

Autonomní a kognitivní robotika: Klíčová technologie pro budoucnost průmyslové automatizace

Jakub Müller ¹, Tomáš Broum ¹, Alejandro Romero Montero ², Miroslav Malaga¹

¹ Západočeská univerzita v Plzni, Fakulta strojní, Katedra průmyslového inženýrství a managementu
Univerzitní 8, Plzeň, 306 14, Česká republika
mullerj@kpv.zcu.cz
broum@kpv.zcu.cz
malaga@kpv.zcu.cz

² Grupo Integrado de Ingeniería, Universidade da Coruña
Campus de Esteiro, 15403, Ferrol, Spain
alejandro.romero.montero@udc.es

Anotace: Tento článek se zaměřuje na autonomní a kognitivní robotiku jako klíčové oblasti průmyslové automatizace. Pojem autonomní robotika je rozebírán z interdisciplinárního hlediska, které kombinuje strojové učení, kognitivní vědu, neurovědu a další disciplíny s cílem vytvořit robotické systémy schopné vnímat, analyzovat a reagovat na dynamické prostředí. Článek se věnuje historickému vývoji, charakteristice a současným aplikacím v průmyslu a jiných oblastech.

1 Úvod

Autonomní robotika je velmi otevřený pojem z pohledu robotiky. Autonomní robotika je kombinace robotiky a prvků umělé inteligence/strojového učení. Pod pojmem autonomní robotika je také zahrnutý pojem kognitivní robotika. V rámci vnitřní motivace robotů je zaměření hlavně na obor kognitivní robotiky. Z pohledu efektivity se bude brát celkový obor autonomní robotiky, který zahrnuje i kognitivní robotiku.

Autonomní robotika je interdisciplinární vědní oblast kombinující především strojové učení, modelování, a strojové vnímání. Cílem je vyvinout robot, obecně autonomní systém, který snímá a měří své okolí, získaná data interpretuje a na jejich základě rozhoduje o akcích směřujících ke splnění cíle. Činnost autonomního robotu zahrnuje fyzickou interakci s okolním prostředím. [1]

Kognitivní robotika je interdisciplinární obor, který kombinuje principy robotiky, umělé inteligence (AI), kognitivní vědy, neurovědy, strojového učení a psychologie s cílem vytvořit roboty, kteří mohou plnit úkoly a komunikovat se svým prostředím způsobem, který se podobá lidským kognitivním procesům. Cílem kognitivní robotiky je vyvinout roboty, kteří dokáží vnímat, uvažovat, učit se a rozhodovat se ve složitém a dynamickém prostředí. [2]

Moderní výrobní průmysl je v současné době charakterizován rychlým rozvojem a implementací pokročilých technologií, z nichž jednou z nejvýznamnějších je automatizace. Využití robotiky a umělé inteligence/strojového učení mění paradigma průmyslové výroby a otevírá nové možnosti pro zlepšení efektivity, kvality a flexibility procesů.

Tento článek se soustředí na autonomní a kognitivní robotiku jako klíčovou komponentu průmyslové automatizace, která slibuje přinést revoluční změny do způsobu, jakým výrobní podniky fungují. V kapitole bude definována klíčová charakteristika autonomní a kognitivní robotiky a její historický vývoj. Dále posoudíme současný stav a aplikace ve výrobním průmyslu a dalších oblastech.

2 Charakteristika autonomní a kognitivní robotiky

Roboti se tradičně programovali k vykonávání předem definovaných úkolů v kontrolovaném prostředí. Ale s rozvojem počítačové vědy a zejména umělé inteligence (AI) se robotika velmi rozšířila. To nás přivádí k sub-disciplíně známé jako kognitivní robotika, která je na rozhraní mezi AI a robotikou. [3]

Autonomní a kognitivní roboti používají senzory, jako jsou kamery, LIDAR, hmatové senzory a mnoho dalších, aby vnímali a chápali své okolí. Díky sensorům součástí vnitřního systému robota dokážou analyzovat smyslová data a identifikovat objekty, osoby a další relevantní informace. Cílem je používat mechanismy uvažování, aby pochopili vztahy mezi objekty, rozhodovali se a plánovali akce k dosažení svých cílů. To zahrnuje symbolické uvažování, pravděpodobnostní uvažování a plánovací algoritmy. Mají schopnost učit se ze svých zkušeností a v průběhu času zlepšovat svůj výkon. Mohou se přizpůsobovat měnícímu se prostředí, zdokonalovat své modely a získávat nové dovednosti pomocí technik strojového učení. Mohou komunikovat s lidmi a jinými roboty pomocí přirozeného jazyka, gest a dalších forem interakce. Rozumějí jazyku a vytvářejí jej, aby sdělovali své záměry, kladli otázky a vyměňovali si informace. Snaží se porozumět kontextu situace, přičemž berou v úvahu faktory, jako je prostředí, prováděné úkoly a cíle, kterých má být dosaženo. To jim umožňuje činit rozhodnutí odpovídající kontextu. Mají paměťové systémy, které jim umožňují uchovávat informace o svých minulých zkušenostech. Tato paměť jim umožňuje učit se z předchozích interakcí a využívat tyto znalosti ke zlepšení budoucích činností nebo využívat již naučené dovednosti a tím pádem v porovnání s učením i rychleji provádět akce. Někteří kognitivní roboti jsou navrženi tak, aby rozpoznávali a vyjadřovali emoce, což umožňuje přirozenější a smysluplnější interakci s lidmi. Dokážou rozpoznávat výrazy obličeje, tón hlasu a gesta, aby odhadli emocionální stavy. [2]

Na základě článku „Research on Autonomous Robots Navigation based on Reinforcement Learning“ lze autonomní roboty charakterizovat jako roboty, kteří mají schopnost samostatně rozhodovat a provádět úkoly na základě vnímání a analýzy okolního prostředí. Vytvářejí trasy a navigovat díky

pokročilým algoritmům pro plánování trasy, které jim umožňují efektivně se pohybovat v prostředí plném překážek. Používají techniky, jako je Deep Q Network (DQN) a Proximal Policy Optimization (PPO), které jim umožňují optimalizovat své rozhodovací procesy na základě zpětné vazby z prostředí. Díky použití posilovaného učení (Reinforcement Learning) mohou autonomní roboti neustále zlepšovat své schopnosti prostřednictvím interakce s prostředím. Tento proces učení jim umožňuje přizpůsobovat se novým situacím a zlepšovat své rozhodování na základě předchozích zkušeností. Další charakteristikou je bezpečnost, zejména při pohybu v prostředích, kde mohou narazit na překážky, což souvisí s navigací a vytvářením tras. [4]

Tato charakteristika autonomních robotů zdůrazňuje jejich pokročilé schopnosti a význam v moderní technologii, zejména v oblasti průmyslové automatizace a inteligentní logistiky.

3 Vývoj autonomní a kognitivní robotiky

V uplynulém desetiletí se oblast autonomních a kognitivní robotiky rychle vyvíjela, což je zřetelné na pokroku v technologiích strojového učení, jež robotům umožňují lépe interpretovat a reagovat na své okolí. Rozpoznávání objektů, navigace, manipulace a interakce mezi člověkem a robotem jsou oblastmi, kde bylo dosaženo značného pokroku. Výzkumné snahy se zaměřují na tvorbu robotů, kteří nejenom zvládají složitější úkoly, ale jsou také schopni adaptace a učení se z interakcí s člověkem a prostředím, čímž dosahují vyšší autonomie a flexibility v aplikacích.

Komplexní přehled o vývojové robotice, jejím multidisciplinárním přístupu, historickém vývoji, a klíčových principech a metodách poskytuje kniha „Developmental Robotics“. [5] Tento obor je definován jako interdisciplinární přístup zaměřený na autonomní design behaviorálních a kognitivních schopností v umělých agentech, inspirovaný vývojovými principy a mechanismy pozorovanými v přirozených kognitivních systémech dětí. Tato oblast vychází z poznatků vývojové psychologie, neurověd a komparativní psychologie a aplikuje je v kontextu robotiky a umělé inteligence s cílem navrhovat "baby roboty", kteří autonomně získávají stále složitější sadu senzomotorických a mentálních schopností. Kognitivní vývojová robotika, jinak známá také jako autonomní mentální vývoj nebo epigenetická robotika, se zaměřuje na klíčové koncepty, jako jsou vtělení a sociální interakce, význam dynamických systémů a důležitost fylogenetických a ontogenetických interakcí. Fylogenetické interakce se vztahují k evoluční historii a vývoji druhů. Zkoumají, jak různé druhy vznikly a jak jsou geneticky příbuzné, často zobrazované ve fylogenetickém stromu, což ukazuje, jak se druhy rozdělily od společného předka. Ontogenetické interakce odkazují na vývoj jedince od početí po dospělost. Zahrnují celý životní cyklus organismu, včetně jeho růstu, vývoje, učení se a zkušeností. Věda zabývající se ontogenetickými interakcemi je zvláště důležitá při pochopení, jak se vyvíjí komplexní chování a schopnosti. [6]

Kognitivní architektury a systémy hrají klíčovou roli ve vývoji autonomních robotů schopných fungování v reálném, nestrukturovaném prostředí. Integrace senzorického vnímání, plánování a jednání je základem pro tvorbu soudržných systémů, které dokáží vnímat své okolí, efektivně se rozhodovat a jednat. Dále je zkoumána schopnost sebeuvědomění u robotů, což je pokročilý výzkumný směr, který se zaměřuje na vybavení robotů schopnostmi vyššího řádu, jako je rozpoznávání vlastních vnitřních stavů a reflexe nad svými činnostmi. [5]

Developmental Robotics se zaměřují na modelování a porozumění lidskému kognitivnímu vývoji prostřednictvím robotiky. Tento přístup poskytuje cenné vhledy pro návrh robotů schopných učení a adaptace prostřednictvím interakce s prostředím, což reflektuje procesy, kterými se u člověka rozvíjejí kognitivní schopnosti. V oblasti reprezentace znalostí a uvažování je kladen důraz na vývoj metod, které umožňují robotům logické uvažování a efektivní rozhodování. [5]

Jun Tani ve své práci zkoumá kognitivní mechanismy u robotů a nachází paralely mezi robotickou myslí a lidským vědomím, což otevírá diskusi o filozofických a technických aspektech umělého poznání. Interakce člověka s robotem se stává stále aktuálnějším tématem vzhledem k rostoucí integraci robotů do lidského prostředí. V této oblasti je nezbytné navrhovat roboty, kteří jsou schopni spolupracovat a intuitivně komunikovat s lidmi. [7, 8]

Vývoj kognitivní robotiky tedy slibuje zásadní přínosy pro strojírenský průmysl, posouvá hranice toho, co roboti mohou vykonávat, a otevírá nové možnosti pro jejich interakci a spolupráci s lidskými pracovníky.

4 Autonomní robotika v automatizaci

Tato kapitola se bude zabývat přehledem literatury publikovaným na téma autonomní a kognitivní robotika a kognitivní automatizace ve strojírenském průmyslu a zkoumat, jak tato technologie překračuje hranice tradiční robotiky a otevírá dveře k vyšší úrovni automatizace a efektivity.

V poslední době se v oblasti strojírenského průmyslu objevuje termín "kognitivní", který se používá ve spojení s automatizací a autonomní robotikou. Odráží posun k systémům, které jsou navrženy tak, aby napodobovaly lidské poznávací schopnosti v oblasti vnímání, učení a řešení problémů. Kognitivní automatizace a kognitivní robotika jsou dva pilíře tohoto paradigmatu, přičemž každý představuje unikátní, ale propojené sféry aplikace.

Kognitivní automatizace využívá technik umělé inteligence k racionalizaci a optimalizaci složitých procesů, často s přidanou schopností adaptace a učení se v dynamickém prostředí. Na druhé straně kognitivní robotika aplikuje stejné principy přímo na fyzické stroje, čímž jim umožňuje nejen provádět přednastavené úkoly, ale i reagovat na proměnlivé podmínky, a dokonce se vyvíjet prostřednictvím interakcí se svým okolím. Oba tyto směry naznačují

příslib pro budoucnost výroby, kde složité úkoly mohou být automatizovány s předchozí doménou výhradně lidského rozhodování a interakce. Tato práce je zaměřena hlavně na kognitivní robotiku, ale z pohledu přehledu literatury je důležité definovat a prozkoumat o čem pojednávají články na téma kognitivní automatizace. Některé zdroje také označují tyto dvě témata pod jedním názvem a to: Cognitive Robotic Process Automation (CRPA). [9]

Článek „A Conceptual Model for the Adoption of Autonomous Robots in Supply Chain and Logistics Industry“ zkoumá klíčové determinanty přijetí autonomních robotů v odvětví dodavatelských řetězců a logistiky. Autoři zdůrazňují potřebu dalšího výzkumu v oblasti nasazení těchto technologií v dodavatelských řetězcích, kde je zatím empirických studií méně. Článek identifikuje tři hlavní kontexty, které ovlivňují přijetí autonomních robotů: [10]

- Technologický kontext:
 - Relativní výhoda – Jak firmy vnímají přínosy autonomních robotů oproti stávajícím technologiím
 - Komplexita – Náročnost na pochopení a používání nové technologie
 - Náklady – Vnímání finančních nákladů spojených s implementací technologie
- Organizační kontext:
 - Podpora vedení – Míra, do jaké top management podporuje zavádění nových technologií
 - Finanční zdroje – Dostupnost financí na pokrytí nákladů na nákup, implementaci a údržbu autonomních robotů
 - Kompetence zaměstnanců – Schopnosti a kvalifikace zaměstnanců potřebné k efektivnímu využití nové technologie
- Environmentální kontext:
 - Konkurenční tlak – Jak rivalita v odvětví podněcuje firmy k inovacím
 - Tlak zákazníků – Jak požadavky zákazníků motivují firmy k přijetí nových technologií
 - Podpora dodavatelů – Role dodavatelů technologií v usnadňování adopce autonomních robotů

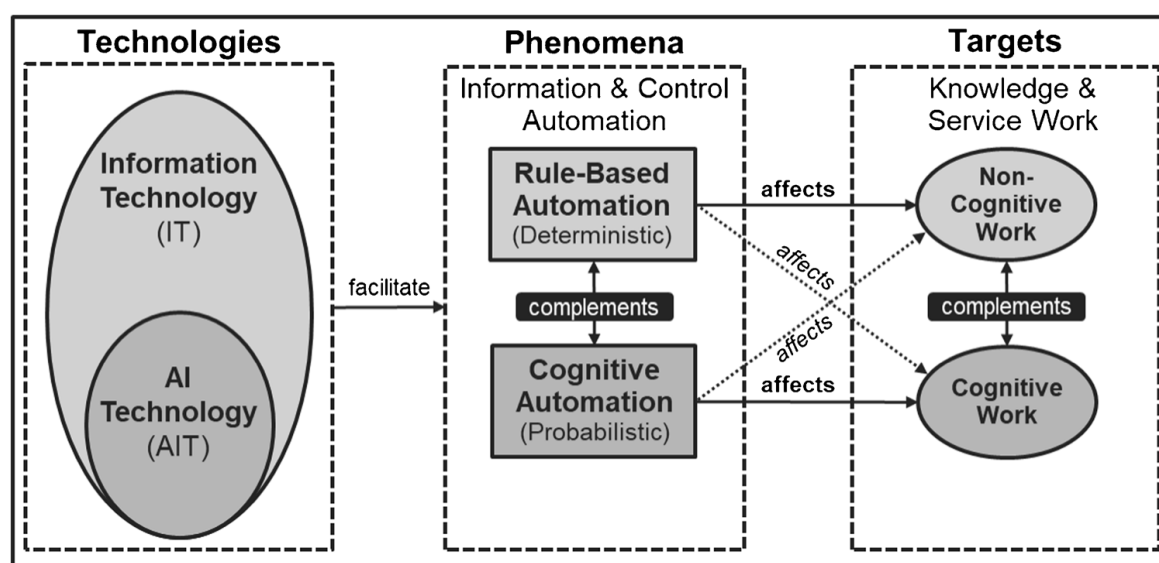
Studie využívá kvantitativní přístup a provádí průzkum mezi manažery dodavatelských řetězců a logistiky prostřednictvím online dotazníku. Průzkum se zaměřuje na získání dat potřebných k testování navrženého konceptuálního rámce a hypotéz. Celkem se průzkumu zúčastnilo 314 respondentů s průměrnou délkou praxe devíti let v různých oblastech dodavatelských řetězců. Výsledky průzkumu: [10]

- Náklady autonomních robotů byly potvrzeny jako významný faktor ovlivňující jejich přijetí
- Výhoda autonomních robotů neprokázala pozitivní vliv na jejich adopci
- Důležitost podpory od top managementu a finanční podpory pro úspěšné přijetí technologie
- Kompetence zaměstnanců a podpora dodavatelů jsou také klíčovými faktory pro implementaci autonomních robotů v dodavatelských řetězcích

Studie přispívá k lepšímu porozumění klíčovým faktorům, které ovlivňují přijetí autonomních robotů v oblasti dodavatelských řetězců a logistiky. Zdůrazňuje potřebu dalšího výzkumu zaměřeného na komplexitu a relativní výhody těchto technologií a na způsoby, jakým lze překonat překážky jejich adopce. [10]

Článek „Cognitive Automation“ [11] se zabývá pokročilou fází automatizace podnikových procesů (BPA), která je charakterizována použitím strojového učení (ML). Autoři, Christian Engel, Philipp Ebel a Jan Marc Leimeister, podávají rozbor fenoménu kognitivní automatizace, který spočívá ve vývoji z deterministické automatizace směrem k systémům schopným učení se a adaptace na základě dat. V rámci kognitivní automatizace je zdůrazněn význam poznání, tedy procesů, jakými je smyslový vstup transformován a využíván, což zahrnuje pojmy jako vnímání, paměť, vybavování a myšlení, definované Neisserem (2014). [12]

Autoři dále rozlišují mezi třemi typy automatizace – mechanickou, informativní/kontrolní a kombinací dvou zmíněných. Zdůrazňují, že vyšší úroveň automatizace neimplikuje autonomii. Hlavní pozornost je věnována ML-facilitated BPA, která se neomezuje pouze na práci s e-maily a analýzu dat, ale také zkoumá spojení mezi kognitivní a nekognitivní znalostí a jejich integraci (Obrázek 1). [11]



Obrázek 1 – Doplnění a překrývání deterministické a pravděpodobnostní automatizace [11]

Engel a kolegové upozorňují na to, že vědecký pokrok a praktické uplatnění kognitivní automatizace jsou limitovány absencí sjednoceného koncepčního rámce. V článku je prezentován model, který integrativně pojí technologie umožňující kognitivní automatizaci s pracovními úlohami, na které se zaměřují, ukazující synergetický vztah mezi pravidlově založenou automatizací a AI-facilitovanou kognitivní automatizací. (Obrázek 2)

	Workflow Management	Robotic Process Automation	ML-Facilitated Business Process Automation
Example	E.g., processing of customer payments through the multiple departments of a bank in an end-to-end manner	E.g., copying data out of an SAP system, applying business rules to it and inserting it to another system	E.g., routing of emails based on analyzing their content (e.g., criticality, tonality, topic recognition etc.) with ML
Instantiation	Generic software packages for managing business processes	Rule-based software robots for performing tasks in business processes	Learning-based software robots for performing tasks in business processes
Used data	Structured	Structured	Structured and unstructured
Functional areas	<ul style="list-style-type: none"> • Decomposition of processes from applications • Managing workflows and organizing process data • Dissemination and routing of process information among human resources and application programs 	<ul style="list-style-type: none"> • Dealing with task data • Enhancing business processes • Integrating systems and applications 	<ul style="list-style-type: none"> • Perceiving context • Developing hypotheses • Solving problems • Making decisions
Outcome	Deterministic	Deterministic	Probabilistic
Weight of IT implementation	Mostly Heavyweight IT (Systems are implemented end-to-end and deeply integrated in architecture)	Mostly lightweight IT (Rule-Based software robot records and repeats user actions)	Light- to heavyweight IT (Learning-Based software robot is trained with data rather than programmed)
Primary automation target	Non-Cognitive Knowledge and Service Work	Non-Cognitive Knowledge and Service Work	Cognitive Knowledge and Service Work

Obrázek 2 – Model propojení technologií kognitivní automatizace [11]

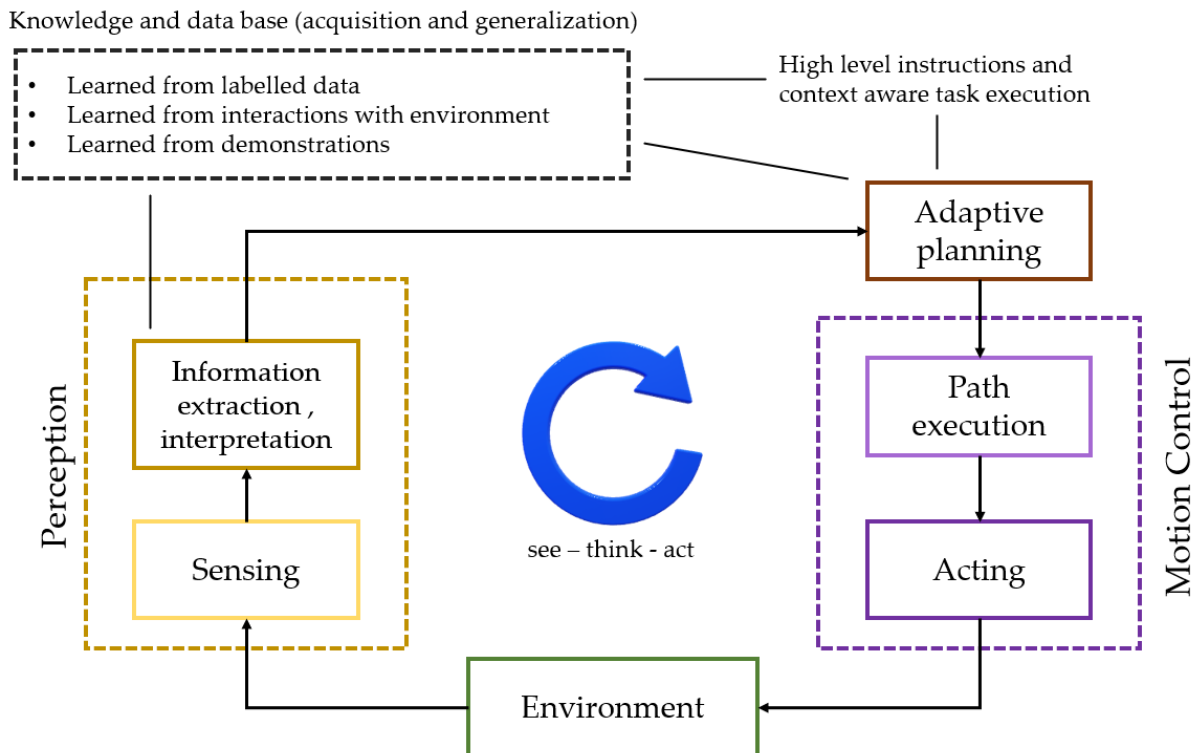
Výzkumné příležitosti jsou identifikovány v kontextu platforem, zdrojů a schopností a pracovních systémů, jež jsou považovány za klíčové pro hlubší porozumění a efektivní implementaci kognitivní automatizace. Článek končí obhajobou nutnosti rozvoje mnohostranného pohledu na kognitivní automatizaci v oblasti informačních systémů a nabádá k dalšímu prozkoumání možností strategického nasazení této technologie v organizacích, aby byl maximálně využit její potenciál, zatímco jsou zvládnuty přidružené sociotechnické výzvy.

Integrace AI do robotických systémů je stěžejní pro potřeby výrobního sektoru. Využití autonomní a kognitivní robotiky v průmyslu zahrnuje paradigma "see-think-act" (Obrázek 3), které je zásadní pro práci robotů. Tento proces zahrnuje computer-vision based control, což umožňuje robotům se vyrovnat s určitými nejistotami a nejasnostmi. [13]

Specifickým problémem ve strojírenství je manipulace s objekty v rámci bin-pickingu, což historicky patří mezi největší výzvy automatizace, jak potvrzuje několik studií. [14, 15] Článek zmiňuje že pro uchycení neznámého objektu je vyžadován tzv. free grasping model. V ideálním případě by mělo být chapadlo vybaveno senzory, aby mohlo podobně jako lidské ruce vnímat tvary a textury předmětů. Díky tomuto chapadlu budeme schopni dosahovat ještě lepších výsledků z pohledu základní dovedností. Další zkoumanou metodou je učení pomocí imitace, včetně klonování chování a inverzního zpětnovazebního učení, kdy jsou snímány pohyby člověka pro zpracování trajektorie pohybu. Tento přístup je v článku doplněn o experiment. Imitace ve virtuální realitě (VR) je prezentována jako jeden z možných přístupů, ačkoliv je uznáváno, že simulace v době vydání článku nejsou schopny pokrýt všechny možné scénáře. [13]

Je zásadní, aby AI nepodkopávala produktivitu prostřednictvím nespolehlivého či nepřesného provozu vyžadujícího lidský zásah, což souvisí

s problémem známým jako "reality gap" - propast mezi realitou a simulací. Výzkum se také zaměřuje na manipulaci s objekty, což je složitější než jejich umístování, nicméně v oblasti průmyslové automatizace nejsou dosaženy požadované výsledky ani v umístování. Simulace je cenným nástrojem pro generování dat rychle a ekonomicky a je zdůrazněno, že více než 80 % času věnovaného AI je spotřebováno shromažďováním dat. Jeden z klíčových cílů je najít rovnováhu mezi člověkem a kognitivním robotem, což představuje vizi průmyslu 5.0. [13]



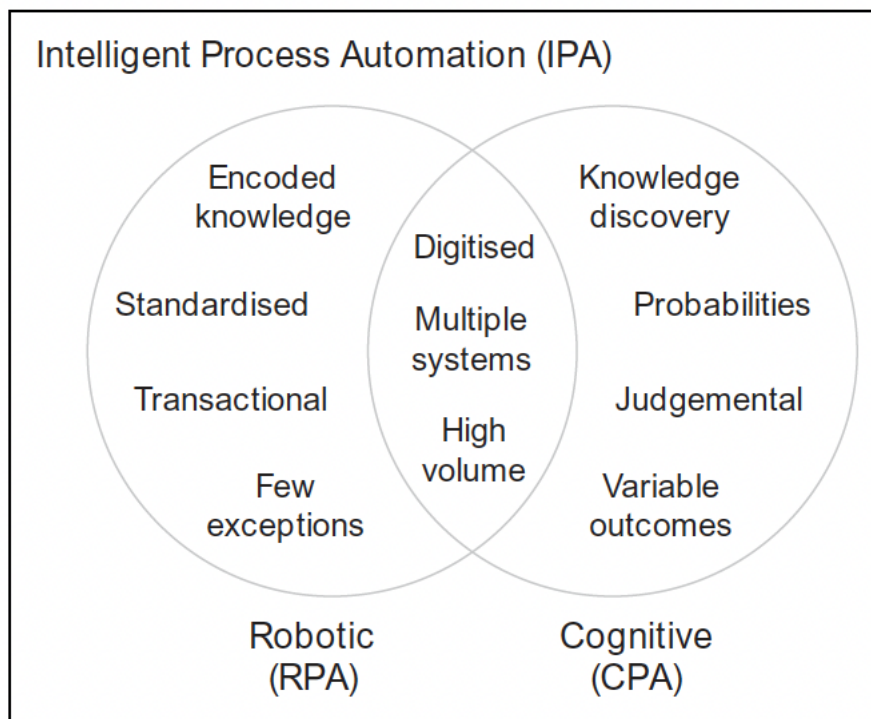
Obrázek 3 - See - think – act [13]

Závěrem, AI a kognitivní robotika jsou prezentovány jako příležitosti pro aplikaci v automatizačních scénářích, s důrazem na jejich schopnost transformovat výrobní procesy a přinést hodnotu v podobě inteligentního a přizpůsobivého automatizačního řešení. [13]

Článek „Cognitive automation: A new era of knowledge work?“ [16] rozebírá rozlišení mezi automatizací založenou na pravidlech, která je přirovnávána ke klasické AI (Classic AI), a konstruktivní AI (Constructive AI), což jsou metody strojového učení schopné samostatně nalézat vztahy v datech.

Porovnání klasické a konstruktivní AI je prezentováno v kontextu interakce mezi člověkem a strojem, kde je zdůrazněn přechod od robotické automatizace procesů (RPA), která vyžaduje předchozí znalosti ke kognitivní automatizaci procesů (CPA), jež se tyto znalosti sama učí (Obrázek 4). RPA je popisována jako proces, při němž člověk na pracovní stanici přijímá úkoly z různých elektronických zdrojů a zpracovává je podle pevně daných pravidel, zatímco CPA je schopná se učit a přizpůsobovat se novým úlohám a situacím. [16]

Článek se také dotýká problému posilování zkreslení, kdy algoritmy strojového učení mohou neúmyslně zesílit existující předsudky v trénovacích datech, což může vést k zaujatým výsledkům. Jako další výzva je zmíněno snižování odbornosti, tedy riziko, že závislost na AI může vést k poklesu lidských dovedností a znalostí. [16]



Obrázek 4 – Intelligent Process Automation [16]

Závěr článku zdůrazňuje význam propojení lidské a umělé inteligence s cílem podpořit vzhled a inovace. [16]

V článku „Forming a cognitive automation strategy for Operator 4.0 in complex“ je rozdělení automatizace do 7 levelů od Frohma [15] doplněná o příklady (Obrázek 5).

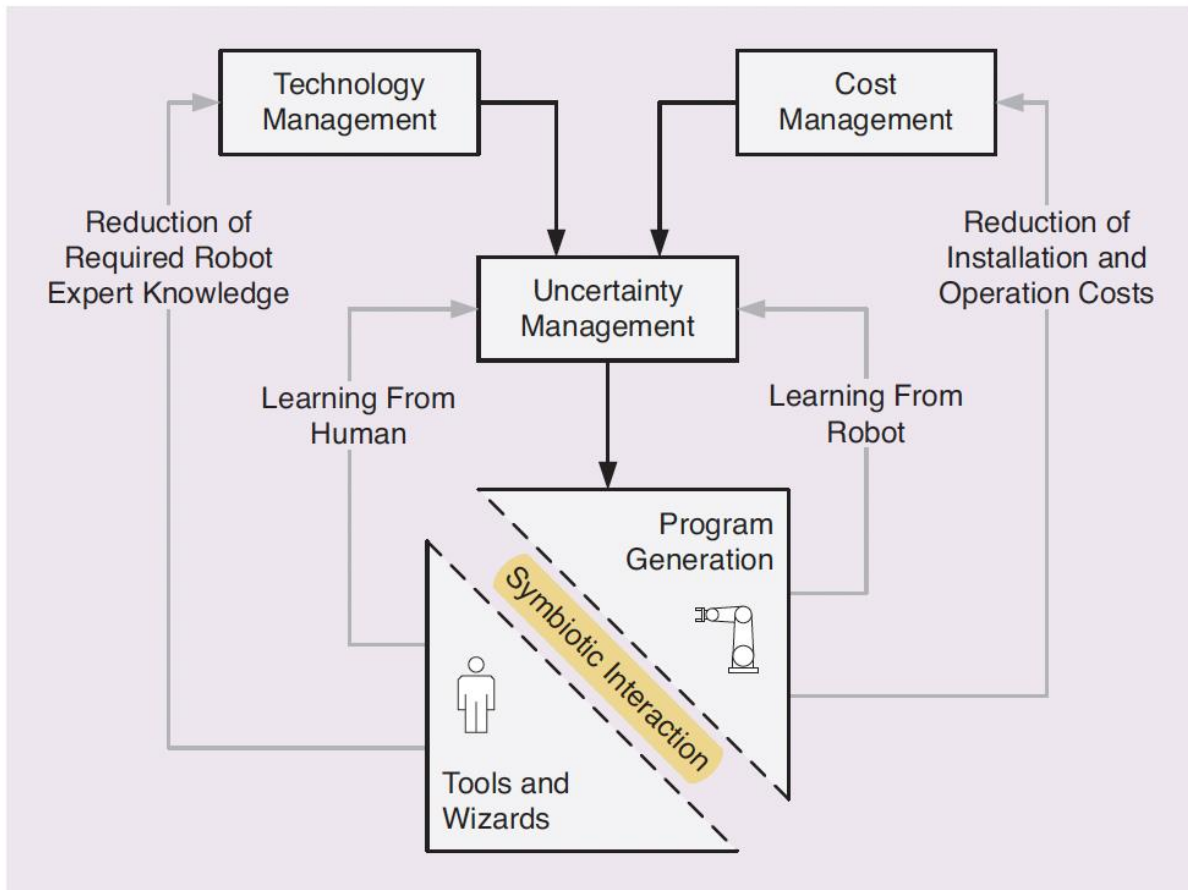
Cognitive automation level	Description	Example
1. Totally manual	The user creates his/her own understanding for the situation, and develops his/her course of action based on his/her earlier experience and knowledge	Users earlier experience and knowledge
2. Decision giving	The user gets information on what to do, or proposal on how the task can be achieved	Work order
3. Teaching	The user gets instruction on how the task can be achieved	Checklists, manuals
4. Questioning	The technology questions the execution, if the execution deviate from what the technology consider being suitable	Verification before action
5. Supervision	The technology calls for the users' attention, and direct it to the present task	Alarms
6. Intervene	The technology takes over and corrects the action, if the executions deviate from what the technology consider being suitable	Thermostat
7. Totally automatic	All information and control is handled by the technology. The user is never involved	Autonomous systems

Obrázek 5 – 7 levelů automatizace [17]

Článek „SMErobotics: Smart Robots for Flexible Manufacturing“ [18] zdůrazňuje význam autonomní robotiky pro menší podniky a její zaměření na tyto subjekty v počáteční fázi adopce. Podle Mezinárodní federace robotiky (International Federation of Robotics), v hlavních trzích s roboty – s výjimkou Číny, tedy v Japonsku, USA, Jižní Koreji a Německu – existuje v průměru šest robotů na 10 000 zaměstnanců ve výrobních malých a středních

podnicích (SME). Dále je uvedeno, že pokud má dánský podnik méně než 34 zaměstnanců, pravděpodobně nebude disponovat žádnou automatizací. [18]

Článek poukazuje na koncept "Symbiotic Interaction" (Obrázek 6), který naznačuje potřebu spolupráce mezi člověkem a robotem, a zároveň kritizuje současné programovací styly za jejich nepružnost při rychlých změnách. Zmiňuje se také, že tradiční roboti zaberou více místa a vyžadují specializované odborníky na programování a údržbu. [18]



Obrázek 1 – Symbiotic Interaction [18]

V další části se diskutuje o finančních nákladech operací, které jsou nejvyšší a je zdůrazněna potřeba snadné změnitelnosti programů robotů, aby se eliminovala nutnost rozsáhlého zaškolování personálu. Uvádí se, že roboti mají obvykle přesnost menší než 1 mm a jsou pevně připevněni k zemi. Základní robotické dovednosti, jako je uchopení, posun, stisk a umístění, jsou klíčové pro většinu aplikací. Human-friendly systémy by měly být navíc tolerantní k chybám jak z lidské, tak z robotické strany. Článek navrhuje, že by mělo být možné identifikovat příčinu chyby prostřednictvím jednoduchého vrstvení základních operací. Další část se zaměřuje na "product-centric instructions", což implikuje, že roboti jsou specificky navrženi pro práci s jedním konkrétním produktem, a "procedure-driven operation", což znamená, že roboty jsou naprogramovány krok za krokem pro specifické úlohy nebo operace. [18]

V dynamickém a rychle se rozvíjejícím světě strojírenství je stále důležitější rozumět rozdílům mezi kognitivní automatizací a autonomní nebo kognitivní robotikou. Ačkoliv obě oblasti mohou sdílet určité principy a technologie, jako jsou pokročilé algoritmy strojového učení, každá má své specifické aplikace a význam. Kognitivní automatizace se soustřeďuje na zefektivnění a inteligentní správu procesů a pracovních toků, zatímco autonomní a kognitivní robotika přináší těmto možnostem fyzický rozměr, umožňuje robotům vnímat a interagovat se svým prostředím na zcela nové úrovni. Ačkoliv je pravděpodobné, že tyto dvě oblasti se v budoucnu stále více propojí, zůstává důležité je rozlišovat, abychom mohli plně využít jejich potenciál a řádně pochopit jejich omezení a možnosti.

Zároveň, když se zaměříme specificky na autonomní a kognitivní robotiku, zjistíme, že i přes její zřetelný potenciál a růstový trend, literatura v tomto oboru je stále poměrně omezená. Existuje mnoho nezodpovězených otázek a prostor pro výzkum, což je příležitost pro akademickou komunitu a průmyslové inovátory, aby rozšířili naše porozumění a vyvinuli nové aplikace. Právě autonomní a kognitivní robotika nese slib radikální transformace nejen ve strojírenství, ale i v širších oblastech, kde může napodobování lidského chování posunout do nových sfér spolupráce a autonomie. [18]

Článek „SMErobotics: Smart Robots for Flexible Manufacturing“ [18] podporuje zaměření práce na implementaci autonomních a kognitivních robotů ve výrobních podnicích SME.

5 Aplikace autonomních robotů

Aplikace autonomních a kognitivních robotů, kteří dokáží nejen provádět fyzické úkoly, ale také mají schopnost vnímat a reagovat na okolní prostředí a interagovat s ním s určitým stupněm porozumění a inteligence. [19]

Asistenční roboti: Mohou pomáhat lidem se zdravotním postižením nebo starším lidem tím, že vykonávají úkoly, jako jsou domácí práce, přinášení předmětů a poskytování společnosti.

Zdravotnictví: Využívána v oblasti péče o zdraví, např: zdravotnických zařízeních k asistenci lékařům a zdravotním sestřám, k podávání léků a ke sledování stavu pacientů.

Ve výrobě: Pracují společně s lidmi ve výrobním prostředí, přizpůsobovat se měnícím se potřebám výroby a efektivně spolupracovat.

Pátrání a záchrana: Orientují se ve složitém prostředí a vyhledávat a zachraňovat lidi při katastrofách nebo mimořádných událostech.

Vzdělávání: Lze používat jako interaktivní nástroje ve vzdělávacích zařízeních, aby zaujaly studenty a usnadnily jim výuku.

Autonomní a kognitivní robotika jsou rozvíjející se obory s významným potenciálem pro rozvoj našeho chápání lidského poznávání i strojové inteligence. Výzkumníci pokračují ve zkoumání nových technik a technologií,

které by zlepšily schopnosti autonomních a kognitivních robotů pro různé praktické aplikace. [19]

6 Závěr

Autonomní a kognitivní robotika představují revoluční přístup k průmyslové automatizaci a širším technologickým aplikacím. Tyto disciplíny, které kombinují robotiku, umělou inteligenci a interdisciplinární vědy, umožňují vývoj systémů schopných nejen vykonávat předdefinované úkoly, ale i adaptovat se na měnící se podmínky a spolupracovat s lidmi. Přestože jejich implementace čelí výzvám, jako jsou vysoké náklady, technická komplexnost a potřeba podpory ze strany organizací, jejich potenciál je nepopiratelný.

Ve výrobním sektoru slibují tyto technologie zvýšení efektivity, kvality a flexibility procesů, což může přinést zásadní posun ve způsobu, jakým fungují moderní podniky. Kognitivní robotika dále otvírá nové možnosti v oblastech jako zdravotnictví, vzdělávání, pátrání a záchrana nebo interakce s uživateli.

Vývoj autonomních a kognitivních robotů nejen že rozšiřuje naše chápání strojové inteligence, ale také mění naše pojetí toho, co je možné dosáhnout díky synergii mezi člověkem a strojem. S pokračujícím výzkumem a inovacemi se autonomní a kognitivní robotika jeví jako zásadní pilíř technologického pokroku v 21. století.

Poděkování

Příspěvek vznikl za podpory projektu SGS-2023-025 s názvem „Ekologicky udržitelná výroba“ řešeného v rámci Interní grantové agentury Západočeské univerzity v Plzni.

Použitá literatura

- [1] SVOBODA, Tomáš; ŽALUD, Luděk a PŘEUČIL, Libor. *Autonomní robotika*. Online. AICzechia. Dostupné z: <https://www.aiczechia.cz/download/oblasti-ai/autonomni-robotika.pdf>. [cit. 2024-06-25].
- [2] CANGELOSI, Angelo a Minoru ASADA. *Cognitive Robotics*. Cambridge, Massachusetts, 2022. ISBN 9780262046831.
- [3] DADVAR, Mehdi a HABIBIAN, Soheil. Contemporary research trends in response robotics. Online. *ROBOMECH Journal*. 2022, roč. 9, č. 1. ISSN 2197-4225. Dostupné z: <https://doi.org/10.1186/s40648-022-00221-z>. [cit. 2024-04-04].
- [4] WANG, Zixiang; YAN, Hao; WANG, Yining; XU, Zhengjia; WANG, Zhuoyue et al. Research on Autonomous Robots Navigation based on Reinforcement Learning. Online. 2024. Dostupné z: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2407.02539>. [cit. 2024-08-21].
- [5] CANGELOSI, Angelo a SCHLESINGER, Matthew. *Developmental Robotics: From Babies to Robots*. Online. 2015. The MIT Press, 2015. ISBN

9780262325295. Dostupné z: <https://doi.org/10.7551/mitpress/9320.001.0001>. [cit. 2024-04-04].
- [6] FINK, William L. The conceptual relationship between ontogeny and phylogeny. Online. *Paleobiology*. 1982, roč. 8, č. 3, s. 254-264. ISSN 0094-8373. Dostupné z: <https://doi.org/10.1017/S0094837300006977>. [cit. 2024-04-04].
- [7] YAMASHITA, Yuichi; TANI, Jun a SPORNS, Olaf. Emergence of Functional Hierarchy in a Multiple Timescale Neural Network Model: A Humanoid Robot Experiment. Online. *PLoS Computational Biology*. 2008, roč. 4, č. 11. ISSN 1553-7358. Dostupné z: <https://doi.org/10.1371/journal.pcbi.1000220>. [cit. 2024-04-04].
- [8] Tani, Jun, *Exploring Robotic Minds: Actions, Symbols, and Consciousness as Self-Organizing Dynamic Phenomena*, Oxford Series on Cognitive Models and Architectures (New York, 2016; online edn, Oxford Academic, 17 Nov. 2016), Dostupné z: <https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780190281069.001.0001>. [cit. 2024-04-04].
- [9] *What is Cognitive Robotic Process Automation?* Online. Dostupné z: <https://www.nicerpa.com/rpa-guide/what-is-cognitive-rpa/>. [cit. 2024-04-04].
- [10] SHAMOUT, Mohamed; BEN-ABDALLAH, Rabeb; ALSHURIDEH, Muhammad; ALZOUBI, Haitham; KURDI, Barween Al et al. A conceptual model for the adoption of autonomous robots in supply chain and logistics industry. Online. *Uncertain Supply Chain Management*. 2022, roč. 10, č. 2, s. 577-592. ISSN 22916822. Dostupné z: <https://doi.org/10.5267/j.uscm.2021.11.006>. [cit. 2024-06-25].
- [11] ENGEL, Christian; EBEL, Philipp a LEIMEISTER, Jan Marco. Cognitive automation. Online. *Electronic Markets*. 2022, roč. 32, č. 1, s. 339-350. ISSN 1019-6781. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s12525-021-00519-7>. [cit. 2024-03-28].
- [12] NEISSER, U. (2014). *Cognitive Psychology: Classic Edition* (1st ed.). Psychology Press. <https://doi.org/10.4324/9781315736174>
- [13] ARENTS, Janis a GREITANS, Modris. Smart Industrial Robot Control Trends, Challenges and Opportunities within Manufacturing. Online. *Applied Sciences*. 2022, roč. 12, č. 2. ISSN 2076-3417. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/app12020937>. [cit. 2024-03-28].
- [14] FUJITA, M.; DOMAE, Y.; NODA, A.; GARCIA RICARDEZ, G. A.; NAGATANI, T. et al. Online. *Advanced Robotics*. S. 1-15. ISSN 0169-1864. Dostupné z: <https://doi.org/10.1080/01691864.2019.1698463>. [cit. 2024-04-04].
- [15] FROHM, Jürgen. Levels of automation in manufacturing. *Ergonomia-an International journal of ergonomics and human factors*. Online. 2008. Dostupné z: <https://www.diva-portal.org/smash/record.jsf?dswid=-3248&pid=diva2%3A216233>. [cit. 2024-04-04].
- [16] RICHARDSON, Sharon. Cognitive automation: A new era of knowledge work? Online. *Business Information Review*. 2020, roč. 37, č. 4, s. 182-189. ISSN 0266-3821. Dostupné z: <https://doi.org/10.1177/0266382120974601>. [cit. 2024-03-28].

- [17] MATTSSON, Sandra; FAST-BERGLUND, Åsa; LI, Dan a THORVALD, Peter. Forming a cognitive automation strategy for Operator 4.0 in complex assembly. Online. 2020, roč. 139. ISSN 03608352. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.cie.2018.08.011>. [cit. 2024-03-28].
- [18] PERZYLO, Alexander; RICKERT, Markus; KAHL, Bjorn; SOMANI, Nikhil; LEHMANN, Christian et al. SMERobotics: Smart Robots for Flexible Manufacturing. Online. 2019, roč. 26, č. 1, s. 78-90. ISSN 1070-9932. Dostupné z: <https://doi.org/10.1109/MRA.2018.2879747>. [cit. 2024-03-28].
- [19] Cognitive Robotics and Adaptive Behaviors [online]. IntechOpen, 2022 [cit. 2023-08-24]. ISBN 978-1-80355-387-0. Dostupné z: <https://www.intechopen.com/chapters/84392>