

Česká zemědělská univerzita v Praze

Technická fakulta

Průmysl 4.0 a jeho aplikace v inženýrské praxi

Bakalářská práce

Vedoucí práce: prof. Ing. Miroslav Müller, Ph.D.

Autor: Markus Činčura

PRAHA 2021

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Technická fakulta

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Markus Činčura

Zemědělská specializace
Obchod a podnikání s technikou

Název práce

Průmysl 4.0 a jeho aplikace v inženýrské praxi

Název anglicky

Industry 4.0 and its applications in engineering practice

Cíle práce

Cílem bakalářské práce je shromáždit aktuální poznatky, které přináší výzva Průmysl 4.0 a popsat jeho aplikace v praktickém příkladě. Na základě závěrů z literárního rozboru předmětné problematiky a shrnutí poznatků z praktického příkladu stanoví bakalář přínos práce.

Metodika

Současný stav řešeného problému (literární rešerše).

Závěry a přínos práce.

Doporučený rozsah práce

cca 30 stran

Klíčová slova

Průmysl 4.0, technologický proces, vývoj, změny

Doporučené zdroje informací

ALASDAIR, G.: Industry 4.0. APress, 2016.

BARTODZIEJ, CH., J.: Concept Industry 4.0. Springer – Verlag, 2016.

Časopis: Research in Agricultural Engineering, International Journal of Solids and Structures, Journal of Materials Processing Technology, Surface and Coating Technology, Journal of Industrial and Engineering Chemistry, Strojírenská technologie, Journal of material science, The Journal of Physical Chemistry, International Journal of Fatigue, Journal of materials processing technology, Polymer Degradation and Stability, Manufacturing technology

DEVEZAS, A. LEITO, J., SARYGULOV, A.: Industry 4.0: Entrepreneurship and Structural Change in the New Digital Landscape. Cham: Springer International Publishing, 2017.

MAŘÍK, V.: Průmysl 4.0: výzva pro Českou republiku. Praha: Management Press, 2016.

Sborníky z konferencí zabývající se výzvou Průmysl 4.0

TOMEK, G., VÁVROVÁ, V.: Průmysl 4.0, aneb Nikdo sám nevyhraje. Průhonice: Professional Publishing, 2017.

USTUNDAG, A., CEVIKAN, E.: Industry 4.0: Managing The Digital Transformation. Springer, 2017.

Předběžný termín obhajoby

2020/2021 LS – TF

Vedoucí práce

prof. Ing. Miroslav Müller, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra materiálu a strojírenské technologie

Elektronicky schváleno dne 21. 1. 2020

prof. Ing. Miroslav Müller, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 19. 2. 2020

doc. Ing. Jiří Mašek, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 13. 05. 2021

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma Průmysl 4.0 a jeho aplikace v inženýrské praxi vypracoval samostatně a použil jen pramenů, které cituji a uvádím v seznamu použitých zdrojů.

Jsem si vědom, 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 vědom/a, že moje bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitní databázi a bude veřejně přístupná k nahlédnutí.

Jsem si vědom 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 30.4.2021



Poděkování

Touto cestou bych rád poděkoval panu prof. Ing. Miroslavu Müllerovi, Ph.D., za jeho vždy vstřícný a pohotový přístup a cenné rady, které mi poskytl při psaní mé práce. Dále bych chtěl poděkovat své rodině a přítelkyni za podporu, kterou mi poskytovaly po dobu studia a také společnosti Valeo Autoklimatizace, k. s., v rámci které funguje studentský projekt, jehož výsledek práce je popsán v tomto díle.

Abstrakt: Práce se primárně zabývá Průmyslem 4.0, jeho technologiemi a změnami, které přináší a jejich aplikací v praktickém případě. Cílem první části práce je seznámit čtenáře s historií průmyslového sektoru na území České republiky, s celkovým konceptem chytré továrny a s jednotlivými technologiemi používanými v rámci Průmyslu 4.0. Okrajově se pak zabývá analýzou současného stavu řešené problematiky v ČR a rolí průmyslového sektoru na domácím trhu. V druhé části, kapitole „Praktická část práce“ je popsána robotizovaná platforma pro ADAS testy vyvíjená studentským týmem ve firmě Valeo. Cílem druhé části je danou platformu popsat a přiblížit čtenářům její použití a technologie, které se jejím prostřednictvím testují. Následuje odhad ceny vývoje a výroby platformy – ekonomické zhodnocení. Kapitola je uzavřena shrnutím funkčnosti starších prototypů platformy, doporučeními pro její další vývoj a konstrukční řešení. Celková práce je pak zakončena popisem dopadu aplikace Průmyslu 4.0 a závěrečnou diskusí, kde autor popisuje vlastní pohled na situaci.

Klíčová slova: Průmysl 4.0, technologický proces, vývoj, změny

Abstract: The thesis is primarily concerned with Industry 4.0, its technologies and the changes it brings and their application in a practical case. The focus of the first part of the thesis is to introduce the reader to the history of the industrial sector in the Czech Republic, to the overall concept of Smart Factory and to the individual technologies used within Industry 4.0. After that it focuses on the analysis of the current state of the issue in the Czech Republic and the role of the industrial sector in the domestic market. In the second part, the chapter "Practical part of the thesis" describes the robotic platform for ADAS tests developed by the student team at Valeo. The aim of the second part is to describe the platform and introduce the readers to its use and the technologies that are tested using it. This is followed by an estimated cost of the developing and producing the platform – an economic evaluation. The chapter concludes with a summary of the functionality of the platform or its earlier prototypes and recommendations for its further development and design. The overall thesis then concludes with a description of the impact of Industry 4.0 applications and a final discussion where the author describes his own view of the situation.

Key words: Industry 4.0, technological process, development, changes

1	ÚVOD	1
2	CÍL PRÁCE	2
3	METODIKA PRÁCE.....	3
4	PŘEHLED ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY	4
4.1	Historie.....	4
4.2	Stručný popis první, druhé a třetí průmyslové revoluce	6
4.2.1	První průmyslová revoluce	6
4.2.2	Druhá průmyslová revoluce.....	7
4.2.3	Třetí průmyslová revoluce	7
4.3	Role průmyslového sektoru v ČR	7
4.4	Popis podniků podle charakteristiky Průmyslu 4.0.....	8
4.4.1	Podnik jako součást velké nadnárodní korporace.....	8
4.4.2	Podnik jako česká firma vlastněná zahraniční nebo českou finanční skupinou	9
4.4.3	Český podnik vlastněný vrcholovým managementem či vlastníkem s jinou těsnou vazbou na exekutivu firmy	9
4.5	Počátky a rozvoj Průmyslu 4.0.....	9
4.6	Koncept Průmyslu 4.0.....	10
4.6.1	Chytrá továrna.....	12
4.7	Důležité dílčí technologie konceptu Průmyslu 4.0	12
4.7.1	Bezdrátové datové sítě	13
4.7.2	Internet věcí	13
4.7.3	Analýza velkých dat.....	13
4.7.4	Komunikační infrastruktura IoT	14
4.7.5	Typy bezdrátových IoT sítí.....	15
4.7.6	Autonomní roboti.....	16
4.7.7	Umělá inteligence a strojové učení	17
4.7.8	Senzorika a strojové vnímání.....	18
4.7.9	Cloud computing.....	19
4.7.10	Rozšířená a virtuální realita	20
4.7.11	Aditivní výroba	21
5	PRAKTICKÁ ČÁST PRÁCE	24
5.1	Představení společnosti Valeo.....	24
5.2	Popis a aplikace robotizované testovací platformy pro ADAS testy	25

5.3	Požadované vlastnosti UFO:	26
5.4	Technologie testované prostřednictvím UFO	26
5.5	Popis dílčích částí.....	28
5.5.1	Mechanické části UFO.....	28
5.5.2	Motorové moduly	28
5.5.3	Řídící jednotka.....	29
5.5.4	Domovská stanice	29
5.5.5	Nouzový vypínač	29
5.5.6	IMU modul	29
5.5.7	PC aplikace	30
5.5.8	Baterie	30
5.6	Problematika výroby	30
5.6.1	Rám.....	31
5.6.2	Motorové moduly a odpružení.....	31
5.7	Bezpečnostní prvky	31
5.8	Bezdrátová komunikace	32
5.9	Ekonomické zhodnocení	32
5.9.1	Lidské zdroje.....	32
5.9.2	Náklady na výrobu a další	33
5.9.3	Srovnání s komerční platformou.....	34
5.10	Zhodnocení funkčnosti starších prototypů	34
5.11	Shrnutí kapitoly	35
6	VÝSLEDKY A DISKUSE	35
6.1	Dopad na trh práce a školství	36
6.2	Změny státních příjmů	37
6.3	Závěrečná diskuse	37
7	ZÁVĚR	38
8	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	40

Seznam použitých zkratk

1. ČKD – Českomoravská Kolben-Daněk
2. UI – Umělá inteligence
3. GUI – Graphic User Interface
4. M2M – Machine2Machine
5. IoT – Internet věcí
6. SW – Software
7. HW – Hardware
8. ADAS – Advanced Driver-Assistance Systems
9. UFO – Ultraflat Overrunable Platform
10. SLS – Selective Laser Sintering
11. SHS – Selective Heat Sintering
12. VPN – Virtual Private Network
13. IMU – Inertial Measurement Unit
14. CNC – Computer Numerical Control

Seznam obrázků

Obrázek 1 Podíl průmyslového sektoru na HDP zemí EU	8
Obrázek 2 grafické znázornění Moorova zákon	11
Obrázek 3 testovací platforma UFO s figurínou chodce.	25
Obrázek 4 výstup ze systému SCALA a znázornění příslušných objektů v reálném provozu	27
Obrázek 5 senzor SCALA:	27

Seznam tabulek

Tabulka 1: odhad ceny vývoje – lidské zdroje	33
Tabulka 2: náklady na výrobu	34

1 Úvod

Tématem této bakalářské práce je Průmysl 4.0 a jeho použití v inženýrské praxi. Průmysl 4.0 je v současné době v řadách odborné i neodborné veřejnosti čím dál častěji skloňovaným termínem. Nový koncept průmyslové výroby vychází z myšlenky digitalizace a automatizace výroby. Klíčovou roli v tomto procesu budou mít pokročilé technologie jako internet věcí, analýza velkých dat, autonomní roboti a další. To vše pak tvoří takzvanou chytrou továrnu, pro kterou jsou důležité informační technologie. S těmito technologiemi bude cílem seznámit čtenáře v první polovině bakalářské práce.

Tyto technologie však nemusí být aplikovány jen ve výrobním procesu. Své uplatnění najdou i v běžném životě, ale i v oblasti technologického vývoje. Na poslední jmenovanou oblast je též orientována pátá kapitola této práce, která je věnována robotizované platformě pro ADAS testy, vyvíjené studentským týmem ve společnosti Valeo.

2 Cíl práce

Bakalářská práce je zaměřena na analýzu Průmyslu 4.0, jeho technologií a jeho aplikaci v inženýrské praxi, konkrétně na robotizované platformě pro ADAS testy.

Hlavním cílem je vytvořit rešerši pojednávající o technologiích používaných v rámci změn související s Průmyslem 4.0 a o výše zmíněné platformě. Toho bude dosaženo prostřednictvím následujících dílčích cílů:

- Stručně charakterizovat historii průmyslu na území ČR, předchozí průmyslové revoluce.
- Popsat roli průmyslového sektoru v České republice.
- Stručně popsat podniky podle charakteristiky Průmyslu 4.0
- Rozvést koncept Průmyslu 4.0 a podrobněji popsat jeho dílčí technologie.
- Po uvedení společnosti Valeo popsat robotizovanou platformu pro ADAS testy, její použití, technologie na ní použité a jejím prostřednictvím testované.
- Zhodnotit výrobu a vývoj výše zmíněné platformy.
- Zhodnotit funkčnost starších verzí výše zmíněné platformy.
- Stručně popsat dopad aplikace Průmyslu 4.0

3 Metodika práce

Přehled řešené problematiky bude vypracován jako rešerše oblasti průmyslu a jeho inovací v rámci čtvrté průmyslové revoluce. V rámci průmyslu obecně, bude stručně popsána historie a předchozí průmyslové revoluce, role průmyslového sektoru v České republice. V rámci Průmyslu 4.0 pak bude popsán jeho koncept, dílčí technologie a srovnání současného stavu Průmyslu 4.0 v ČR a ve světě. Vše bude založeno na analýze odborné literatury a konzultací. Tyto prameny budou následně uvedeny v seznamu použitých zdrojů.

Praktická část bude věnována robotizované platformě pro ADAS testy, která je vyvíjena společností Valeo. Po stručném představení společnosti je popsána samotná platforma, její části a technologie jež využívá. Následuje popis funkcí a technologií, které jsou pomocí platformy testovány po kterém následuje orientační odhad ceny vývoje a výroby. V závěru kapitoly bude provedeno zhodnocení funkčnosti starších verzí platformy a budou uvedeny problémy, které se vyskytly při dlouhodobějším užívání, na což budou navazovat jejich případná řešení. V této kapitole bude kromě veřejně přístupných zdrojů čerpáno z pracovních zkušeností autora, který je jedním z pracovníků projektu a materiálů společnosti Valeo.

4 Přehled řešené problematiky

Cílem této kapitoly je seznámit čtenáře s historií řešené problematiky a dalšími podkapitolami, především pak s technologiemi používanými v souvislosti s Průmyslem 4.0.

4.1 Historie

Průmyslový sektor je v České republice jedním z nejvýznamnějších odvětví zaměstnávajícím více než třetinu ekonomicky aktivních obyvatel a tvoří podstatnou část českého hospodářství [1]. Velký význam v tomto sektoru má první průmyslová revoluce, která se odehrála v první polovině 19. století. Výsledkem 19. století bylo vybudování tržní kapitalistické ekonomiky a nově strukturované moderní společnosti, právě díky průmyslové revoluci. [2]

V tehdejší Rakousko-Uherské říši se na českém, moravském a slezském území soustřeďovala podstatná část průmyslu celé monarchie, která po rozpadu monarchie v roce 1918 zůstala na tomto území. Vzniklý československý stát a především jeho české země se daly nazvat průmyslovými zeměmi. Východní země státu byly naopak spíše agrárního charakteru (podíl Slovenska na celostátní průmyslové výrobě činil pouhých 8 %). V československém průmyslu, dopravě a obchodu bylo zaměstnáno 56 % obyvatelstva, i v té době se tedy jednalo o dominantní obor. [2]

Strojírenství a hutní výroba byly na počátku existence ČSR kapacitně předimenzované a orientované na válečnou výrobu. Proto byla nutná po roce 1918 restrukturalizace výroby. Na tehdejšímu trhu působily velké koncerny jako Škodovy závody nebo ČKD, které zaváděly na svou dobu moderní slévárenské technologie s vysokou úrovní kvality. Jednalo se o dva mimořádně silné podniky, které sehrály zásadní roli na ekonomické situaci první republiky. Ve stejném období se také bouřlivě rozvíjel letecký a automobilový průmysl. Automobilový navazoval na tradici této výroby na našem území. Letecký průmysl byl závislý na dodávkách armádě, automobilový začal ve 30. letech expandovat vývozem do zahraničí. [2]

Po roce 1938 a Mnichovské dohodě došlo k odtržení Sudet, které se staly územím velkoněmecké říše. Tímto krokem získalo nacistické Německo velkou část československého průmyslu, jelikož právě Sudety byly nejvíce průmyslová část země. Konkrétně s 230 000 živnostenskými provozy a 1 024 tisíci zaměstnanců. Nejcitelněji byla ovlivněna oblast průmyslu související s těžbou uhlí, tedy těžký průmysl, jelikož země přišla o důležité těžební regiony jako Ostravsko nebo Mostecko. V průběhu druhé světové války byl průmysl na našem území značně orientován na válečnou výrobu, na úkor výroby mírové. Militarizace výroby zasáhla v nějaké podobě všechna odvětví protektorátního hospodářství. Pozornost okupantů se upírala především na podniky kovodělné výroby, které byly zaměstnány množstvím zakázek na vojenskou výrobu pro třetí říši přímo, nebo prostřednictvím subdodávek. [2]

Po druhé světové válce došlo k převzetí moci Komunistickou stranou Československa (dále jen KSČ), která opanovala politickou scénu. Po ekonomických nezdarech z období před rokem 1938 společnost tíhla k zavedení plánované a centralizované ekonomiky. Po volbách v roce 1946 ve kterých získala KSČ vyšší politickou moc, začalo znárodnování nejprve velikých podniků (500 zaměstnanců a více). Po roce 1948 již bylo hospodářství extrémně centralizované, militarizované a zpolitizované. Též došlo ke znárodnění podniků nad 50 zaměstnanců. V soukromém sektoru tak zůstalo pouhých 5 % obyvatel. Do roku 1960 došlo k socializaci živností. [3]

Stejně jako před druhou světovou válkou bylo Československo v poválečném období průmyslově-agrární země. V roce 1950 bylo zaměstnáno 39 % pracujících v zemědělství a 37 % v průmyslu a stavebnictví. Do roku 1980 mělo množství zaměstnanců v průmyslu stoupající tendenci (v průmyslu změna na 45 %, v zemědělství 14 %) na úkor zemědělství. Tyto hodnoty reflektují proces industrializace. Co do objemu produkce byly obory hutnictví a strojírenství. Tyto obory však byly kvůli malým domácím zásobám odkázány na dovoz rud ze zahraničí, [3]

V polovině 80. let již bylo evidentní, že ekonomiky východního bloku jsou v hluboké krizi. Investovalo se do zbrojení, zatímco životní úroveň se snižovala a inovace se ztrácely v ekonomice. V SSSR byl zvolen do čela komunistů M. S. Gorbačov, který se pokusil o částečnou demilitarizaci a liberalizaci ekonomiky. Na tyto změny reagovalo i vedení ČSSR ekonomickými reformami. [3]

Po sametové revoluci v roce 1989 nastala restrukturalizace ekonomiky. Domácí ekonomika měla v té době v porovnání s jinými postsovětskými ekonomikami dobré postavení. Stát nebyl v zahraničí zadlužený, inflace nepřesahovala 2% atd. Pro odvětví těžkého průmyslu a strojírenství byly tyto transformace problematické. Tato odvětví měla v domácí ekonomice nepřírodně důležité místo. V zájmu přerozdělení majetku do soukromých rukou byl proveden projekt privatizace. I přes snahu státu vybrat dobrého nového vlastníka, nebyl tento výběr vždy dobrý (příklad ČKD Praha). Po roce 1990 též docházelo k odsunu pracovní síly do terciální sektoru, což mělo vliv na deindustrializaci. [3]

4.2 Stručný popis první, druhé a třetí průmyslové revoluce

Již od pravěku si člověk vytvářel prostředky, které uspokojovaly jeho potřeby. Lidé si na své výrobky oblékali, chránili se jejich prostřednictvím před predátory nebo je používali pro ulehčení každodenních činností. [4] S dalším rozvojem se moderní společnost stala prakticky závislá na technologiích a svých výrobcích. Výrobní proces se stále vyvíjí dílčími kroky, nicméně v minulosti lze vytyčit období důležitých změn, označovaných jako průmyslové revoluce, jež měly zásadní vliv na pozdější výrobu.

4.2.1 První průmyslová revoluce

První průmyslová revoluce se odehrála první polovině v 19. století. V této revoluci bylo zásadním prvkem zavádění strojů do výroby. Nejprve textilních na výrobu látek z bavlny a vlny. Následovala mechanizace strojírenského a hutního průmyslu, zavedení strojů do dobývání nerostných surovin a na zpracování zemědělské produkce. [3] V první průmyslové revoluci sehrál klíčovou roli parní stroj. V jejím průběhu začalo rozsáhlé využívání do té doby minoritních zdrojů energie, především uhlí, které bylo využíváno na tvorbu vodní páry. Dopad této revoluce byl značný, zásadně se změnilы všechny obory hospodářství. [5]

4.2.2 Druhá průmyslová revoluce

Druhá průmyslová revoluce je termín poprvé použitý G. Friedmannem v roce 1936. [3] Celkově se revoluce datuje na druhou polovinu 19. století. Důležitým milníkem je vynález žárovky (1879) a použití první montážní linky s dělbou práce (1870). [5] Jako období druhé průmyslové revoluce se uvádí doba mezi lety 1880 do 20.-30. let 20. století. Pro toto období je charakteristické zavádění složitější mechanizace do výroby a zavádění nových materiálů do výroby. Rozmach zažívají obory chemie a elektrotechniky. V rámci strojírenství se dá hovořit o vytlačení litiny z pozice dominantního konstrukčního prvku a jejím nahrazením ocelí. [3]

4.2.3 Třetí průmyslová revoluce

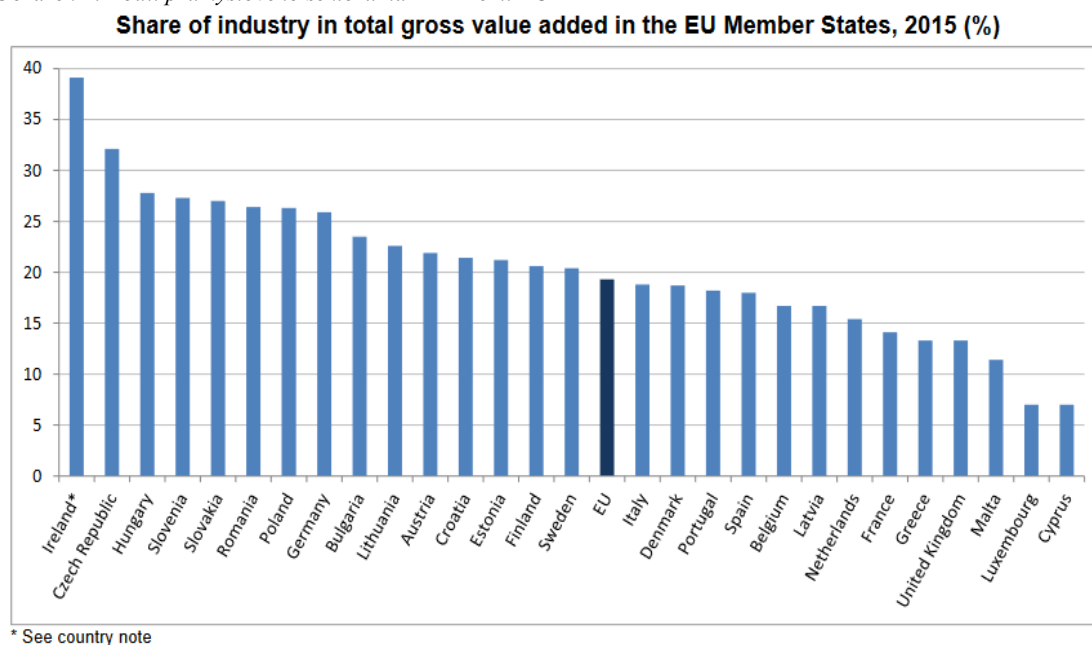
Datování této revoluce není tak jednoznačné jako u předchozích případů. Jako její počátek se dá uvést rok 1969, kdy byl vyroben první programovatelný logický automat. [5] Po masivní elektrifikaci výrobních procesů, dochází k nasazení dalších technologií, například technologií spojených s výpočetní technikou, jako jsou první prvky automatizace. Tím došlo k dalšímu zvýšení produktivity a efektivity. Počítače jsou propojovány se stroji a dochází k digitalizaci dosud mechanických věcí. Příkladem může být psací stroj, který je nahrazován právě počítačem. Tím se snižuje spotřeba papíru a ekologická stopa. Právě environmentální problémy, které jsou způsobené výrobou a vznikajícím odpadem jsou stálým problémem. [4]

4.3 Role průmyslového sektoru v ČR

Podle analýzy společnosti Deloitte, má na tvorbě hrubé přidané hodnoty v ČR dominantní podíl sektor služeb (61 %), podíl průmyslu činí 32 %, podíl stavebnictví 5 % a podíl zemědělství 2 %. Z absolutního hlediska se tedy nejedná o dominantní objekt českého hospodářství. [6] Podle dat Eurostatu je však český podíl průmyslu na HDP vysoko nad průměrem EU, vyšší podíl má pouze Irsko. [1] Dalo by se tedy usoudit, že Česká ekonomika je do značné míry závislá na průmyslovém sektoru. Kompletní rozpis podílů průmyslové výroby na HDP v jednotlivých státech EU je vyobrazen na obrázku 1.

Celkově průmyslový sektor v ČR zaměstnává 1,265 milionu lidí. Oproti začátku tohoto desetiletí se jedná o nárůst o 100 000 pracovníků. Naprosto dominantním sektorem průmyslu je zpracovatelský, který zaměstnává 1,16 milionu osob.

Obrázek 1: Podíl průmyslového sektoru na HDP zemí EU



Zdroj: <https://ec.europa.eu/eurostat/documents/2995521/7715718/2-27102016-AP-EN.pdf/b6dafc70-0390-42f7-8dd2-11ed12e430f8>

4.4 Popis podniků podle charakteristik Průmyslu 4.0

V současnosti můžeme rozdělit výrobní podniky podle charakteristik Průmyslu 4.0 v souvislosti s vlastnickou strukturou do tří skupin, které jsou obecně charakterizovány v následujících kapitolách.

4.4.1 Podnik jako součást velké nadnárodní korporace

V tomto typu podniku je na vývoji průmyslu patrný vliv zahraničního mateřského korporátu, který jsou tahounem, občas i diktátorem technologie. České pobočky jsou zapojovány do korporátního hodnotového řetězce. Kromě toho je na straně českých poboček snaha o dílčí inovace směřující k Průmyslu 4.0. Nejvíce je to patrné v odvětví elektrotechniky, elektroniky a strojírenství, nicméně tyto inovace nemívají velký dopad na mateřskou firmu v zahraničí, přestože personální kapacita na její ovlivnění je dostatečná. [7]

4.4.2 Podnik jako česká firma vlastněná zahraniční nebo českou finanční skupinou

V těchto firmách je patrný nedostatek strategického rozhodování a nechut' se seznamovat se zásadami Průmyslu 4.0 a panuje v nich nezám o aplikaci těchto technologií. Prioritní je plnění krátkodobých záležitostí. Pro realizaci aplikace pokročilé technologie je často zapotřebí dotační program a ze strany podniku je zájem financovat pokročilejší technologie spíše v oblasti nákupu, prodeje nebo logistiky, než výroby.

Pro SW zabezpečení sítě firmy jsou často využívána nenákladná a opensource řešení, která jsou častým zdrojem narušení kybernetické bezpečnosti.

Pro tyto firmy je také charakteristické relativně krátkodobé působení managerů, kteří mohou mít v poměru ke své funkci nízké rozhodovací pravomoci. V případě generálního ředitele se jedná zhruba o délku funkčního období kolem 7 let, u finančního ředitele kolem 3 let. [7]

4.4.3 Český podnik vlastněný vrcholovým managementem či vlastníkem s jinou těsnou vazbou na exekutivu firmy

Často se jedná o malé a střední firmy výrobní firmy a dále zahrnuje velké procento inženýrských nebo výzkumně inženýrských podniků pracujících pro zahraniční zákazníky. V případě výrobních podniků se pak často jedná o dodavatele velkých tuzemských nebo zahraničních korporátů. Investice do moderních technologií jsou často realizovány z potřeby zvýšení konkurenceschopnosti. [7]

4.5 Počátky a rozvoj Průmyslu 4.0

Téměř automatické stroje, schopné pracovat s minimálními zásahy nebo bez zásahů člověka, začaly být aplikovány před druhou světovou válkou. Na to pak navázal vývoj NC a CNC strojů datovaný do první poloviny 20. století. Zde je vhodné uvést první počítač ENIAC, který byl dodán zákazníkovi (americké vládě) v roce 1946. Díky němu bylo možné zpracování dat na elektronické úrovni.

Dalším důležitým bodem je ve vývoji automatizace je zásadní období mezi roky 1949 až 1952, kdy bylo poprvé využito řízení polohy vřetene stroje ovládaného počítačem. Data pro ovládání tohoto stroje byla uložena na děrných páskách. K ovládání posuvů po jednotlivých osách byly využity servomotory.

Vznik prvního číslicově ovládaného stroje, u kterého bylo možné ovládat všechny tři osy, se datuje k roku 1952. Tím začala cesta k prvním průmyslovým robotům. První z nich byly dílem vývoje společnosti FANUC a jejich zavádění začalo v roce 1974 v Japonsku. Od roku 1984 vznikají první CNC systémy s GUI. [8]

4.6 Koncept Průmyslu 4.0

Tato kapitola bude zahájena citací amerického inženýra a vynálezce, spoluzakladatele společnosti Intel, Gordona Moora. Ten v roce 1965 publikoval pravidlo, podle kterého mělo docházet po dobu následujících deseti let, tedy do roku 1975, ke zdvojnásobení komponent, umístěných na integrovaný obvod každých 18 měsíců. [9] Po deseti letech své tvrzení zrevidoval a upravil na následující:

„Počet tranzistorů, umístěných na integrovaném obvodu, se zdvojnásobí zhruba každé dva roky.“ [9] [10]

S přihlédnutím ke grafu na obrázku 2 se dá říci, že Moorův zákon platí již 56 let. Také díky měnám popsaným tímto zákonem, je možné výpočetní techniku zmenšovat a snižovat její energetickou náročnost. Tím se stává dostupnější pro stále širší použití. Přitom právě masivní použití informačních technologií je klíčové pro čtvrtou průmyslovou revoluci.

procesů nebo IT služeb. Zejména je nutné zajistit odpovídající kybernetickou bezpečnost pro kritické průmyslové a výrobní systémy. [7]

4.6.1 Chytrá továrna

Chytrá továrna, nebo anglicky Smart Factory je definována jako flexibilní systém, který je schopný se sám optimalizovat, samostatně se přizpůsobovat novým podmínkám a provádět autonomně celý výrobní proces. Představuje skok vpřed od tradiční automatizace k plně propojenému a flexibilnímu systému – takovému, který dokáže využívat neustálý tok dat z propojených provozních a výrobních systémů k učení a přizpůsobování se novým požadavkům. Dokáže integrovat data z fyzických, provozních a lidských zdrojů v rámci celého systému a řídit tak výrobu, údržbu, sledování zásob a digitalizaci provozu. Počítá s metodami auto optimalizace, auto konfigurace, auto diagnostiky nebo strojového vnímání. Výrobní proces je v blízkém spojení s nákupem materiálu, logistikou nebo obchodem. [11] [12]

Charakteristické znaky pro chytrou továrnu jsou:

1. Konektivita – stroje jsou propojeny a komunikují datovou sítí, vytvářejí internet věcí. Výrobní roboti nebo výrobky (též zapojené do IoT) automaticky upozorňují na nestandardní situace.
2. Optimalizace – spolehlivá a předvídatelná výroba, minimalizace nákladů na výrobu, intervence lidským faktorem na minimum. Doprava zásob je řešena autonomními vozíky, což šetří náklady a dopravu zefektivňuje.
3. Transparentnost – kompletní přehled o výrobě i stavu skladů v reálném čase. Zákazník má do poslední chvíle možnost změnit specifikace výrobku.
4. Flexibilita – umožňuje chytré továrně změnu na výrobu jiného produktu s minimálním zásahem člověka. [11] [12]

4.7 Důležité dílčí technologie konceptu Průmyslu 4.0

Změny v rámci Průmyslu 4.0 by nebyly možné bez dílčích technologií. V následujících podkapitolách je většina těchto technologií popsána.

4.7.1 Bezdrátové datové sítě

První masivní propojování zařízení bezdrátovými sítěmi, můžeme pozorovat v první dekádě 21. století. Jako první krok ke vzniku bezdrátových sítí, by se dalo požadovat rozhodnutí amerického úřadu Federal Communications Commission (FCC) uvolnit frekvence 900MHz; 2,4GHz a 5,8GHz. Ty byly vyjmuty z licencovaného spektra, což umožnilo jejich použití amatéry, soukromými podnikateli a podobně. [13] Nyní je v Evropě pro nelicencované použití vyjmuto pásmo 2400 – 2483,5 MHz. V oblasti 5GHz je možné používat frekvence 5150 – 5350 MHz (uvnitř budov), 5470 – 5725 MHz podle standartu IEEE 802.11, anebo v případě maximálního vyzářeného výkonu 25mW v pásmu 5725 – 5875 MHz. [14]

4.7.2 Internet věcí

Internet věcí neboli anglicky Internet of Things (dále jen IoT). Tímto termínem se dá nazvat koncept, ve kterém je jakékoliv zařízení připojeno k internetu, respektive k ostatním připojeným zařízením. Tvoří tak obrovskou síť propojených věcí a lidí. [15] V této síti má každý fyzický prvek svoji individuální síťovou adresu. Je zastupovaný a virtuálně reprezentovaný softwarovým modulem, který zároveň simuluje jeho chování, koordinuje svou činnost a společně řeší určité úlohy. [7]

Hlavním cílem IoT je integrace reálných prvků do sítě internetu a vytvořit inteligentní svět, kde budou stroje a jiná zařízení komunikovat automaticky mezi sebou. Tím vznikne velké množství shromážděných dat. Velkou výhodou bude možnost dálkového ovládání těchto prvků. [16]

4.7.3 Analýza velkých dat

Toto téma a je úzce spojené s IoT, jelikož jejich zdrojem jsou zařízení s umělou inteligencí, zařízení pocházející z prvků internetu věcí nebo samostatných senzorů. Jejich společným znakem je vygenerování v reálném čase a krátkém časovém měřítku.

Charakteristickým znakem pro velká data, nebo také big data, je použití pokročilých analytických technik pro získávání relevantních informací. Jejich velikost přesahuje

možnosti správy pomocí standartních nástrojů a postupů, kterými by bylo komplikované nebo nemožné tato data interpretovat. [17]

4.7.4 Komunikační infrastruktura IoT

Komunikace v rámci IoT je charakteristická tím, že probíhá bez lidského elementu mezi jednotlivými zařízeními IoT. Díky tomu se označuje jako machine-to-machine, neboli M2M. [18]

M2M komunikace

M2M je široké označení, které lze použít k popisu jakékoli technologie, která umožňuje síťovým zařízením vyměňovat si informace a provádět činnosti bez manuální pomoci člověka. Umělá inteligence a strojové učení usnadňují komunikaci mezi systémy a umožňují jim činit vlastní autonomní rozhodnutí.

Technologie M2M se nejprve uplatnila v průmyslovém prostředí. Poté našla uplatnění i v dalších odvětvích, jako je zdravotnictví nebo obchod. Je také základem internetu věcí. Hlavním účelem technologie machine-to-machine je využívat data ze senzorů a přenášet je do sítě. [18]

Příklady použití

Komunikace mezi stroji se často používá pro vzdálené monitorování. Typický příklad v rámci chytré továrny by bylo použití M2M pro monitorování zásobníku polotovarů CNC stroje. Při vyprázdnění zásobníku by senzor vyslal signál autonomnímu vozíku, který provede doplnění. Komunikace v tomto případě probíhá mezi CNC strojem a autonomním vozíkem. [19] Velký potenciál má tato technologie i v oblasti energetiky, například použitím inteligentních měřičů samostatně odesílajících data pro vyúčtování. [18] Tím dojde i ke snížení emisí CO₂, jelikož nebude nutné aby zaměstnanec poskytovatele energií cestoval k zákazníkům kvůli odečtení stavu odebrané energie.

4.7.5 Typy bezdrátových IoT sítí

Pro komunikaci mezi jednotlivými zařízeními IoT je charakteristické využívání rádiového spektra. U dosavadních zařízení jsou obvykle používány frekvence pod 1GHz. [7]

1. Mobilní síť

Zařízení IoT využívají ke komunikaci stejnou mobilní síť jako chytré telefony. Dnes je v kontextu s IoT tento typ sítě velmi populární a je považovaný za bezpečný a spolehlivý způsob připojení, přestože nebyl původně navržený pro zařízení IoT, která se typicky vyznačují nízkým příkonem.

V rámci mobilních sítí jsou v současnosti dominantní dva protokoly. Širokopásmový LTE-M a NB-IoT.¹

2. Lokální a osobní síť (LAN/PAN)

Sítě lokálního rozsahu jsou označovány jako LAN (Local Area Network) a PAN (Personal Area Network). Konkrétně se jedná o síť Bluetooth, WiFi nebo pro IoT typickou Bluetooth Low Energy a další. Výhodou je široká paleta zařízení, které je možné připojit (v případě sítí WiFi a Bluetooth). Nevýhodou je relativní energetická náročnost a v případě WiFi je pro spolehlivý provoz nutný silný signál, který se mění v závislosti na překážkách a vzdálenosti zařízení od přístupového bodu.

3. Nízkoenergetické síť pro rozsáhlá území (LPWAN)

Tyto síť se označují zkratkou LPWAN (Low Power Wide Area Network). Zařízení zapojená v síti se vyznačují komunikací prostřednictvím malých objemů dat v dlouhých časových intervalech a na dlouhé vzdálenosti.

Impulsem k rozvoji této sítě byly počáteční problémy s mobilním připojením. Tato síť je prezentována jako síť s nižšími energetickými nároky a zároveň vyšším dosahem, než WiFi nebo Bluetooth. Známým protokolem v tomto typu sítě je LoRaWAN.

¹ LTE-M a NB-IoT jsou technologie vyvinuté pro IoT. Oba protokoly jsou určeny pro úzkopásmovou komunikaci přes mobilní síť. [47]

4. Mesh síť

V mesh síti v mezi sebou všechna zařízení spolupracují, aby sdílela data a ta pak dosáhla cíle. Mesh síť mají relativně malý rozsah a pro správnou funkci na delší vzdálenosti mohou vyžadovat použití opakovačů, aby bylo dosaženo dostatečného pokrytí. Výhodou tohoto typu sítě je vysoká robustnost a snadná instalace. [20]

Jedním z příkladů použití této sítě je ZigBee, protokol používaný pro komunikaci platformy pro ADAS testy, popsané v kapitole 5.

4.7.6 Autonomní roboti

Autonomní roboti mají v rámci Průmyslu 4.0 velký potenciál a možnost rozsáhlého využití. V následujících kapitolách je popsáno jejich využití v průmyslu a zemědělství.

Využití v průmyslu

Největší uplatnění autonomních robotů se dá očekávat v masové výrobě. V současné době se v ČR ve výrobě používají nejčastěji roboti pro jednoduché a specifické úkony a disponují nízkou úrovní autonomie. Souběžně se zavedením autonomních robotů v průmyslu, se dá očekávat významné zvýšení produktivity. Tento proces již probíhá ve velkých výrobních podnicích. Typicky v automobilkách, kde se robotizace zavádí i v zájmu zkvalitnění produkce a úspory pracovních sil. Komplikací při zavádění autonomních robotů může být stejně jako v jiných případech robotizace výroby vysoká počáteční investice a nutnost zaměstnat nové pracovníky či přeškolit stávající na nové profese, související s robotizací. Větší komplikací pak může být nestabilní výrobní portfolio společnosti, vyžadující časté změny v jednotlivých strukturách výroby. Takto charakterizovaná výroba klade vysoké nároky na roboty, kteří musejí být rychle přeprogramovatelní nebo vyměnitelní (v případě jednoduchých robotů). [7]

Jako typický příklad použití autonomních robotů v průmyslu může být uvedeno použití autonomních vysokozdvížných vozíků ve výrobním závodě. V závodě ŠKODA AUTO ve Vrchlabí je tato technologie využívána k zásobování CNC strojů na základě automatických objednávek. Lidská práce končí přípravou přepravy s potřebnými díly na předepsané místo. Zde si přepravku již vyzvedne autonomní vysokozdvížný vozík a dopraví

ji k CNC. Denně jsou v tomto případě zásobovány CNC stroje 50 000 díly a návratnost investice se odhaduje na dobu kratší než 3 roky. [19]

Využití v zemědělství

Zemědělství, podobně jako jiné obory, dnes prochází zásadními změnami. V zemědělství jsou pro jeho často monotónní práci, ve kterém není nutná milimetrová přesnost, velké možnosti aplikace pokročilých technologií. Včetně autonomních robotů. V důsledku mechanizace a automatické také klesá počet lidí zaměstnaných v tomto oboru, který se za uplynulých 100 let snížil ze 70 % na celá 3 %. Ve prospěch robotizace zemědělství též hraje fakt, že se jedná v našich podmínkách ve většině případů o sezónní práce. V případě nahrazení lidského pracovníka s nízkou kvalifikací robotem odpadají personální problémy řešící práci tohoto pracovníka mimo sezónu.

Díky strojovému vidění, kvalitní sensorové technice a přesné navigaci, je možné různorodé použití autonomních robotů v zemědělství. Mohou být použité při rozličných pracích, od aplikace postřiku, přes zpracování půdy nebo analýzy stavu porostů až po finální sklizeň. [21]

4.7.7 Umělá inteligence a strojové učení

Umělá inteligence (dále jen UI), nebo také AI (z anglického artificial intelligence) je vědní disciplína, která se zabývá výzkumem, vývojem, realizací a využitím systémů s cílem dosahovat takového projevu, že u člověka bychom jej považovali za projevy jeho inteligence. Využívá k tomu nejrůznějších datových a znalostních modelů a nad nimi operujících algoritmů. [22]

Intelligentní živé organismy k dosažení svých cílů aktivity, při jejich vykonávání získávají zkušenosti. Zároveň se vykonáváním těchto aktivit učí – transformují zkušenosti na znalosti, informace, dovednosti či hodnoty, přispívající k lepšímu dosažení stanovených cílů.

To samé se může dít v digitálním prostředí. Počítačové systémy získávají zkušenosti v podobě dat, která tyto stroje získávají a sdílí mezi sebou. Toho využívá strojové učení. Takto získaná data se zpracují a aplikují k efektivnějšímu vyřešení dané úlohy. [23]

Evropský parlament odhaduje, že do roku 2035 je možný nárůst pracovní produktivity o 11 – 37 % díky UI. Dále aplikací UI odhaduje snížení celosvětových emisí skleníkových plynů do roku 2030 o 1,5 – 4 % (díky novým možnostem v dopravě, energetice, vzdělávání, nebo odpadovém hospodářství). Díky nasazení UI je možné v podnicích vyvinout nové produkty a služby napříč odvětvími. V oblasti strojírenství se může jednat například o zlepšení údržby, zvýšení výkonu produkce a celkové ušetření energií. Další možná uplatnění můžeme najít například v soudnictví při zpracování velkých množství dat nebo ve vojenství, kde může být využita při strategiích proti crackerským útokům a phishingu. [24]

Rizika spojená s UI

Za riziko spojené UI se dá považovat její nedostatečné nebo nadměrné užívání. Při jejím nedostatečném použití to může znamenat konkurenční nevýhodu a z ní pramenící ekonomickou stagnaci. Nadužívání UI naopak může vyústit ve zbytečné vynaloženou investici v oblasti, kde není její použití vhodné. Tím je například analýza složitých společenských jevů. [24]

4.7.8 Senzorika a strojové vnímání

Strojové vnímání je oborem, který zahrnuje počítačové vnímání podnětů, které u lidí zpracovávají smyslové orgány (počítačové vidění a slyšení, umělý čich, hmat a chuť) a dalších schopností (porozumění řeči, statistické rozhodování a kvalitativní usuzování). [25]

Ve výrobní praxi velmi rozšířenou oblastí strojového vnímání je strojové vidění. Jedná se o technologii, jejíž principy jsou známé již v řádech desetiletí, nicméně až poslední dobou dochází k masivnějšímu nasazení této technologie ve výrobní praxi. Strojovým viděním se označují technologie, které jsou schopné nejprve získat informace z výstupu kamery a tento obraz prostřednictvím specializované výpočetní techniky zpracovat. Podle aplikace strojového vidění na konkrétním příkladě, se pro zpracování obrazových dat aplikuje buď matematická metoda, kde jsou data zpracována prostřednictvím algoritmu, nebo umělá inteligence. S výslednými daty výstupu strojového vidění lze pak výrobu

efektivně automatizovat, nebo na ni mohou navazovat další systémy, jako je například kontrola kvality.

Typickou úlohou aplikace strojového vidění může být výstupní kontrola výrobků (hledání tvarových vad, kontrola barev), měření výrobků nebo stanovení jeho přesné polohy. Jednou z jednodušších aplikací může být počítání kusů.

Aplikace strojového vidění do výrobního procesu má řadu výhod. Například konstantní pracovní výkon v čase, nízké provozní náklady a stanovitelná přesnost. Další výhodou je i nízká pořizovací cena (firma Hönigsberg & Düvel Datentechnik Czech s.r.o. odhaduje návratnost investice do dvou let, podle typu úlohy). [26]

4.7.9 Cloud computing

Cloud computing, česky také cloudové výpočty, je technologie vzdáleného přístupu k výpočetním prostředkům, aplikacím, úložišti dat, nástrojům, síťovým funkcím a podobně. Interakce v tomto případě probíhá mezi uživatelem nebo koncovým zařízením a cílovým serverem spravovaným cloudovými službami nazývanými ve zkratce jako CSP (cloud services provider), který si zpravidla za jejich využití účtuje poplatek. [27]

Ve srovnání s tradičními prostředky IT má cloud computing následující výhody:

1. Odpadají náklady na nákup, instalaci, konfiguraci vlastního hardware a s ním související infrastruktury.
2. Zakoupené služby je možné ihned využívat, často nákup obsahuje i zákaznickou podporu, která může pomoci při potížích.
3. Uživatelé mají přístup ke službám odkudkoliv, kde je připojení k internetu. Naopak v případě vlastního řešení by byl pro vzdálený přístup nutný nákup vlastní veřejné IP adresy a VPN připojení ².
4. O zabezpečení dat podniku se stará poskytovatel cloudových služeb. [27]

² VPN je virtuální počítačová síť používaná bezpečnou komunikaci prostřednictvím speciálních datových kanálů skrz jinou síť, např. internet. [48]

V současnosti se jedná o masově rozšířenou technologii. Podle nedávného průzkumu (k datu 18.8.2020) používá nějakou formu cloud computingu 92 % společností a většina z nich plánuje pokračovat v jeho používání i v následujícím roce. Stejně tak je tato technologie rozšířená mezi běžnou populací. Téměř každý dnes používá nějakou formu cloudové aplikace, ať už ve formě poštovní schránky, cloudového úložiště nebo streamovacího kanálu. [27]

4.7.10 Rozšířená a virtuální realita

Rozšířená realita (někdy značená jako AR, Augmented Reality) je stále se rozvíjející technologie, kombinující reálný svět a prvky virtuální reality, např. 3D modely. Její výhoda spočívá ve snadné kompozici grafických objektů do obrazu reálného prostředí. Tím je možné například vyzkoušení tvarové správnosti nových dílů v kontextu sestavy bez toho, aby byl nutný jejich 3D tisk nebo jiné prototypování. Rozšířenou realitu je možné kombinovat i se strojovým viděním popsaném v předešlé kapitole.

Virtuální realita naopak uživatele dostává do nasimulovaného prostředí skutečného nebo fiktivního světa. Typicky se jedná o vytváření obrazového vjemu pomocí některého z náhlavních systémů, které mohou doplňovat různé periferie jako jsou senzory pro snímání polohy uživatele (nebo částí jeho těla). Ty poskytují data, jež se spolupodílejí na vytváření zobrazované virtuální reality.

Tato technologie má své využití například ve vzdělávání. Lékaři mohou provádět cvičené operace nanečisto na nasimulovaném lidském těle, které mohou během operace zároveň důkladně prostudovat, aniž by ohrozili život pacienta. Žáci základní školy pak mohou využívat tuto technologii při výuce. Například si během hodiny přírodopisu prohlédnout koloběh vody zpracovaný do světa virtuální reality. Armádní příslušníci mohou využít virtuální realitu při nácviku bojových situací a to především těch, jež jsou v reálném světě obtížně vytvořitelné. [26]

V rámci kombinace reality a její augmentace se používají dva následující principy:

1. Optical see-through – jsou použity průhledné obrazovky, respektive brýle. Typicky v náhlavních systémech, díky čemuž má uživatel volné ruce. Názorným příkladem je náhlavní systém HoloLens od firmy Microsoft.

2. Video see-through – v tomto případě se používají běžná zobrazovací zařízení. Výhodou je vizuálně přesnější rozšíření reality, nevýhodou pak může být nutnost držet zařízení v ruce nebo pomocí držáků a určité zpoždění oproti reálnému světu. [7] [26]

4.7.11 Aditivní výroba

Aditivní výroba, často známá pod pojmem 3D tisk, je moderním inženýrským oborem, který zažívá obzvláště v poslední době značný rozmach. Je definována normou ISO/ASTM 52900:2015 jako proces spojování materiálů za účelem vytvoření dílů z 3D dat, obvykle po jednotlivých vrstvách. Zjednodušeně řečeno, je vytvářen fyzický model na základě digitální předlohy. Původně byl 3D tisk označován jako Rapid Prototyping, jelikož se používal především pro tvorbu prototypů. S tímto označením se můžeme setkat dodnes.

Díky 3D tisku je možné vytvářet tvarově velmi komplikované díly, které by jinými způsoby výroby byly obtížně vyrobitelné (například obrábění), nebo by jejich výroba byla nákladná (například v případě odlévání). Jak bylo uvedeno výše, 3D tisk se používal a stále používá pro výrobu prototypů, ale díky příchodu levnějších technologií 3D tisku se začal používat i na malosériovou výrobu, výrobu personalizovanou, kde je každý kus přizpůsoben individuálním potřebám zákazníka, nebo na výrobu náhradních dílů veteránů, kde se daný díl již nevyrábí řadu let a často je na opravu potřebný pouze jeden kus. [28]

Standard ISO/ASTM 52900 rozděluje aditivní výrobu na následující skupiny:

1. Vytlačování materiálu
2. Vstřikování materiálu
3. Vstřikování pojiva
4. Listová laminace
5. Fotopolymerizace v nádobě
6. Tavení prášku v nádobě
7. Přímá energetická depozice [28]

Technologie FDM

Obecně je nejrozšířenější a nejdostupnější metoda 3D tisku FDM (Fused Deposition Modeling), při kterém je materiál (roztavený plast v podobě tiskové struny) vytlačován extruderem a postupně nanášen na výtisk nebo tiskovou podložku vrstvu po vrstvě. Spadá tedy do skupiny vytlačování materiálu. [29]

Při technologii FDM se používají tyto materiály [29] [30]:

1. PLA – Polylactic Acid, je nejčastěji používaný materiál pro 3D tisk. Disponuje nízkou tepelnou roztažností, což z něj činí vhodný materiál pro tisk větších objektů. Má nízkou teplotu tání a je biologicky odbouratelný (je vyrobený z kukuřičného škrobu).
2. ABS – Acrylonitrile Butadiene Styrene, je velmi často používaný materiál, vyznačující se nízkou cenou, vysokou pevností a stálostí. Často se používá na výtisky pro venkovní použití. Jeho povrch lze vyhladit acetonem, tudíž zmizí povrch typický pro 3D tisk. Jeho nevýhodou je velká tepelná roztažnost a v porovnání s ostatními materiály má vysoké emise jemných částic do vzduchu, které mohou mít negativní vliv na lidské zdraví. [31] [32]
3. PET/PETG – Polyethylene Terephthalate (Glycol), je velmi pevný a houževnatý materiál, vhodný pro tisk mechanických částí. Písmeno G na konci názvu označuje Glykol, který se do směsi přidává v průběhu výrobního procesu, aby byl výsledný materiál méně křehký a v případě transparentních směsí lépe průhledný.
4. Flexibilní filamenty TPU a TPE – jedná se o termoplastické uretany (TPU) a elastomery (TPE). Jsou vhodné pro tisk flexibilních a měkkých výtisků, například silentbloků. Vyznačují se výbornou soudržností mezi vrstvami.
5. Kompozitní filamenty – jsou složeny z hlavní plastové složky a sekundární prášné složky, kterou mohou tvořit prášky kovů nebo jemné dřevěné částice. Jejich nevýhodou je vysoká abrazivnost, a s ní související opotřebení trysky.

Technologie SLA

Technologie SLA, také označovaná jako Stereolitografie, pracuje na principu vytvrzování tekutého polymeru pomocí UV záření o vlnové délce 310 – 410 nm. Jedná se o jednu z nejpřesnějších metod 3D tisku s přesností v řádech jednotek μm v osách X a Y. Vždy je tisknuta celá jedna vrstva v jednom kroku. Tento krok trvá v řádech sekund. Poté dojde ke zdvižení diod emitujících UV záření a tisku další vrstvy. Jednotlivé vrstvy v ose Z mohou mít i pouhých 15 μm . [33] Nevýhodou této technologie je její vysoká cena, kdy se profesionální stroje prodávají za cenu přes 100 000 Kč. Nicméně se dají sehnat i levnější varianty s cenou lehce přesahující 30 000 Kč. [34]

3D tisk kovů

Jedná se o moderní, rychle se rozvíjející technologii, která umožňuje výrobu složitých dílů stejně jako v případě 3D tisku polymerů nebo kompozitů, ale s výrazně odlišnými mechanickými vlastnostmi. Tyto díly jsou vyráběny z prášků kovů, které jsou spojovány pomocí tepelné energie dodané laserovým paprskem. Tato technologie se označuje SLS (Selective Laser Sintering). V případě použití technologie (SHS Selective Heat Sintering) je kovový prášek místo laseru spékán velkým množstvím topných těles. K procesu tavení prášku uvnitř tiskárny dochází v inertní atmosféře argonu nebo dusíku. Pracovní komora je nejprve vyprázdněna (vytvoří se téměř stoprocentní vakuum), zbavena vlhkosti a posléze naplněna inertním plynem. U prášku, který je vstupní surovinou, je velmi důležitá jeho velikost a tvar zrna. [33]

Zdravotní aspekty 3D tisku

Jak již bylo uvedeno v kapitole Technologie FDM tisku, některé filamenty mohou při tisku produkovat emise částic, které mohou mít negativní vliv na lidské zdraví. Proto je vhodné při tisku z určitých materiálů zvážit použití boxu s filtrací nebo umístění tiskárny do dobře větraného ale tepelně stabilního místa. V případě tiskáren SLA je již téměř vždy integrován kryt a filtrace nebo vývod par vznikajících z pryskyřice.

Nebezpečnější jsou však jemné prachové částice používané při tisku kovů. Tyto částice jsou velmi jemné (velikost v řádech desítek μm) a v případě kontaktu s lidskou pokožkou jí mohou snadno prostoupit. Ještě větší riziko hrozí při jejich vdechnutí. Vzhledem ke skutečnosti, že tyto prášky kovů mohou obsahovat i těžké kovy, je materiál výrobcem označován jako zdraví škodlivý. Kromě rizika kontaminace lidského těla je nebezpečné i pohybování prášků ve volné atmosféře, jelikož některé druhy mohou být v kombinaci se vzduchem samovznětlivé nebo mohou vytvářet výbušné směsi. [35]

5 Praktická část práce

Konkrétní příklad aplikace Průmyslu 4.0 v inženýrské praxi bude popsán na studentském projektu společnosti Valeo Autoklimatizace, k.s., konkrétně na robotizované platformě pro ADAS testy.

5.1 Představení společnosti Valeo

Firma Valeo Autoklimatizace k.s. je součástí nadnárodní skupiny Valeo se sídlem v Paříži. Hlavním cílem firmy je redukce emisí CO_2 bez kompromisů k výkonnosti a užité hodnotě vozidla. Tato firma je na českém trhu již 25 let a je významným zaměstnavatelem, dodavatelem a vývojářem automotive komponent a systémů na českém, i světovém trhu. V České republice působí od roku 1995. Zaměstnává 4 000 zaměstnanců, provozuje 5 výrobních závodů, jedno vývojové středisko v Praze a s ním související testovací polygon. Výrobní závody v Humpolci a Žebráku vyrábí klimatizační systémy, systémy recirkulace výfukových plynů, vnitřní ovládací panely a přední moduly. Závod v Podbořanech vyrábí hydraulické spojky a brzdové pohony. [36]

Výzkum a vývoj v České republice byl zahájen v roce 2002. Původní pracovní náplní bylo pouze navrhování klimatizačních jednotek a ovládacích panelů do interiéru vozidla. Později pak přibyl vývoj senzorů, softwaru a systémů pro automatizovanou jízdu a automatizované parkování. Tyto systémy jsou následně testovány na polygonu v Milovicích. Poslední nemalou investicí firmy je rozšíření Žebráckého závodu o areál na výrobu systémů pro chlazení baterií elektrických vozidel a otevření druhé továrny v Rakovníku, kde vznikají senzory a ovládací panely. [36]

5.2 Popis a aplikace robotizované testovací platformy pro ADAS testy.

Jak již bylo uvedeno výše, ve společnosti Valeo probíhá vývoj senzorů, softwaru a systémů pro automatizovanou jízdu a automatizované parkování. Tyto systémy musí adekvátně reagovat na velké množství překážek. Při vývoji ale často software nepracuje podle očekávání a je nutné jej testovat na umělých překážkách. Při těchto scénářích často nestačí pouze statická překážka, ale je nutný její pohyb podle předepsaného scénáře. Za tímto účelem se Valeo rozhodlo si vyvinout vlastní robotizovanou platformu, na níž lze tyto překážky upevnit, viz obrázek 3.

Proto vznikl tým technicky zaměřených studentů, který vyvinul vlastní autonomní robotickou platformu pro ADAS testy, což je zkratka pro Advanced Driver-Assistance Systems (podrobněji vysvětleno v kapitole 5.4). Tato platforma je označována jako UFO (Ultraflat Overrunable Platform, dále jen UFO). UFO je nízký a plochý robot, na kterého lze umístit scénářem požadované překážky. To mohou být makety chodců, cyklistů, automobilů a další.

Tento výrobek nebude uváděn na volný trh. Je plánováno pokračování ve výrobě v řádech jednotek kusů. Spotřebiteli budou jednotlivá vývojová oddělení firmy. Vzhledem ke skutečnosti, že výrobek nebude uváděn na volný trh, není současnou legislativou požadována certifikace CE na celý výrobek.

Aby bylo UFO použitelné pro testování, muselo být vyhověno četným požadavkům. Tyto požadavky jsou rozepsány v následující kapitole.

Obrázek 3: testovací platforma UFO s figurínou chodce.



Zdroj: zaměstnání autora

5.3 Požadované vlastnosti UFO:

1. Nízká výška pod 100 mm, aby nebylo vyhodnocováno asistenčními systémy jako překážka relevantní pro zásah ze strany bezpečnostního systému vozu.
2. Dostatečná mechanická odolnost (v případě chyby systému testovaného vozu musí vydržet přejetí vozidlem), odolnost proti vibracím přenášejícím se do UFO přes tvrdá kola.
3. Dostatečná ochrana proti vniknutí cizích těles do vnitřního prostoru platformy.
4. Dostatečná ochrana proti vodě.
5. Možnost manuálního řízení přes RC ovladač.
6. Dostatečná kapacita baterie pro dobu testování.

5.4 Technologie testované prostřednictvím UFO

Platforma UFO je primárně určena pro testování ADAS systémů, což je pojem ustálený pro označování pokročilých systémů k asistenci v jízdě. Jako příklad lze uvést systém krizového brždění, nebo funkce zvyšující komfort při užívání vozidla jako je asistent pro udržování vozu v jízdním pruhu, asistent pro jízdu v koloně nebo adaptivní tempomat. Pomocí senzorů si automobil sleduje provoz kolem vozu, může udržovat bezpečnou a legální rychlost, udržovat bezpečný odstup od vozidel jedoucích vpředu nebo reagovat na mimořádné situace. Tyto funkce následně vedou ke zvýšení úrovně autonomního provozu vozidla.

Algoritmy pro funkci zmíněných asistentů vychází z dat ze senzorů popsanych v následujících kapitolách.

SCALA – LiDAR

LiDAR je označení pro senzor využívající laserový skener. Valeo jako první vyvinulo tento laserový skener používaný v masovém měřítku, obchodně označovaný jako SCALA. Disponuje velkým detekčním rozsahem, širokým zorným polem a vysokou přesností. Jako zajímavost se dá uvést, že produkce těchto senzorů probíhá v německém závodě Valeo Wemding, který se může pyšnit jednou z nejvyšších úrovní automatizace na světě (na 10 000 pracovníků připadá 8 500 robotů, tedy téměř jeden robot na jednoho člověka). [37] Senzor SCALA v pouzdře je možné vidět na obrázku 4. Pravá část obrázku 5 znázorňuje výstup ze senzoru SCALA.

Obrázek 4: výstup ze systému SCALA a znázornění příslušných objektů v reálném provozu



Zdroj: <https://www.valeo.com/en/valeo-scala/>

Obrázek 5: Senzor SCALA



Zdroj: <https://www.valeo.com/en/valeo-scala/>

Radar

Radar je elektromagnetický systém pro detekci, lokalizaci nebo sledování cílových objektů. Tím mohou být letadla, lodě nebo v případě UFO překážky a jiné objekty silničního provozu. Princip funkce radaru je založený na vysílání elektromagnetické energie směrem k cílovému objektu a následnému zachycení ozvěny. Pomocí takto odražených vln je možné učít polohu cílového objektu. V závislosti na typu radaru je možné určit i jeho velikost a tvar. Na rozdíl od optických a infračervených zařízení je radar schopný pracovat i v nepříznivých povětrnostních podmínkách. [38]

Ultrazvuk

Ultrazvuk jsou vibrace o frekvencích vyšších, než je horní hranice slyšitelného rozsahu pro člověka, tj. vyšších než přibližně 20 kHz. Princip funkce je podobný jako v případě radaru – jsou vysílány ultrazvukové vlny prostřednictvím jejich návratu ke zdroji lze zjistit polohu sledovaného objektu, případně sledovat jeho pohyb. [39]

Kamera

Kamera je zařízení pro záznam obrazu (přes čočku nebo jejich sestavu) na světlocitlivý povrch, což je v případě použití popsaného v tomto díle digitální senzor. Senzor data zpracuje do digitální podoby a následně vyhodnotí. [40]

5.5 Popis dílčích částí

Sestava UFO se skládá z „Base“ stanice, nouzového vypínače „Kill Switch“ a pojízdné robotické testovací platformy. Nehmotnou součástí je pak firmware jednotlivých komponentů a PC aplikace. Samotná platforma UFO se skládá z mechanických částí, řídicí jednotky, relé nouzového vypínače a IMU modulu a další elektroinstalace. Na elektroinstalaci bylo použito výhradně samozhášivých a nehořlavých materiálů.

5.5.1 Mechanické části UFO

Při vývoji byla použita řada pokročilých technologií. Konstrukce byla navržena v CAD programu CATIA. Kryty a drobné díly byly vytvořeny pomocí 3D tisku z materiálu PETG. Základem je ocelový rám svařený z ohýbaných profilů. Na něm je uchycena elektroinstalace a čtyři motorové moduly.

5.5.2 Motorové moduly

Ve starších verzích byly použity motory mimo kola. V tom případě ale bylo možné zatáčet pouze diferenčně. To bylo prakticky možné pouze na velmi hladkém povrchu. Na hrubém povrchu se při diferenčním zatáčením vždy začaly přehřívat motory a docházelo k nadměrnému opotřebení třecích ploch kol. Proto byl zahájen vývoj nové verze motorových

modulů, která má motory integrované v kolech. Stěžejním prvkem těchto nových motorových modulů jsou kolečka s motory, určená pro použití v elektrickém longboardu, každé o výkonu 1000 W. Díky tomuto zjednodušení bylo možné vytvoření modulů ze zatačecími koly (v rozsahu 90°). To umožní využívat UFO i při složitějších scénářích lépe simulujících reálné podmínky.

Odpružení modulů zajišťují zkrutné tyče z pružinové oceli. Při pružení modulů vzniká mezi modulem a spodní částí platformy mezera, kterou by mohly vnikat nečistoty do vnitřní prostoru platformy. Proto je v nové generaci modulů tento prostor chráněn 3D tištěnou prachovkou z ohebného materiálu FLEX.

5.5.3 Řídící jednotka

Řídící jednotka je hlavní částí elektrické výzbroje UFO. Kompletně řídí chování platformy. Je v ní integrován modul ZigBee.

5.5.4 Domovská stanice

Domovská stanice „base station“ je zařízení zprostředkávající komunikaci UFO (ZigBee) s RC ovladačem (rádiové vlny 2,7 GHz). Má i svoji vlastní GPS, vytvářející referenční GPS souřadnice celé sestavy. Je koordinátorem bezdrátové komunikace celé sestavy.

5.5.5 Nouzový vypínač

Nouzový vypínač „kill switch“ je zařízení umožňující nouzové zastavení celé sestavy. Komunikuje přímo s řídicí jednotkou UFO. Pokud je komunikace aktivní, je umožněn pohyb platformy, pokud se komunikace přeruší, dojde k její deaktivaci.

5.5.6 IMU modul

IMU (Inertial Measurement Unit) modul je připojený na řídicí jednotku a je určený k měření veličin. Obsahuje integrovaný akcelerometr, gyroskop a magnetometr, z nichž poskytuje data řídicí jednotce. Vzhledem k tomu, že rám UFO je ocelový, je nutné, aby byl

IMU modul je nad úrovní horního ocelového krytu platformy, aby jím nebyla ovlivněna data ze senzorů. Disponuje záložní baterií umožňující uchování dat v paměti, pokud je hlavní baterie odpojena. V případě odpojení i záložního zdroje energie, je nutná kalibrace systému.

5.5.7 PC aplikace

PC aplikace zprostředkovává rozhraní pro uživatele projektu. Aplikace zahrnuje záložku User Control zobrazující základní informace o UFO operátorovi. Dále pak obsahuje záložky Telemetry, Debug a XBee Network. Karta telemetry obsahuje kompletní informace o telemetrii UFO, na kartě Debug jsou zobrazeny případné chybové kódy. Karta XBee Network zobrazuje informace a sílu signálu bezdrátové sítě XBee (používající protokol ZigBee).

5.5.8 Baterie

Napájení má na starosti na míru vyráběný lithium-polymerový akumulátor s následujícími parametry:

- Maximální napájecí proud: 16 A
- Maximální vybíjecí proud: 160 A
- Pracovní napětí jednoho článku: 4,2 V – 3,2 V
- Počet článků: 6 v sériovém zapojení
- Kapacita: 80 Ah

5.6 Problematika výroby

V minulosti bylo mnoho úprav a finální montáž prováděna přímo ve firmě Valeo. Nyní je výroba platformy zajišťována externě podle dodané dokumentace. Aktuálně jsou v provozu 4 prototypy. Tisk plastových prototypů a výroba hliníkových prototypů pro ověření funkčnosti konceptu a SW probíhá interně.

5.6.1 Rám

Jak již bylo uvedeno, rám je svařený z ocelových U profilů. Tyto profily jsou vybrány pro jejich tvar a dobré mechanické vlastnosti. Pro správné spasování a eliminaci nežádoucích deformací jsou jednotlivé profily opatřeny zámkami vymezujícími polohy jednotlivých dílů. To umožňuje před samotným svařením složení rámu a není nutné polohy dílů vyměřovat ručně. Ocelové kryty jsou k rámu připevněny pomocí šroubových spojů a jejich polohy jsou vymezeny vodícími kolíky navařenými v U profilech rámu.

Na opracování U profilů byla vybrána technologie vypalování laserem.

5.6.2 Motorové moduly a odpružení

Platforma UFO obsahuje 4 motorové moduly o celkovém výkonu 4 kW. Stěny těchto modulů jsou vyrobeny z dobře obrobitelné slitiny hliníku EN AW 2017, mechanické části jsou pak vyrobeny z oceli. Tyto díly byly obráběny na tříosé CNC frézce. Odpružení zajišťuje zkrutná tyč s nastavitelným předpětím.

5.7 Bezpečnostní prvky

Vzhledem k relativně vysoké hmotnosti platformy a na ní připevněného objektu, je nutné brát v úvahu vážná bezpečnostní rizika. Maximální rychlost sestavy je 50 km/h a hmotnost může snadno přesáhnout 100 kg (dle upevněného objektu). Případná havárie nebo střet s osobou by tedy mohla mít závažné následky. Proto byly aplikovány následující bezpečnostní prvky:

1. Hardwarové bezpečnostní prvky: vypnutí z domovské stanice, hlavní vypínač na platformě, bezpečnostní bezdrátové tlačítko umožňující odpojení motorů.
2. Softwarové bezpečnostní prvky: watchdog (zařízení resetující systém při jeho zacyklení), systémy pro všechny periferie, nezávislý watchdog v řídicím procesoru, možnost zastavení z PC aplikace, možnost nastavení hlídání údajů o poloze.

5.8 Bezdrátová komunikace

Bezdrátová komunikace UFO funguje prostřednictvím protokolu ZigBee v režimu mesh. V tomto režimu všechny uzly komunikují mezi sebou a přeposílají dále data, která přijaly, pokud nejsou adresována přímo danému zařízení. To s sebou sice přináší zvýšené energetické nároky, ale síť je v tomto režimu robustnější. Navíc se jedná o jeden z bezpečnostních prvků. Pokud jedno zařízení přestane komunikovat, celá sestava přestane pracovat.

5.9 Ekonomické zhodnocení

V následující kapitole se autor pokusí shrnout náklady na výrobu a vývoj platformy UFO. Jedná se pouze o odhad, jelikož nikdy v průběhu vývoje nebyly detailně naceňovány jednotlivé díly, jejich úpravy a čas, který nad úpravami pracovníci strávili. Kromě toho pracovníci projektu v některých případech souběžně vypomáhají i na jiných projektech, není tedy možné do hodnocení jednoduše okopírovat data z docházky. Zhodnocení je relevantní pro případ pouze jedné vyrobené platformy poslední generace (se zatáčecími motorovými moduly; aktuálně je tato verze ve fázi montáže).

5.9.1 Lidské zdroje

Považuji za neetické zveřejňovat přesné finanční odměny jednotlivých pracovníků. Proto se jedná pouze o odhad. Necht' je hrubá hodinová mzda vypočítána z průměrné měsíční mzdy v odvětví profesních, vědeckých a technických činností dle českého statistického úřadu za rok 2020, tedy 262,98 Kč. [41] V následující tabulce jsou uvedeny další proměnné pro výpočet výsledných nákladů na lidské zdroje. Počet produktivních týdnů je z 51 týdnů za rok snížen na 47 vzhledem k období Vánoc, letní dovolené a nutnosti plnění školních povinností (všichni pracovníci projektu jsou studenti). Uvedené hodnoty jsou jednoduše vynásobeny mezi sebou.

Tabulka 1: odhad ceny vývoje – lidské zdroje

Hodinová mzda	262,68 Kč
Počet týdnů v roce	52
Produktivní týdny	47
Počet zaměstnanců	3
Počet pracovních dní v týdnu	2
Pracovní doba [h]	8
Počet let vývoje	5
Celkový odhadovaný personální náklad na vývoj za jeden rok	592 606 Kč
Celkový odhadovaný personální náklad na vývoj za celou dobu vývoje	2 963 030 Kč

Zdroj: Autor

5.9.2 Náklady na výrobu a další

V následující kapitole jsou popsány náklady na výrobu UFO. Podkladová data vychází z cenové nabídky dodavatelské firmy. Níže je uvedena zjednodušená tabulka. Dále jsou započítány drobné náklady spojené s výrobou zkušebních dílů.

Tabulka 2: náklady na výrobu

UFO PC Dongle	6 600 Kč
UFO Base Station	26 700 Kč
UFO Kill Switch Button	9 800 Kč
UFO Control Unit	30 000 Kč
Drivers Modules	24 900 Kč
Engines Modules	32 000 Kč
User Interface Module	16 800 Kč
Mechanické díly a úpravy, montážní práce, kabeláž	184 500 Kč
Celková kompletace a ostatní komponenty a náklady	113 600 Kč
Celkem -- externí výroba	444 900 Kč

Zdroj: Autor

Při sečtení sum v předchozích tabulkách je výsledná hodnota **3 407 930 Kč**.

5.9.3 Srovnání s komerční platformou

Komerční platformu DSD UFO je možné koupit za částku 500 000 €, což je v přepočtu 12 795 000 Kč (při kurzu 25,590 Kč/€). Jiná komerční platforma s parametry srovnatelnými s poslední funkční verzí prototypu firmy Valeo se dá koupit za částku pohybující se mezi 250 000 až 300 000 €, což je v přepočtu 6 397 500 až 7 677 000 Kč. [42] Podle autora se tedy dá konstatovat, že vývoj vlastní platformy se i při započítání značné chyby při určování výše nákladů na výrobu UFO s velkou rezervou vyplatí.

5.10 Zhodnocení funkčnosti starších prototypů

V současnosti jsou v provozu 4 prototypy starší generace (se standartními moduly s nezatačecími koly). používané při testech Z mechanického hlediska se zpětně objevily dva problémy. Prvním je praskání torzních tyčí v místě ostré hrany, což je způsobeno vysokou koncentrací mechanického napětí v tomto místě. Druhým nedostatkem je schránka

propouštějící nečistoty a vodu do vnitřního prostoru platformy. Tento problém by měl být z velké části vyřešen použitím nových motorových modulů s prachovkou, která uzavře vnitřní prostor. Z elektrotechnického hlediska má platforma problém se zahříváním motorů při scénářích s prudkou akcelerací a decelerací, nebo pokud je nutné diferenční zatažení. Tento problém byl částečně vyřešen aplikací hliníkového chladiče. Zlepšení je očekáváno při použití kvalitnějších motorů v nových modulech.

Dále je prostor pro zlepšení v oblasti lokalizace platformy. U současné verze je pro lokalizaci využívána odometrie. Při tomto způsobu měření vzniká chyba, která se s rostoucím časem kumuluje. Řešením je použití diferenciální GPS, kdy bude jako referenční bod sloužit domovská stanice.

5.11 Shrnutí kapitoly

I přes řadu problémů, které se na platformě objevily, je výsledkem v případě poslední verze plně funkční stroj, bez problému schopný plnit požadované scénáře.

Firmě se by se podle podkladů použitých v této práci vyplatilo pro interní použití financovat tento projekt, jelikož rozdíl ve výši vlastních nákladů vynaložených na vývoj a výrobu platformy a pořizovací cenou některé z komerčních platform je značný. Navíc platforma UFO není jediným výstupem tohoto projektu. Společnost Valeo má díky projektu možnost získat nového zaměstnance ještě během jeho studia na VŠ, kterého může po ukončení studia přesunout na některý z komerčních projektů, zatímco tento zaměstnanec už bude mít povědomí o chodu firmy a praktické zkušenosti. Právě možnost zaměstnat kvalitního zaměstnance již během studia může být velmi přínosná vzhledem k obecně vysoké poptávce po technicky kvalifikovaných pracovnících na trhu práce.

6 Výsledky a diskuse

Aplikace Průmyslu 4.0 do praxe s sebou přináší mnoho změn, kromě zefektivnění a zrychlení v rámci výrobního procesu se dá očekávat i dopad mimo oblast průmyslu, což je podrobněji popsáno v následujících dvou kapitolách.

6.1 Dopad na trh práce a školství

Podíl nezaměstnaných obyvatel ČR měl do začátku krize způsobené pandemií nového typu koronaviru po dobu deseti let klesající tendenci. Na konci roku 2019 dosahovala obecná míra nezaměstnanosti velmi nízkých 2%. [43] Na toto klesání měl velký vliv zpracovatelský průmysl, zaměstnávající podstatnou část pracujících a terciální sektor služeb. Tyto změny na trhu práce způsobily hlad po kvalifikovaných pracovnících, viz kapitola 4.4.

Podle názoru autora, celkový dopad v kontextu Průmyslu 4.0 na trh práce velmi dobře vyjadřují následující slova Miroslavy Kopicové, ředitelky národního vzdělávací fondu, publikované na stránkách Evropské Komise. [44]

„Je ale zřejmé, že v budoucnu dojde jak ke změně charakteru práce, tak ke změně počtu pracovních příležitostí, jejich struktury a celkové proměně většiny profesí. Vzniknou profese nové, které si dnes nedovedeme ani představit. Existují odhady, že 65 procent dětí, které dnes vstupují do základních škol, bude pracovat v povoláních, která dnes ještě neexistují.“

V zájmu zmírnění negativních dopadů na trh práce je tedy nutná částečná restrukturalizace školství a aplikace rekvalifikačních kurzů pro osoby s nízkou kvalifikací, jejichž práce je snadno nahraditelná robotizací. V tomto ohledu lze dle autora považovat za dílčí úspěch revizi a modernizaci rámcového vzdělávacího programu pro základní vzdělávání, kdy bude původní program z roku 2004 upraven tak, aby více reflektoval potřeby současného trhu práce. V rámci jeho změn došlo ke zrušení předmětu Informační a komunikační technologie. Místo něj přibude vzdělávací oblast Informatika a klíčová kompetence, digitální gramotnost. Do roku 2021 žáci sice s informačními technologiemi v rámci hodin informatiky pracovali, nicméně pouze jako uživatelé. Nová revize programu počítá i s vytvořením povědomí o funkci informačních technologií a základy její logiky. Učit se tedy budou základy programování, algoritmizace a práci s daty. Se změnami souvisí i vyšší časová dotace souvisejících předmětů, tedy více než dosavadní jedna hodina týdně. [45]

6.2 Změny státních příjmů

V důsledku robotizace výroby může dojít k propouštění zaměstnanců s nižší kvalifikací vykonávající jednoduché pracovní úkony. Tito pracovníci však za svoji práci pobírají mzdu, ze které pak odvádějí do státní kasy daň z příjmu, sociální a zdravotní pojištění. Pakliže tohoto zaměstnance nahradí robot, jež nijak placený není, zákonitě stát přijde o tyto položky, položky tvořící podstatnou část mzdy. Proto vznikla myšlenka zdanění práce robotů. S touto myšlenkou pracuje řada vysoce postavených lidí a institucí, jako např. Bill Gates nebo Evropská komise. A přirozeně tato myšlenka má své odpůrce i podporovatele. Argumentem pro její zavedení může být zdroj financí použitelných pro budoucí rekvalifikaci lidí propuštěných v důsledku robotizace. Naopak komplikací může být administrativní náročnost aplikace této daně nebo snížení konkurenceschopnosti firem používajících robotické pracovníky, plynoucí ze zvýšených nákladů. [44]

6.3 Závěrečná diskuse

Podle autora se dá usoudit, že český průmysl je v rámci Průmyslu 4.0 na dobré cestě. Automatizace výroby je podporována státní sférou a firmy byly ochotné investovat do moderních technologií. Příkladem jsou státní instituce, české technické univerzity věnující se této tematice a řada úspěšných firem zabývajících se problematikou jednotlivých oborů souvisejících se čtvrtou průmyslovou revolucí. U těchto firem je velké procento dceřiných firem nadnárodních korporátů. Zahraniční vlastníci v ČR investují i v této pokročilé oblasti s vysokou přidanou hodnotou. Podle autora to má určitou vypovídající hodnotu o kvalitě i množství českých inženýrů s odpovídající kvalifikací a vzděláním. Pokud by zde nebyla personální základna, jistě by nebylo možné realizovat tyto investice.

Otázkou je, jaký další vývoj lze očekávat. Vzhledem k pandemii koronaviru COVID-19 se dá očekávat v letech navazujících na rok 2019 více či méně silná ekonomická recese. Kupříkladu jen k listopadu 2020 klesla meziročně výroba aut v České republice téměř o 20 % [46]. Dá se přepokládat, že v závislosti na snižování odbytu bude zpracovatelský průmysl hledat spíše ekonomičtější způsoby výroby při zachování stávající kvality a investice do moderních technologií budou spíše odkládány do doby ekonomické prosperity.

Je pravděpodobné, že kromě změny procesů v průmyslu dojde i kde změně trestné činnosti a že krádeže nebo jiná trestná činnost se více přesune do virtuálního prostředí. Podle autora se oblast ochrany digitálních dat stane jednou z nejdůležitějších oblastí zájmu podniku, jelikož únik důležitých dat by mohl mít na firmu daleko větší negativní dopad než fyzická krádež. Obzvláště v konceptu chytré továrny je toto riziko velmi vysoké, jelikož je už ze své podstaty propojena informačními sítěmi, které navíc mohou vést i mimo fyzický areál závodu k dodavatelům nebo odběratelům, čímž zákonitě roste riziko narušení bezpečnosti [12]

7 Závěr

V této práci jsou stručně shrnuty předchozí průmyslové revoluce, historie průmyslu a role průmyslového sektoru na území České republiky. Dále jsou vysvětleny základní charakteristiky Průmyslu 4.0 a je provedena rešerše jeho dílčích technologií.

V druhé polovině této práce je popsána aplikace technologií spojených s Průmyslem 4.0 v inženýrské praxi, konkrétně na robotizované platformě pro ADAS testy vyvíjené společností Valeo, nazývané UFO. UFO je autonomní robot s výškou nepřesahující 10 cm, na který lze umístit testovací objekty. V této části práce je představena platforma a její jednotlivé části. Dále pak technologie, které využívá a technologie, které se prostřednictvím této platformy testují. V rámci kapitoly *Ekonomické zhodnocení* je zpracovaný odhad ceny vývoje a výroby platformy. Autor došel k závěru, že v případě vynaložených nákladů uvedených v této kapitole se firmě Valeo s velkou rezervou vyplatilo financovat vývoj vlastní platformy. Na tuto kapitolu navazuje shrnutí funkčnosti starší verze platformy a doporučení pro další vývoj, která vycházejí ze zkušeností s provozem zmíněné platformy. Též jsou zmíněny doporučení pro další vývoj a konstrukční řešení, kterými by mohly být vyřešeny zjištěné nedostatky.

Po stručné rešerši pojednávající o dopadu Průmyslu 4.0 na oblast mimo průmysl je v kapitole *Závěrečná diskuse* prezentován autorův vlastní pohled na situaci a úvaha nad dalším vývojem řešené problematiky v budoucnu.

Vzhledem ke skutečnosti, že se jedná o relativně moderní a dynamicky rozvíjející se téma, bylo nutné čerpat informace především z disertačních prací, odborných časopisů

publikovaných na síti a webových stránek významných technologických firem. Hodnotným zdrojem informací bylo pro autora i jeho zaměstnání ve společnosti Valeo Autoklimatizace k.s., studium předmětů souvisejících s danou problematikou a konzultace s Ing. Martinem Činčurou, analytikem ve společnosti Hönigsberg & Düvel Datentechnik Czech s. r. o.

Svou práci by autor rád zakončil citací krátkého rozhovoru dvou dělníků ve výrobním závodě, který zaslechl v průběhu své odborné praxe v rámci střední školy.

První z nich si stěžoval na náročnou a jednotvárnou práci, na což mu druhý odpověděl: „*No jo no, někdo to přeci dělat musí.*“ První dělník se pak zarazil a pronesl: „*To je špatně, tuhle práci by přeci měly dělat stroje.*“

Autor se domnívá, že tato fráze přesně vystihuje Průmysl 4.0. Proč by jednoduché a náročné úkony, často prováděné v nevhodných pracovních podmínkách, měli dělat lidé, když mohou být nahrazeni rychlejšími a efektivnějšími stroji.

8 Seznam použitých zdrojů

- [1] CABECA, Julio a Jenny RUNESSON. Weight of economic activities: EU Industry accounts for just over 19% of total gross value added and 15% of employment. In: *Eurostat newsrelease* [online]. Eurostat Press Office [cit. 2021-05-01]. Dostupné z: <https://ec.europa.eu/eurostat/documents/2995521/7715718/2-27102016-AP-EN.pdf/b6dafc70-0390-42f7-8dd2-11ed12e430f8>
- [2] LACINA, Vlastislav a Jaroslav PÁTEK. *Dějiny hospodářství českých zemí od počátku industrializace do současnosti*. 1. vyd. Praha: Karolinum, 1995. ISBN 80-7184-051-3.
- [3] JAKUBEC, Ivan. *Hospodářský vývoj českých zemí v období 1848-1992*. Vyd. 1. Praha: Oeconomica, 2008. ISBN 978-80-245-14505.
- [4] NASUTION, Mahyuddin. Industry 4.0. In: *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* [online]. 2020. [cit. 2021-05-03]. Dostupné z: doi:10.1088/1757-899X/1003/1/012145
- [5] CEJNAROVÁ, Andrea. Od 1. průmyslové revoluce ke 4. In: *Technický Týdeník* [online]. Business Media CZ [cit. 2021-05-05]. Dostupné z: https://www.technickytydenik.cz/rubriky/ekonomika-byznys/od-1-prumyslove-revoluce-ke-4_31001.html
- [6] MAREK, David a Petr NĚMEC. Výhled české ekonomiky na rok 2019. In: *Deloitte* [online]. [cit. 2021-05-03]. Dostupné z: https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/cz/Documents/deloitte-analytics/vyhled-ceske-ekonomiky-na-rok-2019_v2.pdf
- [7] MAŘÍK, Vladimír. *Průmysl 4.0: výzva pro Českou republiku*. Vydání 1. Praha: Management Press, 2016. ISBN 978-80-7261-440-0.
- [8] ŽÁČEK, Michal. Historický vývoj automatizace? Poznejte 12 zásadních dat: Průmyslové roboty. In: *FactoryAutomation* [online]. [cit. 2021-05-03]. Dostupné z: <https://factoryautomation.cz/historicky-vyvoj-automatizace-poznejte-12-zasadnich-dat/>
- [9] DENNIS, Michael Aaron. Gordon Moore: American engineer and entrepreneur. In: *Encyclopædia Britannica* [online]. 1.1.2021 [cit. 2021-05-03]. Dostupné z: <https://www.britannica.com/biography/Gordon-Moore>
- [10] ROTMAN, David. We're not prepared for the end of Moore's Law. *MIT Technology Review* [online]. MIT, 2020 [cit. 2021-05-03]. Dostupné z: <https://www.technologyreview.com/2020/02/24/905789/were-not-prepared-for-the-end-of-moores-law/>
- [11] BURKE, Rick, Adam MUSSOMELI, Stephen LAAPER a Brenna SNIDERMAN. The smart factory. In: *Deloitte* [online]. [cit. 2021-05-04]. Dostupné z: <https://www2.deloitte.com/us/en/insights/focus/industry-4-0/smart-factory-connected-manufacturing.html>

- [12] ONDRA, Pavel. Chytrá továrna v Průmyslu 4.0. In: *Průmyslové Inženýrství.cz* [online]. [cit. 2021-05-04]. Dostupné z: <https://www.prumysloveinzenyrstvi.cz/chytra-tovarna-prumyslu-4-0>
- [13] PALOVSKÝ, Radomír. *Informační a komunikační sítě*. Vyd. 1. Praha: Oeconomica, 2010. ISBN 978-80-245-1729-2.
- [14] ČESKÝ TELEKOMUNIKAČNÍ ÚŘAD. Využívání vymezených rádiových kmitočtů. In: *Český telekomunikační úřad* [online]. 2018. [cit. 2021-05-04]. Dostupné z: <https://www.ctu.cz/vyuzivani-vymezenych-radiovyeh-kmitoctu>
- [15] CLARK, Jen. What is the Internet of Things (IoT)?. In: *IBM* [online]. [cit. 2021-05-04]. Dostupné z: <https://www.ibm.com/blogs/internet-of-things/what-is-the-iot/>
- [16] SARAWI, Shadí, Mohamed ANBAR, Kamal ALIEYAN a Mahmood ALZUBAIDI. Internet of Things (IoT) Communication Protocols: Review. In: *8th International Conference on Information Technology (ICIT)* [online]. Penang: Universiti Sains Malaysia, 2017 [cit. 2021-05-04]. Dostupné z: doi:DOI: 10.1109/ICITECH.2017.8079928
- [17] IBM. Analytics: Big data analytics. *IBM* [online]. [cit. 2021-05-04]. Dostupné z: <https://www.ibm.com/analytics/hadoop/big-data-analytics>
- [18] SHEA, Sharon. *Machine-to-machine (M2M)* [online]. [cit. 2021-05-01]. Dostupné z: <https://internetofthingsagenda.techtarget.com/definition/machine-to-machine-M2M>
- [19] STROJIRENSTVI. Firemní aktuality: Ve výrobním závodě ŠKODA AUTO přiváží materiál ke strojům autonomní robot. *Strojirenstvi* [online]. [cit. 2021-05-04]. Dostupné z: <https://www.strojirenstvi.cz/ve-vyrobnim-zavode-skoda-auto-privazi-material-ke-strojum-autonomni-robot>
- [20] IOTACOMM. Four Types Of IoT Wireless Networks. *IotaComm* [online]. [cit. 2021-05-02]. Dostupné z: <https://www.iotacommunications.com/blog/types-of-iot-networks/>
- [21] KROULÍK, Milan. Polní roboti a myšlenka robotického zemědělství. In: *Česká technologická platforma pro zemědělství* [online]. [cit. 2021-05-04]. Dostupné z: <https://www.ctpz.cz/vyzkum/polni-roboti-a-myslenka-robotickeho-zemedelstvi-985>
- [22] NOVÁKOVÁ, Alena. Robotika a umělá inteligence/ Spolupráce robot - člověk. In: *Bulletin Průmyslu 4.0* [online]. 2019/03. 2019 [cit. 2021-05-04]. Dostupné z: <https://www.ncp40.cz/aktuality/bulletin-prumyslu-40-20193-robotika-a-umela-inteligence-spoluprace-robot-clovek>
- [23] ŠTĚPÁNKOVÁ, Olga, Petr BERKA a Filip ŽELEZNÝ. Strojové učení. In: *AI CZECHIA* [online]. [cit. 2021-05-05]. Dostupné z: <https://www.aiczechia.cz/>
- [24] EVROPSKÝ PARLAMENT. Umělá inteligence: rizika i příležitosti. In: *Evropský parlament: Aktuality* [online]. [cit. 2020-12-26]. Dostupné z: <https://www.europarl.europa.eu/news/cs/headlines/society/20200918STO87404/umela-inteligence-jake-jsou-vyhody-a-nevyhody>

- [25] HLAVÁČ, Václav, Tomáš PAJDLA a Pavel SMRŽ. AICZECHIA, Strojové vnímání. *AICZECHIA* [online]. nevedeno [cit. 2020]. Dostupné z: <https://www.aiczechia.cz/download/oblasti-ai/strojove-vnimani.pdf>
- [26] ČINČURA, Martin, analytik Hönigsberg & Düvel Datentechnik Czech [ústní sdělení]. Turnov, 29.1.2021.
- [27] VENNAN, Sai. IBM Cloud Learn Hub: Cloud Computing. In: *IBM* [online]. [cit. 2021-05-05]. Dostupné z: <https://www.ibm.com/cloud/learn/cloud-computing>
- [28] KOVALENKO, Iaroslav. *Vývoj prototypu 3D tiskárny na fotopolymery* [online]. Liberec, 2019 [cit. 2021-05-02]. Dostupné z: <https://theses.cz/id/g6cbll/>. Disertační práce. Technická univerzita v Liberci, Fakulta strojní. Vedoucí práce Prof. Ing. Přemysl Pokorný, CSc.
- [29] STRŽÍTESKÝ, Ondřej, Josef PRŮŠA a Martin BACH. *Základy 3D tisku s Josefem Průšou* [online]. Praha: Prusa Research, 2019 [cit. 2021-05-05]. Dostupné z: <https://www.prusa3d.cz/kniha-zaklady-3d-tisku-josefa-prusi/>
- [30] PRUSA RESEARCH. Průvodce materiály. *Prusa3d* [online]. [cit. 2021-05-06]. Dostupné z: <https://www.prusa3d.cz/materialy/>
- [31] KONDO, Hironori. *PETG vs ABS: The Differences – Simply Explained* [online]. In: . All3DP [cit. 2021-05-06]. Dostupné z: <https://all3dp.com/2/petg-vs-abs-3d-printing-filaments-compared/>
- [32] AZIMI, Parham, Dan ZHAO, Claire POUZET, Neil CRAIN a Brent STEPHENS. Emissions of Ultrafine Particles and Volatile Organic Compounds from Commercially Available Desktop Three-Dimensional Printers with Multiple Filaments. In: *Environmental Science & Technology* [online]. 2016 [cit. 2021-05-06]. Dostupné z: doi:10.1021/acs.est.5b04983
- [33] NA3D. *Technologie 3D tisku* [online]. In: . NA3D [cit. 2021-05-06]. Dostupné z: <https://www.na3d.cz/blog/technologie-3d-tisku>
- [34] PRŮŠA, Josef. *Představujeme Original Prusa SL1 – novou open-source SLA 3D tiskárnu* [online]. In: . josefprusa [cit. 2021-02-21]. Dostupné z: <https://josefprusa.cz/original-prusa-sl1-nova-sla-3d-tiskarna/>
- [35] ZETKOVÁ, Ivana. *Problematika výroby strojních kovových součástí 3D tiskem* [online]. Plzeň, 2017 [cit. 2021-05-06]. Dostupné z: <https://otik.uk.zcu.cz/handle/11025/28412?mode=full>. Disertační práce. Západočeská univerzita v Plzni, Katedra technologie obrábění. Vedoucí práce Doc. Ing. Jiří Česánek, Ph.D.
- [36] VALEO ČESKÁ REPUBLIKA. Valeo v České republice. *Valeo.com* [online]. 2020 [cit. 2020]. Dostupné z: <https://www.valeo.com/cs/ceska-republika/#profile>
- [37] IOT AUTOMOTIVE NEWS. VALEO'S LIDAR, DRIVING THE AUTONOMOUS VEHICLES. *IoT automotive news* [online]. [cit. 2021]. Dostupné z: <https://iot-automotive.news/valeos-lidar-driving-the-autonomous-vehicles/>

- [38] SKOLNIK, Merrill. Radar. *Encyclopedia Britannica* [online]. [cit. 2021-05-01]. Dostupné z: <https://www.britannica.com/technology/radar>
- [39] BERG, Richard E. Ultrasonics. In: *Encyclopædia Britannica* [online]. [cit. 2021-05-07]. Dostupné z: <https://www.britannica.com/science/ultrasonics>
- [40] HOSH, William, Shiveta SINGH a Gloria LOTH. Digital camera. In: *Encyclopædia Britannica* [online]. [cit. 2021-05-07]. Dostupné z: <https://www.britannica.com/technology/digital-camera>
- [41] ČESKÝ STATISTICKÝ ÚŘAD. Průměrné mzdy - 4. čtvrtletí 2020. In: *Český statistický úřad* [online]. Praha [cit. 2021-05-09]. Dostupné z: <https://www.czso.cz/csu/czso/cri/prumerne-mzdy-4-ctvrtleti-2020#>
- [42] JURAJ, Prstek, Knowledge & Efficiency manager Valeo Praha [ústní sdělení] Praha: Valeo, 11.5.2021.
- [43] ČESKÝ STATISTICKÝ ÚŘAD. *Obecná míra nezaměstnanosti v ČR a krajích* [online]. 2020 [cit. 2021]. Dostupné z: https://www.czso.cz/csu/czso/obecna_mira_nezamestnanosti_v_cr_a_krajich
- [44] HEDVIČÁKOVÁ, Martina a Libuše SVOBODOVÁ. *XX. mezinárodní kolokvium o regionálních vědách. Sborník příspěvků*. Brno: Masarykova univerzita, 2017.
- [45] GINTEROVÁ, Monika. ČT24. *Česká televize* [online]. 2021 [cit. 2021]. Dostupné z: <https://ct24.ceskatelevize.cz/domaci/3269122-do-skol-prichazi-revoluce-v-informatice-word-uz-stacit-nebude-zaci-maji-umet-pracovat>
- [46] ČTK. České noviny: zprávy. *ČTK České noviny* [online]. 2020 [cit. 2021]. Dostupné z: <https://www.ceskenoviny.cz/zpravy/vyroba-aut-za-11-mesicu-klesla-o-21-2-pct-na-1-054-milionu/1972588>
- [47] LIGERO, Raquel. Differences between Nb-IoT and LTE-M. *Accent systems* [online]. [cit. 2021-05-02]. Dostupné z: <https://accent-systems.com/blog/differences-nb-iot-lte-m/?v=928568b84963>
- [48] MŮNZ, Jan. *Informační technologie ve zdravotnictví: informační systémy*. 1. vyd. V Praze: České vysoké učení technické, 2011. ISBN 978-80-01-04720-0.