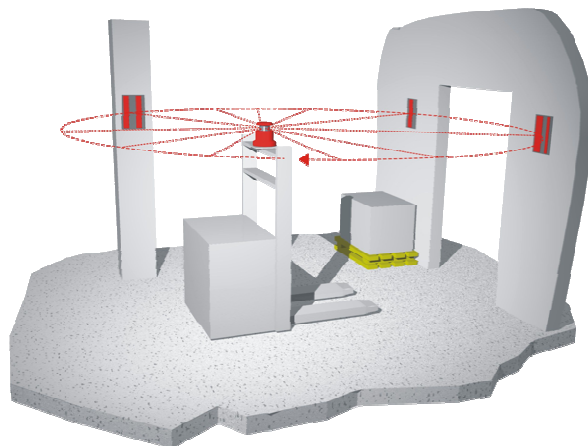
Trasa je vyznačena pomocí takzvaných transpondérů. Jak je možné vidět na následujícím obrázku, viz Obrázek 4. Transpondéry jsou rozmístěny v zemi v daných rozestupech. [5] Vozík je vybaven anténou, která vyhodnocuje signály z transpondérů a generuje polohový impuls. Jakmile je transpondér v blízkosti antény, anténa jej bezdrátově napájí indukční energií. Transpondér využívá tuto energii k cyklickému vysílání svého kódu a jejich poloha je pak detekována s přesností na milimetry nebo centimetry. [3] Vozidlo tak může identifikovat svoji polohu podélně anebo příčně. Transpondéry nepotřebují jiný zdroj napájení nebo baterii. [6] Nevýhodou je nákladná a pracná příprava a případná změna trasy oproti dvěma předchozím způsobům navádění. Výhodou je necitlivost na vnější nečistoty na dráze a světelné podmínky. [8]



Obrázek 4 – Navádění pomocí transpondéru [5]

3.5 Navádění pomocí laseru

Tento způsob je velmi výhodný, pokud je potřeba velké flexibility trasy. Vozík je vybaven laserovým skenerem, který vysílá a přijímá laserový signál. Signál se odráží od odrazek umístěných na krajních bodech dráhy. [5] Odrazky, viz Obrázek 5, je možné umístit na stěny, ale pro dosažení větší přesnosti je vhodné odrazky umístit na stropy. [6] Díky laserovým skenerům je vozidlo schopné identifikovat pozici a směr, kterým jede, s velkou přesností. Ve spojení se senzory pro detekci překážek (ultrazvukové, optické senzory) se lze překážkám vyhnout a vozidlo je dle naprogramování vedeno do cíle alternativními trasami. [9]



Obrázek 5 – Navádění pomocí laseru [5]

3.6 Navádění pomocí kamer

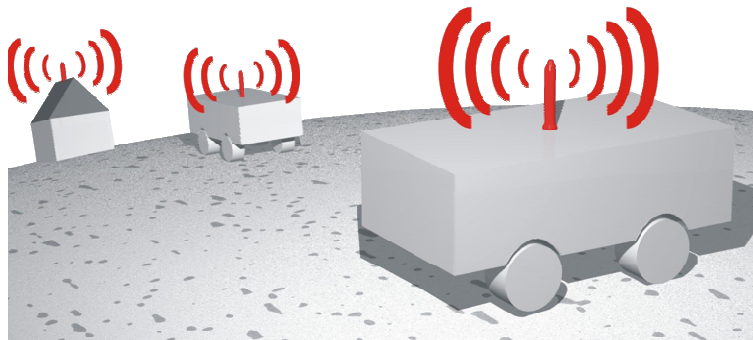
Jako alternativu k laserovému navádění je možné použití kamerového systému. Na krajních bodech dráhy jsou umístěny kamery, které snímají vozík. Vozík podle obrazu z kamer vyhodnocuje svoji polohu a směr pohybu. [5] Díky kamerám je vozík schopný rozpoznat překážky a vyhnout se jim bez nutnosti dalších senzorů.

3.7 Navádění pomocí GPS

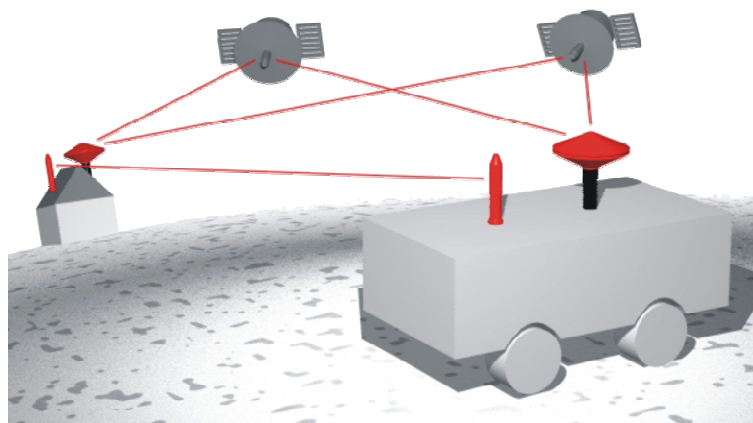
Tato technologie, viz Obrázek 6, je založená na stejném principu, který se používá například u GPS navigací pro automobily. Vozík je vybaven GPS přijímačem, který je díky satelitnímu signálu přesně schopný určit polohu vozíku. [7] Tento způsob je velmi výhodný pro použití ve venkovním prostředí. [5] Princip této technologie je možné vidět na Obrázek 6 – Navádění pomocí GPS [5]

3.8 Navádění pomocí radiového signálu

Tato metoda využívá rádiovou komunikaci mezi AGV a stanicemi nebo senzory rozmístěnými v prostředí. Princip fungování navigace AGV pomocí radiového signálu spočívá ve vysílání a příjmu rádiových signálů mezi AGV a stanicemi nebo senzory. Stanice nebo senzory jsou umístěny na strategických místech v prostředí, například na stěnách, sloupech nebo na zemi. AGV je vybaveno přijímačem, který zachytává signály vysílané stanicemi nebo senzory.



Obrázek 7 – Navádění pomocí radiového signálu [5]

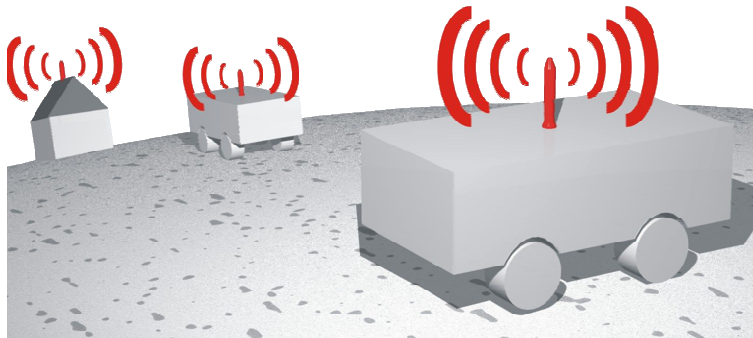


Obrázek 6 – Navádění pomocí GPS [5]

3.9 Navádění pomocí radiového signálu

Tato metoda využívá rádiovou komunikaci mezi AGV a stanicemi nebo senzory rozmístěnými v prostředí. Princip fungování navigace AGV pomocí radiového signálu spočívá ve vysílání a příjmu rádiových signálů mezi AGV a

stanicemi nebo senzory. Stanice nebo senzory jsou umístěny na strategických místech v prostředí, například na stěnách, sloupech nebo na zemi. AGV je vybaveno přijímačem, který zachytává signály vysílané stanicemi nebo senzory.



Obrázek 7 – Navádění pomocí radiového signálu [5]

4 Přehled kladů a záporů jednotlivých technologií

V následující tabulce, viz Tabulka 1, jsou pro větší přehlednost popsány veškeré klady a zápory ke každému z výše uvedených způsobů navádění. Při výběru varianty pro použití v praxi je nutné zohlednit všechny tyto vlastnosti a vybrat tu, která bude nejvíce vyhovovat podmínkám, ve kterých bude používána.

Tabulka 1 – Přehled kladů a záporů jednotlivých technologií [6] [5]

Název technologie	Klady	Zápory
Vodící drát	Necitlivost na nečistoty na dráze a na světelné podmínky	Nákladné a pracné vymezení a změna trasy
Optické snímače	Jednoduché vymezení a změna trasy Nízká cena	Citlivost na světelné podmínky a nečistoty na dráze
Magnetická páska	Jednoduché vymezení a změna trasy Necitlivost na nečistoty a světelné podmínky Nízká cena	Nutná údržba pásky Nevhodné pro složitější trasy
Transpondéry	Necitlivost na nečistoty a světelné podmínky	Nákladné a pracné vymezení a změna trasy Vyšší cena než předchozí technologie – magnetická páska
Laser	Jednoduché vymezení a změna trasy Ve spojení s dalším senzorem možnost detekovat překážky a vyhnout se jim Necitlivost na nečistoty a světelné podmínky Nižší cena než pomocí kamer	Nutnost rozmístit odrazky Vyšší cena než předchozí technologie – transpondéry
Kamera	Jednoduché vymezení a změna trasy Možnost samostatně detekovat překážky a vyhnout se jim Necitlivost na nečistoty	Citlivost na světelné podmínky Nutnost rozmístění kamer Vyšší cena než pomocí laseru
GPS	Jednoduché vymezení a změna trasy Ve spojení s dalším senzorem možnost detekovat překážky a vyhnout se jim Vhodné pro venkovní použití Necitlivost na nečistoty a světelné podmínky	Možnost slabého signálu nebo jeho nedostupnost uvnitř budov
Radio	Snadné přizpůsobení a změny trasy Poměrně jednoduchá instalace, nemusí se pokládat dráty, nebo magnetické pásky Přesnost	Omezený dosah signálu v závislosti na technologii a prostředí Možnost rušení a interferenční problémy okolním prostředím a např. i výrobními stroji

5 Závěr

V tomto článku byly stručně představeny různé typy navigace a navádění automaticky řízených vozíků (AGV). Na začátku byl definován pojem AGV a byla představena obecná charakteristika těchto vozíků. Následně byla provedena rešerše dostupných možností navádění AGV, které se vyskytují na trhu a jsou využívány v praxi.

Během rešerše bylo zjištěno, že existuje řada různých technologií pro navigaci AGV, včetně laserového skenování, používání magnetických pásků, a dalších. Každá z těchto technologií má své výhody a nevýhody, které je třeba zvážit při volbě nejvhodnějšího způsobu navigace pro konkrétní aplikaci.

Tato rešerše je prvním krokem pro návrh a realizaci AGV vhodného pro training factory zaměřenou na využívání průmyslovými inženýry pro vzdělávání, výzkum a ověřování hypotéz a algoritmů.

Poděkování

Příspěvek byl vytvořen za podpory projektu SGS-2021-028 s názvem "Vývojové a tréninkové prostředky pro interakci člověka a kyber-fyzického výrobního systému" řešeného v rámci Interní grantové agentury Západočeské univerzity v Plzni.

Tento příspěvek byl vytvořen za podpory projektu VEGA: VEGA 1/0225/21.

Citovaná literatura

- [1] MECALUX, S.A. Automaticky řízená vozidla (AGV) a laserově řízená vozidla (LGV). *www.mecalux.cz* [online]. [vid. 2023-07-01]. Dostupné z: <https://www.mecalux.cz/technicka-prirucka-pro-skladovani/vysokozdvizne-voziky/automaticky-laserove-rizena-vozidla-agv-lgv>
- [2] BRÄUNL, Thomas. *Embedded robotics: from mobile robots to autonomous vehicles with Raspberry Pi and Arduino*. Fourth edition. Singapore: Springer, 2022. ISBN 9789811608049.
- [3] GÜNTER, Ullrich a Paul A. KACHUR. *Automated Guided Vehicle Systems: A Primer with Practical Applications*. B.m.: Springer, 2015. ISBN 3-662-52133-4.
- [4] SHOBHIT, Verma. *Precision Positioning of Automatically Guided Vehicles*. 2010. vyd. B.m.: VDM Verlag, 2010. ISBN 978-3-639-25357-3.
- [5] DEMUTH, Ralf. *Solution for track guidance | Götting KG* [online]. 6. červen 2013 [vid. 2023-07-01]. Dostupné z: <https://www.goetting-agv.com/solutions>

- [6] TELLA, Alfresco Pastor. AGV Navigation: Methods, Comparison, Pros and Cons - Illustrated Guide. *www.agvnetwork.com* [online]. [vid. 2023-07-01]. Dostupné z: <https://www.agvnetwork.com/17-agv-components/yuanben/magnetic-guidance-sensors/27-digital-agv-magnetic-guiding-sensor-16-bits>
- [7] WANG, Shifeng. *Road terrain classification technology for autonomous vehicle*. Singapur: Springer, 2019. Unmanned system technologies. ISBN 9789811361548.
- [8] DEMUTH, Ralf. *Transponder Code & Positioning Pulse* | Götting KG [online]. 4. květen 2023 [vid. 2023-07-01]. Dostupné z: <https://www.goetting-agv.com/components/7145x>
- [9] DEMUTH, Ralf. *Laser Scanner for Navigation* | Götting KG [online]. 24. září 2019 [vid. 2023-07-01]. Dostupné z: <https://www.goetting-agv.com/components/43600>