

# MOBILNÍ ROBOTI VE SKLADOVÝCH SYSTÉMECH

Petr Kostiha

Faculty of Mechanical Engineering, Brno University of Technology  
Institute of Automation and Computer Science  
Technická 2896/2, Brno 616 69, Czech Republic  
208769@vutbr.cz

**Abstract:** *Tato seminární práce pojednává o způsobech průmyslového skladování produktů a především používanými technologiemi, konkrétně mobilních robotů. Jedná se například o využití autonomních mobilních robotů k vyzvednutí objednávky atd.*

**Keywords:** *Skladiště, Skladové systémy, Roboti, Mobilní roboti, Pohyb mobilních robotů, Robotický mobilní fulfillment systém*

## 1 Úvod

Počátky skladování můžeme najít už ve starověkém Římě. Už tehdy lidé začali stavět budovy sloužící právě za účelem skladování zboží.[5] Postupem času docházelo ke zdokonalení systémů skladování, avšak k největšímu pokroku došlo až po 2. světové válce s příchodem moderních technologií. Jedná se například o rozvoj na poli analýzy dat, umělé inteligence nebo strojového učení.

Ve druhé a třetí kapitole této práce jsou obecně popsány skladové systémy a jejich rozdělení. V další kapitole se práce zabývá mobilními roboty, konstrukcí a řízením systému.

## 2 Základní typologie skladů

Původně je sklad definován jako průmyslová budova, která primárně slouží k uchovávání a následné distribuci materiálů. Dnes můžeme jako skladový systém označit zařízení, které slouží k uspokojení poptávky a k zajištění doručení zboží zákazníkovi ve správný čas, ve správném množství a kvalitě. Na obrázku 1 můžeme vidět rozdělení a srovnání jednotlivých typologií.[10]

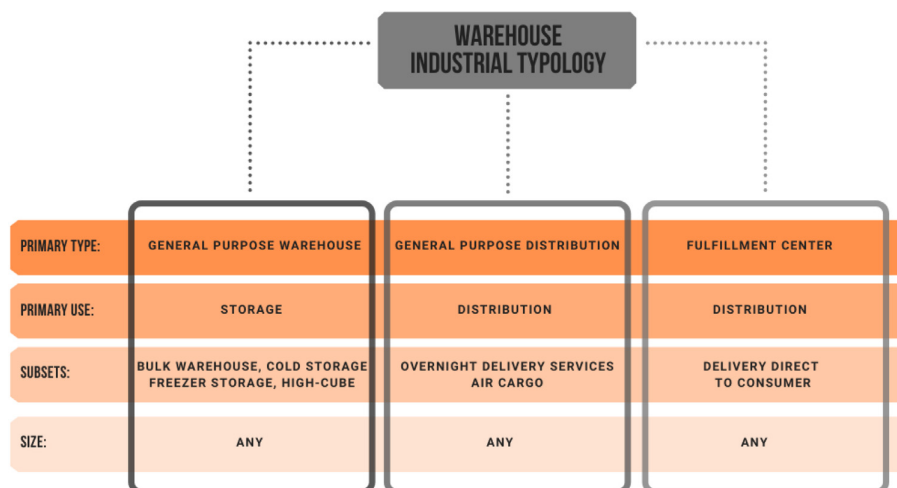


Figure 1: Warehouse typology [10]

### 2.1 Fulfillment centrum

Tento typ skladů se zaměřuje především na distribuci finálního produktu. Umožňuje efektivně doručit zboží přímo k zákazníkovi. Zahrnuje úkony jako příjem, označení, zabalení a nakonec dopravu.[10]

## 2.2 Distribuční centrum

Podobně jako Fulfillment centrum slouží k distribuci produktu. Ovšem liší se v jedné funkci, a to že Distribuční centrum je řízeno poptávkou. Využívá k tomu adaptivní síť zaměřenou na hodnotový výstup, který se v reálném čase mění v závislosti na podílu na trhu.[10]

## 3 Skladové systémy

Skladový systém můžeme definovat jako soubor vybavení a opatření spojený s příjmem, uskladněním a přemísťováním položek. Dělíme je podle stupně automatizace na: manuální, automatické, autonomní robotizované a smart systémy.[3]

### 3.1 Manuální sklady

Jak vyplývá z názvu, jedná se o sklady, kde hlavní zastoupení má práce zaměstnanců nebo práce s pomocí nástrojů a manuálně ovládaných vozidel. Může využívat nějakých technologií, avšak tyto technologie jsou spojeny i s lidskou pomocí.[10, 6]

### 3.2 Automatické sklady

Automatické sklady jsou, co se týče stupně automatizace, mezi sklady manuálními a autonomními. Využívají například automatické dopravy produktu nebo zboží ke sběrači, tzn. dopravníkové pásy atd.[10, 6]

### 3.3 Autonomní sklady

Autonomní sklad je typ systému, který využívá velké míry umělé inteligence ke sběru a zpracování produktů s minimálním lidským zásahem. Tento systém se většinou používá v případě, že uskladněným zbožím jsou produkty s vysokou přidanou hodnotou, malé velikosti, nebo pokud je naším cílem velká produktivita a přesnost. Nejvíce používané typy sběracích zařízení v autonomních skladech jsou Layer Pickers<sup>1</sup> (Fig. 2) a různé druhy robotů. V posledních letech se ve skladech začínají více objevovat autonomní mobilní roboti (AMR's).[10]



Figure 2: Layer Picker

### 3.4 Smart systémy

Tento typ systému využívá umělou inteligenci ve spojení s pojmem Internet of Things (IoT). Sbírají se data týkající se historie transakce, historie umístění produktů, plánů naskladnění, řízení zásob, vyzvednutí objednávek a dopravy. Tato data mohou pomoci ke zvýšení efektivity v reálném, krátkodobém nebo dlouhodobém čase. [9]

---

<sup>1</sup>Layer Picker je zařízení, které je schopné pojmout více položek najednou, například více palet, balíků atd.

## 4 Autonomní mobilní roboti ve skladových systémech

Mobilní robot může být definován souborem prvků, které mu umožňují se pohybovat v prostoru sám o sobě. Autonomní se nazývá v případě, že dokáže vnímat své okolí a vyhnout se překážce, případně zastavit. K vnímání svého okolí robot používá senzory, kamery a mapování. Díky tomu je schopen se sám rozhodnout jakou trajektorii ke zvolenému produktu zvolí. Zároveň tato trajektorie ke stejnému místu ve skladu nemusí být vždy stejná. Například v případě výskytu překážky v jeho trajektorii je schopen vypočítat novou a této překážce se vyhnout.

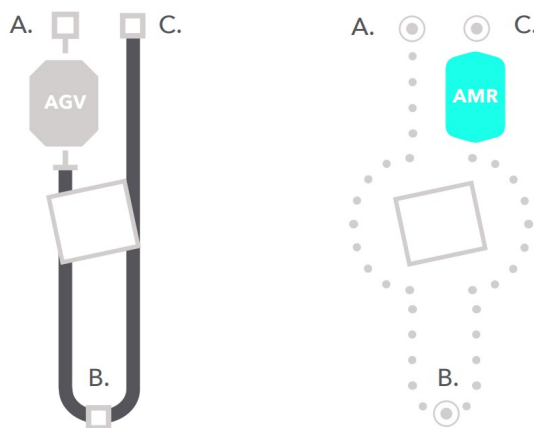


Figure 3: AMR inteligentní plánování trasy. [4]

Kromě autonomních mobilních robotů (AMR) se ve skladových systémech využívá i automaticky řízených vozidel (AGV). Ta na rozdíl od autonomních vozidel jsou řízena předprogramovaným softwarem a jejich trajektorie může být řízena magnetickými páskami, čárovými kódy, světelnými signály, nebo je tato trajektorie předdefinována softwarově. V případě, že vozidlo narazí na překážku, vyčkává, dokud není překážka odstraněna (Fig. 3).[4]

### 4.1 Lokalizace a navigace robota

Robot využívá fúze velice přesných dat ze senzorů ke zjištění své pozice a k navigaci s přesností centimetrů až milimetrů. Pro identifikaci trasy robot kamerou skenuje čárové kódy a značky na zemi a poté posílá tento pokyn k jízdě do systému přenosu síly. Na základě dalších senzorů je schopen rozpoznat překážku a vyhnout se jí. Čárové kódy jsou v dnešní době nahrazovány lasery společně s algoritmy SLAM. [7]

### 4.2 Mechanická struktura

Robot musí být schopen zvednout zboží nebo stojan s policemi. Současně musí být schopen s tímto závažím pohybovat, otáčet a umisťovat nezávisle. Jelikož může být zvedaná věc mnohem těžší než samotný robot, musí být použity dostatečně pevné materiály.[8]

### 4.3 Systém řízení robotů

Hlavní úlohou systému řízení robotů je přidělování, plánování a údržba všech robotů v rámci robotického plánovacího systému (RCS). Operace jako přidělování a hledání optimální cesty řeší RCS sestavením modelu mobilního robota, převedením mapy skladu na data, která je schopen robot zpracovat použitím různých pokročilých algoritmů. Tento systém se dále stará o to, aby byl robot schopen sám přijet na dokovací stanici a nabít se. Může také monitorovat aktuální stav robotů. Pokud se některý z robotů rozbije, systém automaticky varuje personál.[8]

#### 4.4 Algoritmy umělé inteligence

Jedná se především o strojové učení, zejména hluboké neuronové sítě se skrytými vrstvami. Díky velkému množství dat (big data) je schopen se průběžně učit pomocí modelu učení, jako jsou například konvoluční neuronové sítě (CNN), deep belief sítě a další. Robot vybavený těmito algoritmy se dokáže přizpůsobit i složitému prostředí a je možné jej rychleji začít používat, a tím snížit vytížení podpůrného systému.

#### 4.5 RMF systém

Průkopníkem v oblasti Robotických mobilních fulfillment systémů se stal Amazon©, který v roce 2012 koupil Kiva Robotics a začal jejich roboty implementovat ve svých skladových systémech. Na obrázku 4 můžeme vidět příklad robota Kiva.[2] Tato technologie umožnila vzniku Robotickým mobilním fulfillment systémům (RMFS), jenž využívají schopnosti AMR zvednout a přesunout celý stojan s policemi a dopravit jej ke sběračům (Fig. 5). Tím se zvýšila produktivita skladu až dvojnásobně. Od té doby začaly vyvíjet podobné technologie firmy jako OTTO Motors©, CONVEYCO©, nebo Hitachi©.



Figure 4: Kiva robot používaný v RMF.



Figure 5: Kiva robot se stojanem s policemi.

RMF systém je založen na třech hlavních komponentách: roboti komunikující centralizovanými nebo decentralizovanými způsoby, pohyblivé stojany s policemi, ve kterých jsou uloženy skladované produkty a prostory, kde personál provádí doplňování, sběr a balení.[1]

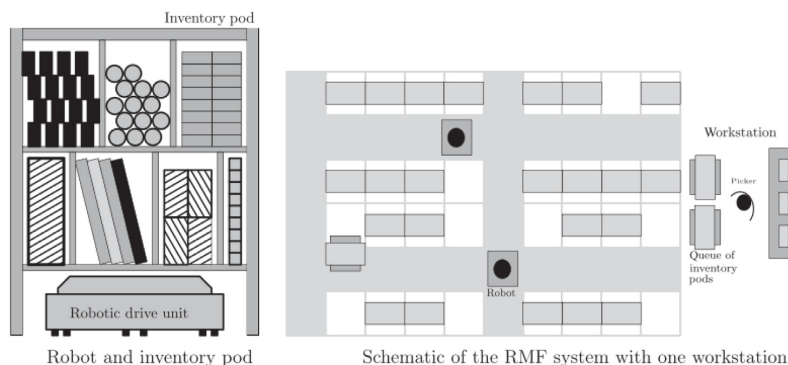


Figure 6: RMF systém podle [1].

## 5 Závěr

Od počátku primitivních skladovacích systémů uběhlo už mnoho století, avšak k největšímu rozvoji došlo až v průběhu 20. století. S příchodem velkých organizací, vyvážejících své produkty po celém světě, se zvýšila poptávka po nových technologiích, které by zefektivnily způsoby skladování. Toto umožnila automatizace úkonů týkajících se skladování, jako je vyzvednutí objednávky, balení atd. Mobilní roboti, ať už automaticky řízené nebo autonomní, jsou nedílnou součástí této inovace. V současné době je snaha o plně autonomní sklady, kde by vše od příjmu zboží až po doručení zákazníkovi bylo vykonáno bez zásahu člověka.

## References

- [1] AZADEH, K., KOSTER, R. D., AND ROY, D. Robotized and automated warehouse systems. *Transportation Science* 53, 4 (2019), 917–945.
- [2] BRAY, H. Amazon buys robot maker kiva for \$775m, 2012.
- [3] DEN BERG, J., AND ZIJM, W. Models for warehouse management: Classification and examples. *International Journal of Production Economics* 59 (1999), 519–528.
- [4] MOTORS, O. A comparison of automated material transport, 2017. Technical report.
- [5] RICKMAN, G., AND RICKMAN, G. R. *Roman granaries and store buildings*. CUP Archive, 1971.
- [6] SHAH, B., AND KHANZODE, V. A comprehensive review of warehouse operational issues. *International Journal of Logistics Systems and Management* 26, 3 (2017).
- [7] WU, L., CHEN, Y., AND CUI, Z. Autonomous navigation vehicle system based on robot vision and multi-sensor fusion. In *Seventh International Symposium on Precision Engineering Measurements and Instrumentation* (2011), vol. 8321, International Society for Optics and Photonics, p. 832141.
- [8] WU, Y., AND GE, D. Key technologies of warehousing robot for intelligent logistics. In *Proc. 1st Int. Symp. Manage. Social Sci.(ISMSS)* (2019), pp. 13–14.
- [9] YERPUDE, S., AND SINGHAL, T. Smart warehouse with internet of things supported inventory management system. *International Journal of Pure and Applied Mathematics* 118 (05 2018), 1–15.
- [10] ÍTALO RENAN DA COSTA BARROS, AND NASCIMENTO, T. P. Robotic mobile fulfillment systems. *Robotics and Autonomous Systems* 137 (2021).