

AUTOMATIZACE SKLADŮ

Lukáš Vaculík

Fakulta strojního inženýrství, Vysoké technické učení v Brně
Ústav Automatizace a Informatiky
Technická 2896/2, Brno 616 69, Česká Republika
xvacul32@vutbr.cz

Seminární práce

Abstrakt: Tato seminární práce se zabývá historií a současnými trendy v oblasti robotizace skladovacích jednotek. První část práce se zaměřuje na historický vývoj robotických technologií a jejich postupné využití ve skladovacím průmyslu. V části druhé je rozebráno fungování moderních skladovacích robotů. Práce se dále zaměřuje na aktuální trendy v oblasti robotizace skladovacích jednotek a nabízí reflexi na budoucí směřování v této dynamické oblasti. Závěr práce shrnuje klíčové poznatky.

Klíčová slova: *Automatizace, Robotizace, Průmysl 4.0, AGV, AMR, AutoStore,*

1 Úvod

Podobně jako v jiných oblastech se také skladový průmysl vyvíjel v důsledku pokroku ve vědě a technologiích. Jak globálně rostla produkce zboží, byla potřeba efektivního využití skladovacího prostoru větší a větší. S příchodem průmyslu 4.0, který se vyznačuje mj. chytrými autonomními systémy se začíná objevovat pojem "chytrý sklad" či "inteligentní logistika". Cílem takového pokroku ale není jenom co nejlépe zužít skladovací prostory, ale také automatizovat procesy, zvýšit přesnost a rychlost a snížit náklady [3].

2 Automatizace procesů

Dnes již běžnou praxí jsou takzvané automatizované sklady. Automatizace může být digitální, fyzická nebo kombinovaná.

Jak již název napovídá, u digitální automatizace je hlavním zdrojem pokroku software, respektive práce SW s daty. Může to být obyčejný QR kód, který usnadní trasování výrobku zaměstnancům nebo umělá inteligence, jež by ideálně mohla proces řídit zcela autonomně.

Oproti tomu automatizace fyzická cílí na minimalizaci práce, kterou musí operátor vykonat, v některých případech až na nulu, tj. implementace robotů, robotických ramen nebo dronů [10].

2.1 Robotizace skladů

Chytré sklady jsou klíčovým prvkem v rychle rostoucím světě e-commerce. Amazon byl průkopníkem v používání robotů ve svých distribučních centrech, začal s firmou Kiva Systems, kterou v roce 2012 zakoupil a přejmenoval na Amazon Robotics. Tato akvizice vyvolala boom v rozvoji robotických technologií v oblasti skladování a logistiky.

Roboty v Amazonových skladech se používají k pohybu a transportu zboží po skladišti. Například Kiva roboty umožňují snadný a rychlý pohyb zboží a výrazně snižují náklady na provoz skladišť. Amazon odhaduje, že díky nim došlo ke snížení provozních nákladů o 20 % [2].



Obrázek 1: Kiva robot [2]

Po akvizici Kiva Systems se trh s roboty pro sklady otevřel pro další výrobce. Napříč USA, Evropou a Asií vzniklo mnoho firem vyrábějících různé typy skladových robotů. Některé produkty jsou podobné Kiva robotům, zatímco jiné jsou sofistikovanější a nabízejí další funkce, jako je například výběr zboží z polic a autonomní navigace [2].

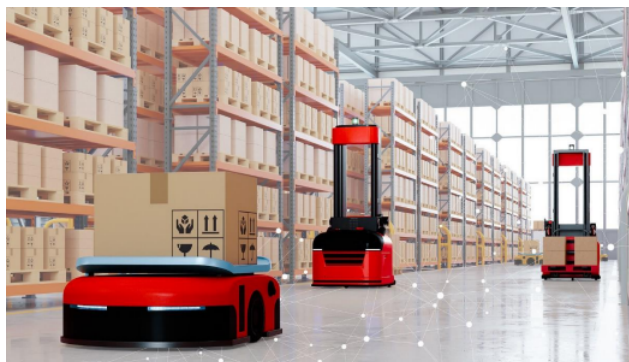
3 Trendy v automatizovaných skladech

3.1 Automated Guided Vehicles (AGVs)

AGV, neboli automaticky naváděné platformy, se typicky pohybují skladem díky magnetickým páskům nebo navigaci pomocí nahrených map. I když některé AGV mohou mít schopnost provádět inventarizaci, jsou především využívány k manipulaci a přepravě zboží v rámci skladu.

AGV je řízen předem nastaveným programem a bezpečnostními systémy a je vybaven dodatečnými mechanismy pro nakládku/vykládku nákladu bez lidské asistence. AGV sleduje předem stanovenou trasu a pohyb spouští předem naprogramovaná událost. Během jízdy může zastavit, pokračovat, nakládat/vykládat náklad a provádět další předem nastavené akce. Bezpečnost zajišťuje světelná a zvuková signalizace a laserové skenery detekující překážky. AGV se skládá z pohonné jednotky s elektrickými motory, zásobníku s bateriemi, manipulačního mechanismu, řídicí jednotky, bezpečnostního systému, bezdrátové komunikace, navigace a případně

i řídicího terminálu. Tyto systémy umožňují AGV sledovat trasu, zvládat překážky a efektivně pokračovat v provozu [5].



Obrázek 2: Kiva robot [8]

3.2 Autonomous Mobile Robots (AMR)

Široce pojato, autonomní mobilní robot (AMR) je každý robot, který dokáže chápat a pohybovat se ve svém prostředí bez přímého dohledu operátora nebo bez dodržování pevné, předem určené trasy. AMR disponují řadou sofistikovaných senzorů, které jim umožňují porozumět a interpretovat jejich okolí, což jim pomáhá plnit svůj úkol nejefektivnějším způsobem a vybírat nejvhodnější cesty, přičemž se vyhýbají jak statickým překážkám (např. budovám, regálům, pracovištím), tak překážkám dynamickým (např. lidem, vysokozdvizným vozíkům, nečistotám).

Přestože mají s automatizovanými naváděnými vozidly (AGV) mnoho společného, AMR se od nich liší v několika důležitých aspektech. Největší výhodou je flexibilita: na rozdíl od AGV, která jsou omezena na pevné trasy, AMR samostatně určují nejefektivnější cesty pro každý úkol. V prostředí skladů a distribučních center se tyto sofistikované technologie bezproblémově integrují se stávajícími systémy řízení, což umožňuje AMR flexibilně plánovat své trasy mezi různými místy v zařízení. Výsledkem je schopnost AMR excelovat v dynamických prostředích, která jsou běžná při operacích vyplňování objednávek, a podporovat tak lepší spolupráci s lidskými pracovníky [4].



Obrázek 3: Inventarizační AMR robot [8]

3.3 Drony

Drony poskytují efektivní prostředek pro optimalizaci inventarizačních procesů ve skladech, kde rychle skenují položky a udržují automatický inventář. Spojují se s pokročilým systémem řízení skladu (WMS), což jim umožňuje pracovat poloautonomně nebo dokonce plně autonomně. V současné době jsou však většinou řízeny operátorem.

Létající drony nepotřebují žádné značení nebo laserové navádění po skladišti, místo toho se orientují pomocí optických systémů v kombinaci s technologiemi hlubokého učení. Díky svým menším rozměrům nezasahují do ostatních skladových procesů a mohou se pohybovat nad pracovníky a zařízeními s vysokou rychlostí, což

zvyšuje jejich efektivitu. Jsou také schopny snadno a rychle dosáhnout obtížně přístupných míst, zejména vysokých regálů.

Další časté využití dronů spočívá v inspekci a sledování skladu, kde dron pracuje standardním způsobem a operátor ho využívá k monitorování skladových operací [8].

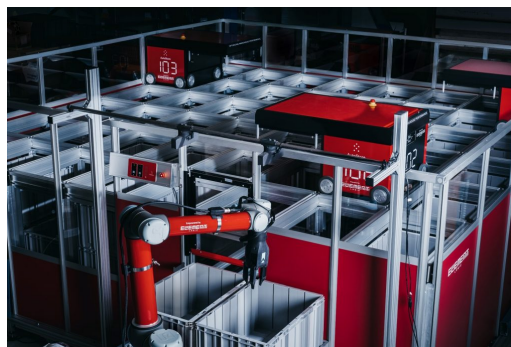


Obrázek 4: Koncept inventarizačního dronu [8]

4 AS/RS (Automated Storage and Retrieval Systems)

Základní principy AS/RS

Automatizovaný systém skladování a výdeje zboží (AS/RS) je známý také jako inteligentní skladiště AS/RS. Z hlediska struktury je hlavně složen z regálů, uliček, skládacích jeřábů, vstupních (výstupních) pracovišť ve skladu a dispečního řídicího systému a systému řízení.



Obrázek 5: Systém AutoStore [1]

Základem AS/RS je systém regálů, který je obvykle vybaven automatickými vozíky nebo regálovými roboty. Tyto vozíky nebo roboti se pohybují po regálech, aby umístili zboží na určená místa nebo je vybrali z těchto míst podle požadavků systému. Ukázkovým systémem je technologie AutoStore, kterou již má implementována například Alza.cz.

Výhodami takového systému jsou [6]:

- Jednoduchá, modulární konstrukce
- Flexibilní rozšiřitelnost
- Vysoká hustota skladování
- Vysoká spolehlivost systému
- Vysoká energetická účinnost
- Plně autonomní provoz robotů
- Možnost spolupráce s lidským kolegou/vychystávání zboží k osobě
- Použitelnost nezávislá na podniku

Procesy AS/RS systémů [7]

1. *Proces skladování* - Pokud je potřeba uložit novou přepravku, je umístěna do kontejneru na vychystávací stanici. Jakmile je robot k dispozici, je kontejner zvednut na úroveň roštu buď samotným robotem nebo výtahem vychystávací stanice. Následuje samotná přeprava kontejneru robotem na přidělené skladovací místo. Tím je proces skladování ukončen. Zde existuje velké množství použitelných strategií. Mnoho systémů používá zcela chaotickou skladovací strategii (nebere ohledy na typ zboží, velikost nebo četnost přístupu). Jindy se používá přístup na nejbližší možnou pozici nebo skladování podle určitých kritérií. Sofistikovanější metody pak mohou zjišťovat, jak často se které zboží vychystává, případně podle naučených dat rozpoznat, kdy k němu nejspíš bude potřeba přístup - predikce poptávky (neuronové sítě).
2. *Proces přístupu bez přemístění* - Jeli k vyzvednutí potřebný kontejner, ke kterému je přímý přístup, tj. bez přemístění ostatních kontejnerů, robot jej jednoduše vyzvedne přímo z příslušného skladovacího prostoru a dopraví jej na přidělenou vychystávací stanici.
3. *Proces přístupu s přemístěním* - Pro přístup k požadovanému kontejneru je potřeba přemístit všechny kontejnery, které jsou naskládány nad ním. Kontejnery, které mají být přemístěny, jsou přesunuty na nejbližší volná skladovací místa. Cílem je minimalizovat čas potřebný k přemístění předmětů, proto se vyhýbáme mřížkovým prvkům s nízkými výškami skladování. Po dokončení vyjmutí a opětovném uložení odebraného předmětu mohou některé systémy provést i návratové přesuny. To znamená, že jeden či více robotů vrátí kontejnery, které byly dříve přemístěny, zpět do původního uspořádání. Různé faktory, jako je distribuce článků a struktura přístupu, mohou tento proces ovlivnit.

5 Budoucnost automatizace logistiky

Výzkum automatizovaných nebo dokonce robotizovaných skladů není zatím příliš rozsáhlý. S nástupem nových technologií se objevují nové otázky, na které je třeba odpovědět. Je třeba vytvořit nové modely, které vyhodnotí výkonnost systémů a pomohou odpovědět na otázky týkající se návrhu a řízení. Je plná automatizace skladovacích i vychystávacích procesů budoucností? Hlavními výhodami automatizace jsou úspora místa (automatizovaný sklad lze postavit na menší ploše), úspora mzdových nákladů (lze relativně snadno a levně zajistit nepřetržitý provoz), dostupnost (není vždy snadné najít personál ochotný vykonávat skladové práce) a úspora dalších provozních nákladů, jako je vytápění a osvětlení. Automatizace skladování a vychystávání objednávek má však stále svá omezení: vyžaduje značný rozsah a dlouhodobou vizi (investice jsou vysoké a mohou se vrátit až ve střednědobém nebo dlouhodobém horizontu). Kromě toho je část procesu vychystávání stále obtížně automatizovatelná a může být nutné ji provádět ručně. Tato část procesu obvykle nepatří k nejzajímavějším. Stručně řečeno, manuální sklady budou navzdory novému vývoji zatím existovat i v ekonomikách s vysokými náklady na pracovní sílu. Logistika zůstává záležitostí lidí a dobře řízené sklady dosahují výrazně lepších výsledků v oblasti produktivity, inovace procesů, kvality a bezpečnosti [11] [9].

6 Závěr

V této práci byly rozebrány poznatky související s automatizací skladů a logistiky. První část práce se zaměřila na historický vývoj robotických technologií a jejich postupné využití ve skladovacím průmyslu. Z tohoto historického kontextu vyplývá, že růst e-commerce a potřeba efektivního využití skladovacího prostoru vedly k rostoucímu zájmu o automatizaci skladů.

Druhá část práce rozebrala fungování moderních skladovacích robotů, jako jsou Automated Guided Vehicles (AGVs), Autonomous Mobile Robots (AMR) a drony. Tyto technologie přinášejí významné vylepšení v rychlosti, efektivitě a flexibilitě skladování, což je klíčové pro zvládání rostoucích logistických výzev v dnešním dynamickém obchodním prostředí.

Dále byly diskutovány aktuální trendy v oblasti robotizace skladovacích jednotek, včetně konkrétních technologií a přístupů. Automatizované skladování se stává stále běžnějším a významným prvkem v moderním průmyslu, přičemž firmy investují do inovativních řešení pro optimalizaci svých skladovacích procesů.

Náhled do budoucnosti problematiky podtrhuje, že automatizace logistiky je klíčovým faktorem pro rozvoj tohoto průmyslu. I přes výzvy spojené s plnou automatizací, je zřejmé, že technologie jako AGVs, AMR a drony mají potenciál radikálně změnit způsob, jakým jsou skladovací procesy prováděny.

Literatura

- [1] Alza.cz. <https://www.alza.cz/>. [Online; accessed 20-April-2024].
- [2] AZADEH, K., DE KOSTER, R., AND ROY, D. Robotized warehouse systems: Developments and research opportunities. *Rotterdam School of Management, Erasmus University, The Netherlands* (n.d.).
- [3] BUKHAMSEEN, A., ALABDULLAH, M., BIN GAUFAN, K., AND MYSOREWALA, M. A warehouse storage and retrieval system using iot and autonomous vehicle. In *2023 9th International Conference on Automation, Robotics and Applications (ICARA)* (2023), pp. 346–350.
- [4] DE KOSTER, R. B. Automated and robotic warehouses: Developments and research opportunities. *Logistics and Transport* 38, 2 (2018), 33.
- [5] KENDRION. Automated guided vehicles (agv), n.d. [cit. 2022-07-15].
- [6] LOBER, A., OLLINGER, L., VOELKER, S., AND BAUMGAERTEL, H. Towards logistics 4.0: A skill-based opc ua communication between wms and the plc of an automated storage and retrieval system. *Preliminary communication* (n.d.). Received: 2023-05-11, Accepted: 2023-05-15.
- [7] MOHAMMAD KHASASI, F. H., M. ALI, A. M., AND MOHD YUSOF, Z. Development of an automated storage and retrieval system in dynamic industrial environment. In *2015 International Conference on BioSignal Analysis, Processing and Systems (ICBAPS)* (2015), pp. 57–60.
- [8] PRAVEC, P. Experimentální model robotické platformy pro inventarizaci skladu. České vysoké učení technické v Praze, Fakulta strojní, Ústav mechaniky, biomechaniky a mechatroniky, Odbor mechaniky a mechatroniky, Bakalářská práce, 2022.
- [9] SOORI, M., AREZOO, B., AND DASTRES, R. Artificial intelligence, machine learning and deep learning in advanced robotics, a review. *Cognitive Robotics* 3 (2023), 54–70.
- [10] VAN GEEST, M., TEKINERDOGAN, B., AND CATAL, C. Design of a reference architecture for developing smart warehouses in industry 4.0. *Computers in Industry* 124 (Jan 2021), 103343.
- [11] ZHANG, D., PEE, L., AND CUI, L. Artificial intelligence in e-commerce fulfillment: A case study of resource orchestration at alibaba’s smart warehouse. *International Journal of Information Management* 57 (Apr 2021), 102304.