

Univerzita Hradec Králové
Fakulta informatiky a managementu
Katedra ekonomie

Vezmou nám roboti práci?

Diplomová práce

Autor: Bc. Bohumil Franc

Studijní obor: Informační management II-p

Vedoucí práce: Ing. Martina Hedvičáková, Ph.D.

Odborný konzultant: Ing. Marek Zanker

Katedra informačních technologií

Hradec Králové

duben 2019

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracoval samostatně a s použitím uvedené literatury.

V Hradci Králové dne 30.4.2019

Bc. Bohumil Franc

Poděkování:

Tímto děkuji vedoucí diplomové práce Ing. Martině Hedvičákové, Ph.D. za bezmeznou trpělivost a neocenitelnou pomoc. Upřímné poděkování patří také odbornému konzultantovi Ing. Marku Zankerovi za cenné rady při tvorbě praktické části práce.

Anotace

Tato diplomová práce se zabývá vlivem technického pokroku na trh práce. Jejím cílem je využití modelu systémové dynamiky k zodpovězení ústřední otázky: vezmou nám roboti práci? Teoretická část práce shrnuje problematiku technického pokroku, jeho významu pro ekonomický růst a vztahu k zaměstnanosti. Dále poskytuje historický i soudobý rámec pro probíhající debatu na téma stagnujícího růstu produktivity práce a technologické nezaměstnanosti. Praktická část práce je zaměřena na tvorbu modelu systémové dynamiky, který by za vhodné míry abstrakce umožňoval provádět simulace různých scénářů s parametry získanými z východisek teoretické části. Dílčím cílem je poté statistická analýza růstu produktivity práce vybraných zemí a rozhodnutí o daných hypotézách.

Annotation

Title: Will robots take our jobs?

This Diploma Thesis deals with the influence of technical progress on the labor market. Its aim is to use the system dynamics model to answer the main question: will robots take our job away from us? The theoretical part of the thesis summarizes the issue of technical progress, its importance for economic growth and the relation to employment. The theoretical part also provides a historical and contemporary framework for the ongoing debate on the topic of stagnating labour productivity growth and technological unemployment. The practical part of the thesis focuses on a creation of the system dynamics model, which would be able to pursue simulations of various scenarios with parameters obtained from the theoretical part of this thesis. The partial aim is then a statistical analysis of labor productivity growth in chosen countries and the assessment of stated hypotheses.

Obsah

1	Úvod	1
2	Cíl práce a metodika	2
3	Historický kontext průmyslových revolucí	3
3.1	Průmyslová revoluce 1.0.....	3
3.2	Průmyslová revoluce 2.0.....	6
3.3	Průmyslová revoluce 3.0.....	8
3.4	Průmyslová revoluce 4.0.....	10
4	Produktivita práce.....	12
4.1	Modely růstu	13
4.1.1	Malthusova Populační teorie	13
4.1.2	Model Roberta M. Solowa.....	13
4.2	Stručná historie růstu	14
4.3	Současný stav.....	16
4.3.1	Paradox produktivity	16
4.3.2	Techno-pesimistický pohled.....	17
4.3.3	Techno-optimistický pohled.....	19
4.3.4	Inovace.....	20
4.3.5	Metriky	22
5	Současná technologie	26
5.1	Aditivní výroba	26
5.2	Autonomní vozidla	27
5.3	Big data	29
5.4	Autonomní roboti.....	31
5.5	Umělá inteligence	32
6	Trh práce.....	34

6.1	Technologická nezaměstnanost	36
6.2	Vztah automatizace a (ne)zaměstnanosti	37
6.3	Potenciál automatizace	40
7	Modely systémové dynamiky	43
8	Praktická část	46
8.1	Popis problému	46
8.2	Mapování modelu – diagram hladin a toků	48
8.3	Data	51
8.4	Tvorba modelu	53
8.4.1	Specifikace struktury	53
8.4.2	Odhady parametrů a chování	56
8.5	Simulace	57
8.6	Test senzitivity	60
8.7	Hodnocení modelu	62
8.8	Rozšíření modelu	63
8.9	Analýza produktivity práce	65
8.9.1	Popisná statistika	66
8.9.2	Korelace	68
9	Shrnutí výsledků	70
10	Závěry a doporučení	72
11	Seznam použité literatury	74
12	Online zdroje	76

Seznam obrázků

Obrázek 1: Základní prvky diagramu hladin a toků (vlastní zpracování)	45
Obrázek 2: Základní hladiny modelovaného problému (vlastní zpracování).....	48
Obrázek 3: Diagram submodelu pracovních míst (vlastní zpracování)	49
Obrázek 5: Diagram submodelu zaměstnanosti (vlastní zpracování)	50
Obrázek 4: Diagram submodelu automatizace (vlastní zpracování).....	50
Obrázek 6: Matice poměrů zániku a vzniku pracovních míst (vlastní zpracování)	53
Obrázek 7: Diagram navrhovaného rozšíření modelu o poptávku po automatizaci (vlastní zpracování)	63

Seznam tabulek

Tabulka 1: Průměrné hodnoty růstu produktivity práce vybraných států, % (OECD 2019a, vlastní zpracování).....	66
Tabulka 2: Popisná statistika produktivity práce USA, CZE a DEU; 1971-2017 (OECD 2019a, vlastní zpracování).....	67
Tabulka 3: Korelace produktivity práce, míry zaměstnanosti a HDP; DEU (OECD 2019a, 2019c, 2019d, vlastní zpracování).....	68
Tabulka 4: Korelace produktivity práce, míry zaměstnanosti a HDP; CZE (OECD 2019a, 2019c, 2019d, vlastní zpracování).....	69
Tabulka 5: Korelace produktivity práce, míry zaměstnanosti a HDP; USA (OECD 2019a, 2019c, 2019d, vlastní zpracování).....	69

Seznam grafů

Graf 1: HDP, HDP per capita a populace ve Velké Británii 1270-1870 (Broadberry 2001)	15
Graf 2: Průměr změny produktivity práce za určité období, USA (OECD 2019a, Gordon 2012, vlastní zpracování).....	16
Graf 3: Změna zaměstnanosti podle úrovně mzdy v 16 zemích EU, 1993-2010 (Autor 2015)	39
Graf 4: Změna zaměstnanosti podle schopností v USA v období 1970-2016 (Autor 2019)	40
Graf 5: Výsledek simulace hladiny automatizace pro střední ekonomický růst (Model, vlastní zpracování).....	57
Graf 6: Výsledek simulace hladiny pracovních míst pro střední ekonomický růst (Model, vlastní zpracování).....	58
Graf 8: Výsledek simulace počtu zaměstnaných pro střední ekonomický růst (Model, vlastní zpracování)	59
Graf 7: Výsledek simulace míry nezaměstnanosti pro střední ekonomický růst (Model, vlastní zpracování).....	59
Graf 9: Meziroční změna produktivity práce pro USA, CZE a DEU; 1971-2017 (OECD 2019a)	67

1 Úvod

Debata o vlivu technologií na trh práce se s větší, či menší intenzitou vede již bezmála 250 let. Kromě působení ludditského hnutí v 18. století, jehož členové se ve jménu dost možná mýtické postavy Neda Ludda dopouštěli hromadného a koordinovaného násilí na strojích, se však jedná o debatu víceméně akademickou. Různé osobnosti napříč historií mnohokrát varovali před tím, co se v určité chvíli začalo označovat termínem technologická nezaměstnanost – nedostatek pracovních míst v důsledku technického pokroku. Přesto se žádná z apokalyptických předpovědí nenaplnila a trh se vždy přizpůsobil. Historická zkušenost tak nahrává skeptikům, kteří zejména v průběhu třetí průmyslové revoluce a po ní označovali nové varovné hlasy za šíření ludditských bludů.

Tato debata nicméně v současné době znovu nabývá na intenzitě a hlavním mediálním proudem procházejí zprávy o tom, že automatizace připraví trh práce třeba i o 50 % pracovních míst. Není divu, že podobné zprávy znějí věrohodně – technický pokrok totiž za poslední dekádu přinesl vynálezy, které si ještě před padesáti lety dovedli představit pouze autoři science fiction. Auta se sama řídí, počítače se učí mluvit a roboti chodí a pracují. Největší pozornosti se v tomto směru dostalo studii potenciálu automatizace Freye a Osborna z univerzity v Oxfordu, na které jsou založeny nejen články v médiích, ale i národní iniciativy týkající se měnícího se trhu práce. Existují však i studie krotící přílišné obavy.

Mají pravdu techno-optimisté jako Brynjolfsson a McAfee, kteří vidí v automatizaci a digitalizaci snad úplně všeho cestu k blahobytu a dostatku, nebo techno-pesimisté rázu Roberta Gordona, kteří říkají, že zlatý věk ekonomického růst skončil před patnácti lety a čekají nás jen problémy v podobě nepříznivého demografického vývoje a stagnujícího růstu produktivity? Snahou této diplomové práce je přinést ucelený pohled na probíhající debatu představením argumentace proponentů i oponentů v historickém a současném kontextu, a za pomoci prozkoumání různých scénářů automatizace odpovědět na předloženou otázku. Vezmou nám roboti práci?

2 Cíl práce a metodika

Cílem teoretické části práce je zpracovat argumentaci nejvýznamnější účastníků debaty o vlivu technického pokroku na trh práce a na vhodných místech ji doplnit závěry jiných odborných publikací. Tato část je rozdělena na několik kapitol. Předně je zpracován historický kontext nejprve ve vztahu k průmyslovým revolucím a poté ve vztahu k termínu produktivita práce a jeho významu pro modely ekonomického růstu. Produktivitě práce se následně dostává podrobnějšího pozornosti, jelikož kolem ní se zmíněná debata točí nejvíce. Čtenář je seznámen s názory tzv. techno-optimistů a techno-pesimistů, jejichž argumenty v oblasti inovací a měření ekonomického růst jsou poté porovnány se závěry posledních studií této problematiky. Následuje shrnutí technických inovací, které jsou obecně považovány za motor nové průmyslové revoluce a za zdroj budoucí produktivity. Poté se tato práce věnuje technologické nezaměstnanosti a představení studií týkajících se potenciálu automatizace vzhledem k současnému složení pracovních míst. Poslední kapitolou je shrnutí základních poznatků stran systémového modelování.

Cílem praktické části práce je přinést odpověď na otázku, zdali nám roboti vezmou práci. Toho je dosaženo za pomoci vytvoření modelu systémové dynamiky v programu Stella Professional na základě metodiky tvorby modelu od profesora Stermana představené v kapitole 7. Tento model vychází z popisovaného problému a odráží realitu s vhodnou mírou abstrakce, která na základě skutečných dat umožňuje provedení simulací.

Dílním cílem vzhledem k modelu je navržení jeho možných rozšíření o další faktory ovlivňující problém, tedy vyjádření v jiné míře abstrakce. Návrh zůstává v teoretické rovině a je vyjádřen pomocí diagramu.

Druhým dílním cílem je za pomoci základní popisné statistiky a korelace zanalyzovat ukazatel růstu produktivity práce pro vybrané země. Jsou stanoveny dvě hypotézy o produktivitě práce:

Hypotéza 1: Míra růstu zaměstnanosti závisí na tempu růstu produktivity práce.

Hypotéza 2: Růst HDP závisí na tempu růstu produktivity práce.

3 Historický kontext průmyslových revolucí

Zdá se, že se svět v současné době mění. Techno-optimisté (Brynjolfsson a McAfee 2015) předpovídají zárnou budoucnost plnou nadbytku a blahobytu. Na druhé straně samozřejmě existují techno-pesimisté. Část z nich (Gordon 2016, Bloom et al. 2017) poukazuje na klesající produktivitu práce i výzkumu, a do jisté míry tím nepodporují myšlenku existence nové průmyslové revoluce. Druhá část (Carr 2014) uznává příchod nové technologické revoluce a zamýšlí se nad sociálními aspekty a etikou – otázkou, co pro společnost i jednotlivce znamená rostoucí závislost na technologiích a soužití s autonomními entitami. Pragmatičtí optimisté (Schwab 2016) věří ve čtvrtou průmyslovou revoluci, věnují se však především základním předpokladům a jmenují problémy, kterým společnost a instituce budou muset čelit.

Představení argumentů obou táborů budou věnovány následující kapitoly o produktivitě práce a inovacích. Ať už se ovšem akademická debata vyvíjí jakkoliv, realita je taková, že představitelé vyspělých ekonomik, potažmo příslušní národní experti, berou čtvrtou průmyslovou revoluci jako fakt a připravují se na výzvy, které s sebou přináší. Prohlubující se globalizace vede ke snaze jednotlivých států využít potenciál nových technologií a získat tak co nejlepší postavení na světových trzích. Zároveň se ale musí vyrovnat s narůstajícími socioekonomickými problémy, jako je například nepříznivá demografická situace. Objevují se i debaty zvažující nové způsoby rozdělení bohatství. Řada států již vypracovala národní plány, reagující na přicházející změny. V České republice se jedná o Národní iniciativu Průmysl 4.0. (Mařík 2016, s. 21-23)

Než bude přistoupeno k představení často protichůdných názorů a teorií v následující kapitole, bylo by vhodné tomuto tématu poskytnout určitý rámec a historický kontext. Jak se tedy technologie vyvíjela a proč se hovoří o revolucích?

3.1 Průmyslová revoluce 1.0

Pro ilustraci celospolečenského dopadu první průmyslové revoluce je nutné přiblížit si ekonomiku před počátkem 19. století.

Ačkoliv mezi soudobými historiky probíhá debata o vhodnosti použití slova *feudalismus*, či *feudální zřízení* pro popis středověké společnosti, pro potřeby této práce jde

o ekonomický systém založený na lenních vztazích – z latinského slova *feudum* neboli léno. Původní význam se týkal pozemkového vlastnictví a vztahu manů k jejich lenním pánům. Marxistická ideologie toto období definuje jako zřízení, ve kterém vládnoucí feudálové, vlastníci výrobních prostředků, vykořisťují své poddané. Tento pohled je dodnes obecně rozšířený. (Braun 2019).

Například ekonomika středověké Británie byla charakteristická zejména pěstitelstvím, chovatelstvím a následným zpracováním zemědělských produktů. Průmyslová výroba zahrnovala kovovýrobu a těžarství, dále pak zpracování textilií a usní. Důležitým odvětvím bylo také stavebnictví, sklářství a další řemeslnické profese. Obchodníci a řemeslníci se sdružovali do cechů. (Broadberry et al. 2011)

Během 16. století se začalo objevovat merkantilistické ekonomické myšlení. Spíše než o ekonomickou teorii, šlo o doktrínu, která viděla zahraniční obchod jako hlavní zdroj národního bohatství. Slovo *národní* je v tomto kontextu důležité, protože merkantilisté ztotožňovali obecné blaho s bohatstvím a velikostí monarchie. Evropské mocnosti bohatli díky zámořskému obchodu a zakládání kolonií. V průmyslu docházelo i k rozvoji manufaktur, které ovšem spoléhaly zejména na lidskou práci s využitím (relativně) primitivních strojů. (Holman 2001) Přesto tato nová organizace práce ve výrobě sloužila jako první předpoklad pro pozdější efektivní využití nových technologií a přechod k továrnímu průmyslu. (Schwab 2016)

Přestože se ekonomika evropských mocností zlepšovala a v průběhu staletí docházelo k určitým inovacím, výroba stále spoléhala především na fyzickou sílu. Ke změně došlo až využitím parního stroje. Porovnáním makroekonomických ukazatelů před zdokonalením parního stroje a poté, co síla páry začal být masivně používána, lze ilustrovat, o jak převratnou šlo událost. Profesor ekonomické historie Stephen Broadberry se svými kolegy (2011) analyzoval množství historických zdrojů a provedl odhad výkonu britské ekonomiky od roku 1200 do roku 1870. Zjistil, že před zdokonalením parního stroje nedocházelo během téměř celého tohoto období, až do začátku 19. století, skoro k žádnému ekonomickému růstu!

Přelomem se tak stal rok 1765, kdy se do dílny Jamese Watta dostal parní stroj. V té době ještě velmi neúčinný. Watt oddělením kondenzátoru páry konstrukci výrazně vylepšil – spotřeba paliva se snížila o téměř čtyři pětiny a účinnost vzrostla trojnásobně. (Morris

2010) Výroba se již nemusela spoléhat na fyzickou sílu, lidstvo bylo najednou schopné na přání vyrobit do té doby nevidané množství užitečné mechanické energie. Lidé se začali stěhovat do měst za prací a s rostoucím počtem obyvatel se zvyšovala i celková spotřeba. Jak ve své knize píše Brynjolfsson a McAfee (2015, s. 16): „*Díky tomu vznikly továrny a masová výroba, železnice a hromadná doprava. Jinými slovy, díky tomu vznikl moderní životní styl. Průmyslová revoluce uvedla na scénu první světový věk strojů.*“

Z dnešního pohledu lze první průmyslovou revoluci vnímat jako veskrze pozitivní událost, ovšem pro běžného člověka té doby se z hlediska životních podmínek příliš nezměnilo.

Na počátku devatenáctého století měli učenci jako Thomas Malthus a Arthur Young největší starost z přelidnění a z toho, že narůstající populaci nebude možné uživit. Ekonom David Ricardo sice neměl takovou starost z přelidnění, ale předpokládal, že zvýšená poptávka po potravinách zapříčiní akumulaci kapitálu v rukou vlastníků půdy, čímž se zastaví ekonomický růst. (Holman 2001)

Zhruba o padesát let později, v roce 1867, vydal Karl Marx své dílo *Kapitál* a pozornost se přesunula od otázek přelidnění a hromadění kapitálu v rukou majitelů pozemků, k otázkám dynamiky industriálního kapitalismu a hromadění kapitálu v rukou vlastníků kapitálu. Uznávaný francouzský ekonom Thomas Piketty (2014, s. 7) píše ve svém bestselleru *Kapitál v 21. století*: „*Nejvýraznějším faktem doby byla bída průmyslového proletariátu ... Pracovní den byl dlouhý a mzdy nízké. Objevila se městská bída, která byla v mnoha ohledech viditelnější, více šokující a extrémnější než venkovská bída ve starém režimu.*“¹

Nehledě na Marxovy teorie, které neobsahovaly žádnou skutečnou analýzu ekonomických procesů, a nehledě na to k jakým historickým událostem došlo na základě jeho práce, *Kapitál* podává hodnověrný popis života dělníka v období ranného

¹ The most striking fact of the day was the misery of the industrial proletariat. ... The working day was long, and wages were very low. A new urban misery emerged, more visible, more shocking, and in some respect even more extreme than the rural misery of Old Regime.

industriálního kapitalismu, tedy v období první průmyslové revoluce. Přestože Adam Smith věřil v neviditelnou ruku trhu a očekával dosažení ekvilibria bez systémových zásahů, životní podmínky dělníků byli otřesné, dětská práce v továrnách naprosto běžná a kupní síla mezd téměř stagnovala až do třetí třetiny 19. století. Jak Piketty (2014, s. 7) dodává: „*Romány Germinal, Oliver Twist a Bídníci nebyly pouze výplodem představivosti autorů.*“²

3.2 Průmyslová revoluce 2.0

První průmyslová revoluce znamenala pro lidstvo posun do doby industriální, do věku masivní výroby a rostoucí spotřeby. Ovšem i když produktivita práce začala v porovnání s dosavadní historií nebývale růst, životní standard obyvatelstva zaostával. To se změnilo až s příchodem druhé průmyslové revoluce. Americký profesor ekonomie Robert J. Gordon (2012, s. 3) podotýká, že v krátkém období mezi roky 1870 a 1900 vznikly: „*vynálezy, které přinesly největší rozdíl v životní úrovni v historii.*“³

Profesor Gordon (2012) měl namysli především vynález žárovky, spalovacího motoru, telefonu, fonografu a významné vylepšení vodohospodářství, na což poté navázaly další vynálezy. Došlo k obrovským průlomům v medicíně, chemii, biologii, fyzice a zejména v elektrotechnice.

Svobodný trh nefungoval vždy dokonale, ale fungoval. V oblastech, kde trh projevil nedostatečnou koordinaci se uplatnila standardizace, ať už vládou, či jinou institucí. Došlo ke sjednocení používaného elektrického napětí a masivní využití elektrotechniky ve výrobě. Revolucí bylo nejen zavedení kontinuální produkce, kdy se zpracovávané vstupy neustále pohybují a výroba je nepřerušovaná. Důležitější revolucí výroby byla myšlenka produkce zboží složeného ze zaměnitelných součástek, což v důsledku vedlo ke snížení poptávky po kvalifikovaných řemeslnících. Henry Ford tyto dvě myšlenky

² Germinal, Oliver Twist, and Les Misérables did not spring from the imaginations of their authors.

³ the inventions that made the biggest difference to date in the standard of living.

zkombinoval ve velkém měřítku a představil masovou výrobu komplexních produktů na pohyblivých montážních linkách. (Mokyr 1999)

Díky rozšíření nových způsobů komunikace se prohlubovala globalizace a mezinárodní obchod. Výrazného pokroku dosáhly všechny druhy dopravy, největšího pravděpodobně námořní. Nové způsoby zpracování oceli a vynález turbíny umožnily budování ocelových lodí nebývalé rychlosti a velikosti. (Mokyr 1999)

Životní úroveň se dále zvyšovala. Statistiky průměrné délky dožití a dětské úmrtnosti na počátku druhé průmyslové revoluce jsou z dnešního pohledu nepředstavitelné. Průměrná délka dožití v roce 1870 byla v Evropě 36,2 roku a v America 35,1 roku a pouze dvě třetiny dětí se dožily pátého roku života. Ke konci průmyslové revoluce se průměrná čísla zlepšila přibližně o 10 let a v roce 1950 téměř zdvojnásobila na 64,7 let, respektive 58,4. Dětská úmrtnost za stejnou dobu poklesla na průměrných cca 3,5 % v rozvinutém světě. (Riley 2005)

Ačkoliv je druhá průmyslová revoluce obecně datována zhruba do začátku Velké války, následovalo ještě množství důležitých vynálezů a změn. Městský život v Americe před Velkou krizí, tedy okolo roku 1929, nebyl úplně nepodobný tomu dnešnímu. Elektrifikace a domácí spotřebiče byly již naprosto běžnou záležitostí, stejně tak výtahy, osobní a nákladní auta, dálnice, supermarkety, vodoinstalace a městské stoky. (Gordon 2016)

Ekonomická věda tohoto období je charakteristická neoklasicismem a tzv. marginalistickou revolucí, kdy nezávisle a v krátkém časovém horizontu přišlo několik ekonomů s teorií mezního užitku. Hlavní změna oproti klasikům, kteří se zaměřovali spíše na stranu nabídky, přišla v důrazu na poptávku. Zatímco klasikové viděli společnost ekonomických tříd, kde „*kapitalista byl hlavním hrdinou*“, pro marginalisty byl ústřední postavou kapitalismu spotřebitel jako nositel ekonomických rozhodnutí a primární hybnou silou na trhu. (Holman 2001, s. 153)

3.3 Průmyslová revoluce 3.0

Počátek třetí průmyslové revoluce se datuje do doby mezi lety 1950 a 1970. Její charakteristikou je zejména přechod z mechanické a analogové technologie na technologii digitální, proto se také nazývá počítačová, nebo *Digitální revoluce*.

Vytvoření elektronického počítačového stroje mělo několik předpokladů, které jsou za hranicí rozsahu této práce. První počítače byly elektromechanické zařízení o velikosti místnosti. Například jeden z prvních počítačů ENIAC sestavený Johnem Mauchlym a J. Presperem Eckertem na Univerzitě v Pensylvánii v roce 1943 měřil 3 metry na výšku, přibližně 30 metrů na délku a vážil zhruba 30 tun. Skládal se převážně z vakuových trubice. Největším problémem architektury tohoto počítače byla nemožnost změny programu – vždy při změně úkolu na něm musely být provedeny fyzické úpravy. (O'Regan 2016)

Zřejmě nejdůležitějším milníkem pro rozvoj počítačů byl vynález tranzistoru v roce 1947. Tranzistor nahradil velké a nespolehlivé vakuové trubice a přinesl do přístrojů tolik potřebnou spolehlivost a stabilitu. Později vznikl integrovaný obvod, který spojoval tranzistory (a další komponenty) do jednoho jediného obvodu. Integrovaný obvod se stal symbolem dalšího vývoje elektronických zařízení, počet transistorů v jediném obvodu se neustále zvyšoval a výrobní cena se snižovala. Průkopníkem v této oblasti byla společnost Intel založená Robertem Noycem a Gordonem Moorem. Zatímco první integrované obvody z 60. let stály 50 dolarů a obsahovaly zhruba 6 tranzistorů, v roce 1970 už obsahovaly kolem tisícovky aktivních prvků. (Campbell-Kelly et al. 2014)

Právě Gordon Moore (1965, s. 2) v roce 1965 v článku *Cramming more components onto integrated circuits*⁴ vyslovil předpověď: „*Hustota tranzistorů při minimální ceně komponent se přibližně zdvojnásobuje každý rok ... neexistuje důvod, proč by tento poměr*

⁴ Jak nacpat více komponent do integrovaného obvodu

*neměl být ještě dalších deset let téměř konstantní.*⁵ Moore byl tázán pouze na horizont deseti let, v roce 1975 svou prognózu upravil na zdvojnásobení výpočetního výkonu každé dva roky. (Campbell-Kelly et al. 2014)

Díky neustálému zlepšování mikroprocesorů uháněl vývoj počítačů mílovými kroky kupředu. Nejsilnější superpočítač roku 1996 ASCI RED stál 55 milionu dolarů, zabíral plochu 150m² a dosahoval výpočetního výkonu jeden teraFLOPS. O pouhých 9 let později dosáhl stejného výkonu jiný počítač, byla jím herní konzole Playstation 3. Brynjolfsson a McAfee (2015, s. 55) dodávají: *„digitální rozvoj přenesl výpočetní sílu jednoho teraFLOPS z vládní laboratoře do obývacích pokojů a studentských kolejí po celém světě.“*

Během této revoluce se samozřejmě objevil také internet. Původní myšlenka propojení počítačů vzešla ze dvou potřeb. Zaprvé z potřeby robustní a efektivní vojenské komunikace a zadruhé sdílení výpočetního výkonu a informací v akademické sféře. První síť ARPANET tedy spojovala výzkumná centra čtyřech amerických univerzit a fungovala již na protokolu TCP/IP. Tento protokol byl standardizován v roce 1982 a od té doby internet rapidně expandoval. Když poté v roce 1990 Tim Berners-Lee vymyslel World Wide Web, nic už nebránilo vzniku internetu tak jak, jej známe dnes. (O'Regan 2016, Campbell-Kelly 2014)

Průmysl v období této revoluce byl charakteristický pochopitelně využitím počítačů, a to zejména k automatizování repetitivních duševních činností. Gordon (2012, s. 11) připomíná, že tato revoluce měla v průmyslu velký dopad ještě před uvedením osobního počítače na trh. *„Telefonní operátoři zmizeli v 60. letech ... bankovní a pojišťovací dokumenty byly brzo tištěné. Letecké rezervační systémy přišli v 70. letech a v roce 1980*

⁵ The complexity for minimum component costs has increased at a rate of roughly a factor of two per year ... there is no reason to believe it will not remain nearly constant for at least 10 years.

*se v maloobchodě začaly používat skenery a v bankovníctví bankomaty.*⁶ Osobní počítače s poté proměnily kancelářskou práci a rozvoj internetu přinesl e-commerce.

Až do roku 1989 probíhala Studená válka, která by se dala také (velmi) zjednodušit na souboj dvou ekonomických systémů – kapitalismu a socialismu. Ve stejné době byla ekonomická věda na západě v plném rozkvětu. Objevovalo se množství nových teorií. Jedná se o období, ve kterém působili někteří legendární ekonomové, jako například Milton Friedman, Robert Solow, Paul Samuelson, Paul Krugman. James Tobin a mnoho dalších (někteří z nich působí dodnes). Jedním z proudů bylo zhruba v polovině století nekeynesiánství. Druhým proudem o něco později Fischerova nová klasická makroekonomie. Vlivným nositelem liberálního ekonomického myšlení byla Chicagská škola. Ke konci 20. století se začala prosazovat protikeynesiánská revoluce reprezentovaná monetarismem, školou racionálního očekávání a školou strany nabídky. Tyto směry se staly základem neokonzervativní hospodářské politiky. (Holman 2001)

3.4 Průmyslová revoluce 4.0

Dřívější průmyslové revoluce byly zpočátku definovány určitou skupinou inovací, které desítky let měnily společnost a průmyslovou výrobu. Až později se na základě určitých ukazatelů utvořil úzus, že se jednalo o průmyslovou revoluci. Se čtvrtou průmyslovou revolucí je to naopak. Někteří ekonomové, experti a inovátoři věří, že k takové revoluci právě dochází, nebo by brzy mohlo dojít, a proto jsou vytvářeny iniciativy, které by na změny v tomto období měly reagovat.

Původní myšlenka Průmyslu 4.0 vznikla jako expertní vize vývoje průmyslu, kterou si nechala zpracovat německá vláda. Myšlenky nového průmyslového věku byly veřejnosti poprvé představeny v roce 2011 na veletrhu výpočetní a digitální techniky v Hannoveru. O dva roky později byla na stejném místě prezentována platforma *Industrie 4.0*, která obsahovala konkrétní informace a strategii spolkové vlády. (Mařík 2016)

⁶ Telephone operators wen away in the 1960s ... Bank statements and insurance policies were soon computer-printed. Airline reservations systems came in the 1970s, and by 1980 bar-code scanners and cash machines were spreading through the retail and banking industries.

Přestože třetí průmyslová revoluce je často nazývána digitální revolucí, většina autorů (Mařík 2016, Brynjolfsson a McAfee 2015, Schwab 2016 a další) se shoduje, že skutečná digitalizace je charakteristická pro čtvrtou průmyslovou revoluci. Podle Brynjolfssona a McAfeeho (2015, s. 68) je to „*digitalizace zhruba úplně všeho*.“ Nejlépe to dokládají odhady celkového množství světových dat, které každoročně vydává analytická společnost IDC. Zatímco v roce 2012 existovalo podle jejich odhadů 2,7 zettabytů dat, v roce 2018 toto číslo vzrostlo více než desetinásobně na 33 zettabytů. Projekce do roku 2025 je 175 zettabytů. Jeden zettabyt je 10^{27} bytu, tedy jednička následovaná 21 nulami. (Reinsel et al. 2018)

Digitální informace přitom nejsou rivalitním statkem, dají se donekonečna reprodukovat, sdílet a využívat, ovšem jejich zpracování bude do budoucna velkou výzvou. Je totiž rozdíl mezi tím mít zettabyt dat a mít zettabyt užitečných dat. Data z hlediska vědy zvyšují porozumění a umožňují ověřování hypotéz. Data ze sofistikovaných senzorů a z různých jiných zdrojů umožní vznik nových komplexních kyberneticko-fyzických firemních systémů, třeba i s umělou inteligencí, které budou schopné v reálném čase analyzovat výrobní data a optimalizovat procesy. Kromě toho analýza velkého množství dat pomůže lépe odhadovat budoucnost, ale může pomoci i lépe pochopit minulost. (Brynjolfsson a McAfee 2015)

Přechod do nové éry s sebou jako vždy v historii jistě přinese určité socioekonomické výzvy. Nelze ovšem ani spoléhat na to, že technologie za nás vyřeší výzvy, kterým již čelíme. Jak podotýká americký politolog Darell M. West (2018, s 24): „*zdá se, že vyřešení mnoha současných lidských problémů je mimo schopnosti technologie*.“⁷ Z amerického pohledu jmenuje hlavně dostupnost zdravotní péče a vzdělání, a zvyšující se míru chudoby, které si žádají hluboké systémové řešení a „*ne nutně zlepšení, či implementaci nové technologie na nových místech*.“⁸ Nové způsoby globalizované komunikace podle něj navíc zvyšují napětí ve společnosti.

⁷ Most of the big problems that face humans today are seemingly beyond the ability of technology to resolve.

⁸ ... not necessarily improving or implementing technology in yet more ways and places.

Jerry Kaplan (2015) kromě nezaměstnanosti a distribuce bohatství jmenuje i nebezpečí spojená se samotným používáním chytrých technologií a etikou autonomních strojů a umělých inteligencí. Jmenuje například rozhodování autonomních aut v případě hrozící nehody, nebo inteligentní personální asistenty, kteří na základě analýzy chování budou za člověka činit nezávislá rozhodnutí, ovšem takových příkladů může být mnoho.

Druhý věk strojů je pojem, který poprvé použili profesori Erik Brynjolfsson a Andrew McAfee (2015) ve své stejnojmenné knize. Podle nich se v období od vynálezu parního stroje až po konec třetí průmyslové revoluce měnila a vylepšovala pouze fyzická a repetitivní práce, kdežto v tuto chvíli nadchází věk, kdy se bude významně měnit práce duševní.

Popisu technologií, technologické nezaměstnanosti a distribuce bohatství jsou věnovány následující kapitoly.

4 Produktivita práce

Pro účely této kapitoly je nejprve třeba si představit některé základní pojmy. Prvním z nich je **produktivita práce**. Existuje několik definic a více způsobů měření produktivity práce, ovšem obecně se jedná o zjištění efektivity produkce. Jinými slovy jde o vztah mezi velikostí vstupů a velikostí výstupů vyjádřený přidanou hodnotou na pracovníka, nebo ještě jinak schopnost získat větší objem produkce ze stejného množství vstupů. Druhým ukazatelem produktivity je tzv. **multifaktorová produktivita** (MFP – multifactor productivity, či TFP – total factor productivity). Oproti produktivitě práce, která se počítá na pracovníka, tato se počítá z hlediska výrobních faktorů. Zvýšení produktivity práce je naprostým základem ekonomického růstu, jelikož zvyšuje **hrubý domácí produkt** (HDP). Hrubý domácí produkt je hodnota zboží a služeb vyprodukovaná na území určitého státu za rok a vyjádřená v penězích. Pro mezinárodní srovnání se také používá *HDP per capita*, což je podíl domácího produktu na obyvatele. Vyšší HDP per capita ovšem nutně nemusí znamenat vyšší životní úroveň občanů. (Henderson 2008)

4.1 Modely růstu

4.1.1 Malthusova Populační teorie

Jeden z prvních ekonomických modelů růstu byl součástí Populační teorie anglického ekonoma a učenice Thomase R. Malthuse. Bylo již zmíněno, že Malthus se jako mnozí jiní v jeho době obával přemnožení populace a toho, že takovou populaci nebude možné uživit. Jeho teorie se zakládala na myšlence, že lidé jsou nadáni potravním pudem a rozmnožovacím pudem a tato přirozená tendence „*vyvolává rychlejší růst populace, než jak rychle se mohou zvyšovat zdroje lidské obživy.*“ Jakmile populace dosáhne určitého bodu, vyčerpá své možnosti obživy a dostávají se nemoci a hladomor, což populaci opět redukuje. (Holman 2001, s. 63)

Malthus samozřejmě neměl k dispozici příliš přesné statistiky a nevěděl nic o růstu, který už v té době začínal být poháněn technickým pokrokem. Přesto nebyl příliš daleko od skutečnosti. Nárůst obyvatelstva byl pozorovatelný a jeho model velmi dobře popisoval „předrevoluční“ ekonomiku nulového součtu, kdy ekonomický růst mohl jít ruku v ruce pouze s růstem obyvatelstva, což ovšem mělo přímo za následek snížení životní úrovně. Lze si to představit tak, že jelikož množství zemědělské půdy bylo omezené a nebylo možné zvýšit produktivitu zemědělství, každý mrtvý soused znamenal pro někoho živého půdu k obhospodaření navíc. (Roser 2019)

Robert Malthus se mýlil ve své současnosti a mýlil se také v budoucím vývoji, ovšem jak dokládá graf v příloze č. 1, dost možná omylem velmi přesně popsal vztah populace a hrubého domácího produktu v ekonomice do počátku 18. století. Grafem je křivka, která ukazuje vývoj britské populace mezi lety 1280 a 1770 ve vztahu k HDP per capita. Lze například velmi dobře pozorovat, že se po epidemii černého moru ve 14. století zvýšil hrubý domácí produkt na hlavu o třetinu. Ke změně došlo právě až na počátku 18. století.

4.1.2 Model Roberta M. Solowa

Model ekonomického růstu nobelisty Roberta Solowa vychází z Cobb-Douglasovy produkční funkce, která popisuje závislost růstu produktu na růstu práce a kapitálu. Solow funkci rozšířil o třetí faktor, kterým se tato práce bude dále podrobně zabývat – *technický*

pokrok. Nový model tedy popisuje vzájemný vztah potencionálního produktu (který je kritériem ekonomického růstu) a vstupů výrobních faktorů – kapitálu, práce a úrovně technologie. Každý z těchto faktorů přispívá k ekonomickému růst, tedy při zvýšení poměru kapitálu na jednotku práce se vzroste i produkt na jednotku práce, ovšem Solow odhadl, že: „*téměř čtyři pětiny růstu produktu na pracovníka jsou v USA výsledkem technického pokroku.*“ (Holman 2001, s. 391)

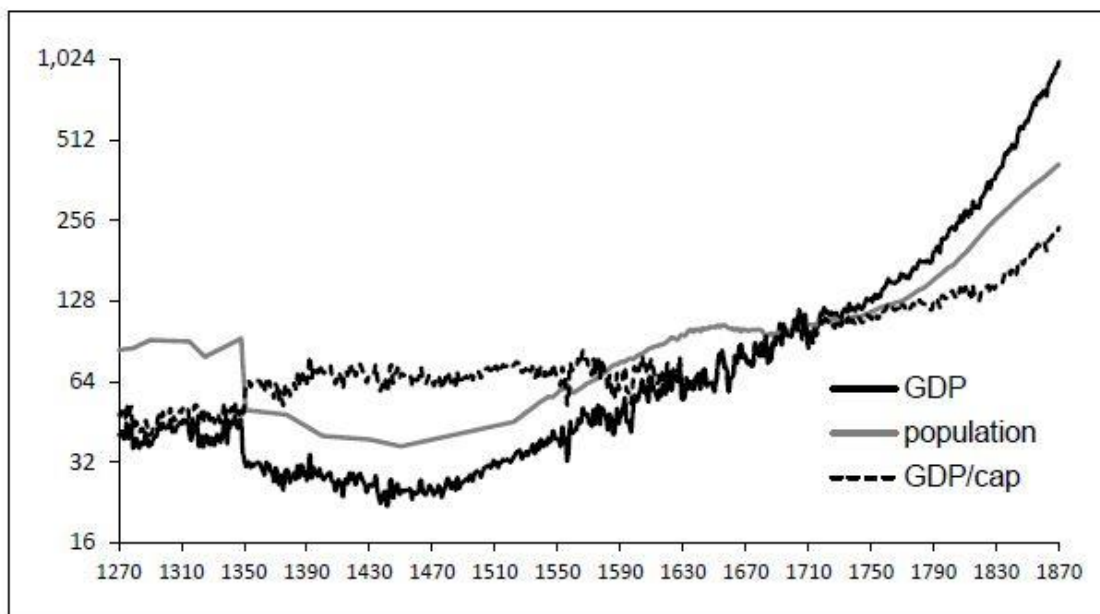
Problém Solowova modelu je v tom, že bere technický pokrok jako exogenní veličinu, pozdější Teorie endogenního růstu bere pokrok jako veličinu endogenní a snaží se tím vysvětlit přetrvávající rozdíly ve vyspělosti jednotlivých zemí. (Piketty 2014) Tato práce si ovšem neklade za cíl vyčerpávající představení jednotlivých modelů ani jejich kritické hodnocení, pro její účely je důležité, že růst pracovní síly, ani vklady kapitálu nevysvětlují významné zvýšení, či snížení produktivity práce.

4.2 Stručná historie růstu

Proč je vše výše uvedené důležité? Další slavný laureát Nobelovy ceny za ekonomii Paul Krugman (1997, s. 11) ve své knize píše: „*Produktivita není vše, ale z dlouhodobého hlediska je to skoro vše. Schopnost státu zvýšit svou životní úroveň závisí téměř zcela na schopnosti zvýšit výstup na pracovníka.*“⁹

Práce profesora Broadberryho a jeho kolegů (2011) zde již byl zmíněna. Broadberry analyzoval vývoj HDP a populace v Británii v letech 1270 až 1870. Graf 1 níže je založený na datech, která se mu podařilo nashromáždit z různých historických zdrojů, a poměrně jasně ilustruje dobu, ve které došlo k výraznému technickému pokroku. Zatímco průměrná roční změna HDP v období 1270 až 1780 byla pouze 0,3 %, v období 1780 až 1860 to bylo již 1,94 %. Spolu s tím rostla i populace.

⁹ Productivity isn't everything, but in the long run it is almost everything. A country's ability to improve its standard of living over time depends almost entirely on its ability to raise its output per worker.

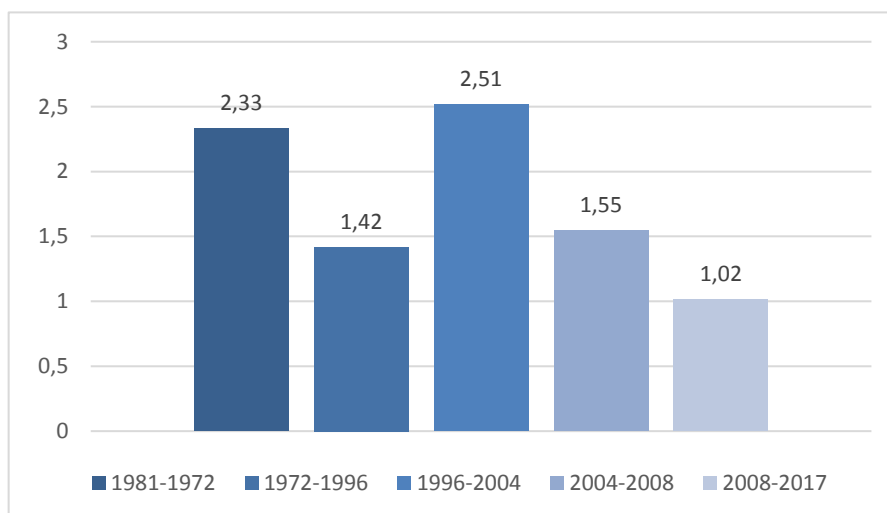


Graf 1: HDP, HDP per capita a populace ve Velké Británii 1270-1870 (Broadberry 2001)

Tento růstový trend se později udržel po celé Evropě a vedl k její nebývalé ekonomické dominanci, která se projevovala tak, že například v roce 1913 se HDP evropských států podílelo na celosvětovém HDP ze 47 %. Evropa spolu s USA v průběhů minulého století stála za světových technickým pokrokem. Produkce těchto dvou regionů se mezi lety 1900 a 1980 podílela na světovém HDP ze 70 až 80 %. Jinak řečeno, schopnost USA a evropských států zvýšit díky technickému pokroku svůj výstup na člověka vedla k tomu, že podíl na světové produkci byl třikrát vyšší než podíl populace. Podíl na světové produkci se v roce 2010 snížil na 50 % a nic nenasvědčuje tomu, že by se tento trend měl v dohledné době zvrátit. (Piketty 2014)

4.3 Současný stav

Aby bylo možné představit jednotlivé argumenty stran vývoje produktivity práce v současné době, je třeba se nejprve seznámit s výchozími daty. Jelikož se účastníci této odborné debaty zabývají zejména výkonem americké ekonomiky, i tato kapitola bude vycházet právě z údajů produktivity práce pro USA. Srovnání s daty jiných vybraných ekonomik je součástí praktické části této práce. Data použita pro vytvoření grafu 2 pro období 1972–2017 pocházejí z databáze Organizace pro hospodářskou spolupráci a rozvoj (OECD 2019a). Základem jsou hodnoty meziroční změny HDP za odpracovanou hodinu vyjádřené v procentech, kde HDP bylo měřeno v národní měně a stálých cenách. Graf zobrazuje průměr za určitá období. Hodnota průměrné produktivity práce z období před rokem 1972 je převzata z Gordona (2012, s. 13).



Graf 2: Průměr změny produktivity práce za určité období, USA (OECD 2019a, Gordon 2012, vlastní zpracování)

4.3.1 Paradox produktivity

Takzvaný *paradox produktivity* je termín, který vznikl v 70. a 80. letech 20. století a označoval nesoulad s neuspokojivým růstem produktivity práce v americké ekonomice, a rozvojem informatiky. V té době se již výpočetní výkon výrazně zvyšoval a firmy do počítačů začali investovat. Jak poznamenal Solow (1987): „*Počítačovou dobu můžete vidět všude, jenom ne ve statistikách produktivity.*“ V té době se již hospodářský růst vyvolaný technologiemi druhé průmyslové revoluce chýlil ke konci a obecně panovalo očekávání, že počítače a digitalizace na tento růst brzy naváží. To se ovšem

nestalo. Gordon (2012) dochází k závěru, že v té době počítače prostě tvořili malou část kapitálu, než aby měly výrazný celoeconomický dopad.

K podobnému závěru došel již dříve Brynjolfsson (1993, s. 12) a také uvedl předpoklad, že: „*může trvat několik let, než se klady IT ukáží ve výsledovce.*“¹⁰

Základem tohoto předpokladu je myšlenka, že průlomové technologie potřebují čas ke svému šíření skrze průmysl a společnost, a v mnohých případech také komplementární inovace, tedy vynálezy, které určitou průlomovou technologií doplní a činí ji levnější, dostupnější nebo účinnější. Často je také třeba provést změny v organizaci práce, aby lépe vyhovovaly práci s novou technologií. Z tohoto hlediska slouží jako dobrý příklad elektřina. Z historických dat produktivity je možné učinit závěr, že produktivita práce začala růst až dvě desetiletí po zavedení elektřiny do amerických továren. Jedním z důvodů může být fakt, že došlo pouze k výměně parního stroje za elektrický motor, ale pro zvýšení produktivity bylo třeba učinit i organizační změny, které přišli až s novou generací vedoucích pracovníků. (Brynjolfsson a McAfee 2015)

Z výše uvedeného je možné učinit závěr, že společnost čelí novému paradoxu produktivity, který by mohl být v příštích letech vyřešen obdobným způsobem. Syverson (2013), který analyzoval právě souvislosti mezi zpomalením růstu v druhé a třetí průmyslové revoluci ovšem odmítá interpretovat své závěry jako předpověď pro budoucnost.

4.3.2 Techno-pesimistický pohled

Prominentním zástupcem techno-pesimistů je profesor Robert J. Gordon. Ekonom zabývající se zejména produktivitou práce, růstem a nezaměstnaností. Asolvent Harvardu, Oxfordu a MIT, a žák Roberta Solowa. Jedna z klíčových předpokladů pro Gordonovy pozdější závěry je právě vymezení proti Solowovu modelu v tom, že Gordon se neztotožňuje s myšlenkou permanentního růst. V této práci již bylo řečeno, že před

¹⁰ *benefits from IT can take several years to show up on the bottom line.*

rokem 1750 nebyl téměř žádný hospodářský růst a proto „není zaručeno, že růst bude pokračovat donekonečna.“¹¹ (Gordon 2012, s. 1)

Jeden z Gordonových (2016) argumentů vychází z porovnání efektu druhé a třetí průmyslové revoluce. Zde právě přichází ke slovu historický kontext revolucí z předchozí kapitoly. Již bylo řečeno, že efekt druhé průmyslové revoluce byl pozorovatelný úplně všude – promítl se bezmála do každého aspektu lidského života od jídla, přes dopravu a bydlení, až po oblečení. Zvyšující se produktivita tedy mohla mít efekt na celou ekonomiku a tento efekt se udržel bezmála půl století. Po zpomalení v období *paradoxu produktivity* se růst mezi lety 1996-2004 vyrovnal růstu dřívějšímu a dosahoval v průměru 2,51 %. Jednalo se o krátké období vyvrcholení třetí průmyslové revoluce zásluhou internetu a rozvoje e-commerce.

Proč byl tedy tento efekt dočasný? Protože dvě třetiny výdajů běžné americké domácnosti v současné době jdou do služeb – na vzdělání, nájem, zdravotní péči a jiná vydání. Kromě toho se příliš nezměnilo ani oblečení, jídlo, doprava, nábytek a podobné výrobky. Gordon (2016, s. 612) v odpovědi na Solowův paradox doslova píše: „počítače nejsou všude. Nejíme je, neoblékáme je, nejezdíme v nich do práce a nenecháváme je stříhat nám vlasy.“¹²

John Fernald (2015) došel již dříve k podobnému závěru. Jeho výzkum se zaměřil na vztah ekonomické krize roku 2007 a zpomalení produktivity práce. Efekt ekonomické krize je u techno-optimistů často zmiňován (viz. následující kapitola) jako jeden z faktorů zpomalení. Z grafu 2 v předchozí kapitole je zjevné, že k tomuto zpomalení došlo již relativně dlouho před krizí a Fernald podává důkaz, že se tak nestalo kvůli akciovému trhu a trhu s bydlením, ale právě kvůli zpomalení růstu v průmyslu spojeném s produkcí, či využíváním IT.

¹¹ there is no guarantee that growth will continue indefinitely.

¹² computers are not everywhere. We don't eat computers or wear them or drive to work in them or let them cut our hair.

Společným narativem obou Gordonových (2012, 2016) prací je názor, že technologie posledního desetiletí se soustředila na čím dál praktičtější způsoby komunikace a zábavy, spíše než na ušetření práce. I když se tento fakt do makroekonomických statistik pravděpodobně nepromítne, nadměrné používání telefonů k osobním účelům v pracovní době produktivě spíše škodí.

4.3.3 Techno-optimistický pohled

Druhou stranou mince jsou profesori Brynjolfsson a McAfee (2015), kteří se ve své knize *Druhý věk strojů* snaží myšlenku čtvrté průmyslové revoluce zpopularizovat. Oba jsou samozřejmě vědci, a proto zjevný fakt ve statistikách produktivity práce nijak nepopírají. Jedním z jejich argumentů je právě již zmíněná analogie se zpožděným projevem investic do IT během třetí průmyslové revoluce a dokládají to daty, ze kterých vyplývá, že největší nárůst produktivity zaznamenali právě společnosti, které dříve investovali do IT. Vyzdvihují také důležitost dalších investic do nových obchodních procesů, školení a softwaru, údajně v poměru devíti dolarů na dolar za hardware. Brynjolfsson zde odkazuje na vlastní výzkum z roku 2002. Součástí tohoto argumentu ve vztahu k budoucnosti je vyzdvižení *komplementárních inovací*, tedy vynálezů, které původní technologii doplňují, zdokonalují a umožňují její využití v novém odvětví.

Brynjolfsson a McAfee (2015, s. 84) dále tvrdí, že díky masivní digitalizaci, dostupnosti dat, a zejména díky kombinování starých a nových myšlenek – tzv. rekombinantním inovacím: „*brzy vznikne doslova nekonečné množství potencionálně cenných rekombinací kousků existujících myšlenek. Omezením hospodářského růstu se potom stane limitovaná schopnost projít všechny potencionální rekombinace a určit ty skutečně přínosné.*“

Druhým argumentem je myšlenka, že na zpomalení růstu produktivity práce a tím i zpomalení růstu HDP per capita vlastně již tolik nezáleží, protože tyto metriky nejsou schopny přesně vyjádřit blahobyť, který digitalizace přinesla. Konkrétně k tomu píší: „*když se mění naše ekonomika, musí se změnit i naše metriky.*“ Pokud se druhý věk strojů soustřeďuje na revoluci myšlenek a digitalizaci služeb, a pokud tyto zvyšují lidský blahobyť, existuje celý sektor ekonomiky nezachycený v tradičních metrikách HDP. Jinými slovy jde o všechno, co má v dnešní době každý člověk s počítačem (telefonem) a internet k dispozici zadarmo. Několika kliknutími lze zadarmo získat přístup bez

přehánění k milionům hudebních skladeb, což jednak jistě zvyšuje blahobyť – ještě před 15 lety to možné nebylo – za druhé to ovšem snížilo prodeje v celém sektoru. Takových příkladů je celá řada. Asi nejvýznamnější z nich je internetová encyklopedie Wikipedia, která je vytvářena na dobrovolnické bázi a zdarma, a jedním klikem zpřístupňuje „nejméně padesátkrát více informací než *Eyclopedia Britannica*, nejobsáhlejší souhrn vědomostí ve dvacátém století.“ Existuje tedy celá řada služeb, které výrazně přispívají lidskému blahobytu, ale protože jsou zdarma, neobjevují se ve statistikách HDP, ani produktivity. Navíc pokud je podstatou druhého věku strojů revoluce myšlenek, lze předpokládat, že i společnosti budou klást větší důraz na své nehmotná aktiva. Ta je třeba nějakým způsobem vyčíslit. Do této kategorie patří mimo jiné právě obsah vytvořený uživatelem (recenze, chování, videa atd.) (Brynjolfsson a McAfee 2015, s. 109-124)

Zatímco výše zmínění autoři tomuto tématu věnovali celé dvě kapitoly, Klaus Schwab (2016), zakladatel Světového ekonomického fóra v knize *The Fourth Industrial Revolution* shrnul své argumenty k produktivitě pouze do třech bodů na dvou stranách. V prvním zdůrazňuje důležitost efektu, který by mohlo mít připojení dalších dvou miliard lidí do globální sítě. Za druhé poukazuje na fakt, že se díky technickému pokroku a do jisté míry i novým možnostem komunikace zvyšují možnosti lidstva reagovat na negativní externalitu. Konkrétně třeba na snižování uhlíkové stopy. Za třetí jmenuje, podobně jako ostatní, nepřipravenost společností a organizací na plné využití potenciálu současných technologií, z čeho činí závěr, že průmyslová revoluce je teprve v počátcích.

4.3.4 Inovace

Pokud je základem růstu technický pokrok, pak základem technického pokroku je inovace. Tento termín se může zdát poněkud abstraktní, ovšem množství vědců a studií se inovací zabývá i z empirického hlediska. Za inovaci se obecně označuje nový způsob řešení problému, ať už jde o inovaci konkrétní, např. vylepšení přístroje, nebo inovaci abstraktní, např. nové firemní procesy. Předním ekonomem v této oblasti byl rodák z Moravy Joseph Schumpeter, který představil myšlenku *kreativní destrukce*. Podle něj je technický pokrok konflikt starého a nového – významné inovace mají schopnost narušit trh a nahradit stávající myšlenky, technologie, nebo přístupy. Tím nejenže dochází

ke konkurenční výhodě ale také k celkové evoluci ekonomického systému. (Boslaugh 2019)

Jestliže je ekonomický růst závislý na technickém pokroku a technický pokrok je závislý na inovacích, přičemž Brynjolfsson a McAfee se o stav inovací neobávají – nabízí se otázka, jaká je současná situace? Stejnou otázku si položil držitel Frischovi medaile a profesor na Stanfordské univerzitě Nicholas Bloom (et al. 2017). Odpovědi zpracoval se svými kolegy v článku nazvaném *Are ideas getting harder to find?*¹³ V tomto článku redukuje celou problematiku na následující jednoduchou rovnici (1) růstového modelu založeného na myšlenkách:

$$\text{Ekonomický růst} = \text{produktivita výzkumu} * \text{počet vědeckých pracovníků} \quad (1)$$

Jako příklad lze uvést již zmiňovaný Moorův zákon. Vědcům v Intelu, Samsungu, i jiných společnostech se léta dařilo tuto předpověď dodržovat a počet tranzistorů na čip se skutečně každých zhruba 18 měsíců (což je upravený odhad) zdvojnásoboval. Přestože se zdá, že čím více se společnosti blíží k 5nm výrobnímu procesu, tím se přibližuje i hranice možného, či lépe ekonomicky rentabilního. Dalo by se tedy říci, že produktivita výzkumu v této oblasti byla v celé historii až neuvěřitelně konstantní. Bloom (et al. 2017) ovšem zjistil, že úsilí vynaložené na posouvání této hranice se s každým zdvojnásobením významně zvyšuje. Konkrétně je dnes na zdvojnásobení hustoty tranzistorů na čipu třeba 18x více výzkumníků, než v roce 1970!

Bloom (et al. 2017, s. 47) se v článku zabývá kromě informačních technologií také zemědělstvím a zdravotnictvím, a to se stejnou hypotézou založenou na endogenních modelech růstu – za předpokladu, že produktivita výzkumu v této oblasti je konstantní, je výzkumné úsilí taktéž konstantní? Docházejí k následujícímu závěru: „*produktivita výzkumu se snižuje o polovinu každých 13 let.*“¹⁴ Což v důsledku znamená, že se

¹³ Je stále těžší něco objevit?

¹⁴ research productivity falls in half every 13 years.

výzkumné úsilí v Americe musí každých 13 let zdvojnásobit pouze na udržení konstantního růst.

K podobným závěrům došel již v roce 2005 fyzik Jonathan Huebner (2005). Huebner v té době pracoval jako vědec ve zbraňové divizi výzkumného centra námořnictva Spojených států a měl tak přístup k nejnovějším technologiím z různých oblastí. Na základě svého pozorování a výzkumu určil dva limity technického pokroku – fyzikální a ekonomický. Fyzikální limity jsou logicky dány přírodními zákony, např. není možné vyrobit stroj se 100 % účinností. Ekonomické limity jsou dány rentabilitou inovace, jinými slovy lidstvo by mohlo být schopno zachovávat platnost Moorova zákona po dalších 20 let, ovšem zvyšující se náklady na výzkum by mohli přesáhnout potencionální výnosy. Jeho závěrem je, že technický pokrok bude dále zpomalovat, až se dostane na 95 % ekonomického limitu v roce 2038.

4.3.5 Metriky

4.3.5.1 HDP

Debata se tedy vede i směrem potencionálního problému v měření, což by v důsledku mohlo znamenat, že propad v růstu je pouze iluzorní. Nejběžnějším ukazatelem prosperity je DPH per capita – hodnota výroby a služeb za jeden rok dělená populací. Tento koncept je na jednu stranu velmi jednoduché pochopit, všechno ostatní ovšem už tak jednoduché není. Právě měření HDP, nebo třeba mezistátní, či historická porovnání jsou překvapivě složitou záležitostí. Existují tři metody výpočtu HDP – produkční, výdajová a důchodová. Produkční metoda je součet přidané hodnoty produkce, čímž se zamezuje dvojímu započítání výrobku do domácího produktu. Výdajová metoda sčítá výdaje na produkty a služby, v tomto případě pouze na finální. Důchodová je součtem důchodů. Jak totiž poukazuje Paul Krugman (2012): *„příjem většinou pochází z prodávání věcí sobě navzájem.“*¹⁵ (Holman 2004)

¹⁵ our income mostly comes from selling things to each other.

V teorii by se na základě předchozí odstavce mohli vytvořit dva závěry. Zaprvé všechny tři metody by se měly rovnat stejnému výsledku, zadruhé je-li důchodová metoda součtem všech důchodů, tak prosté vydělení HDP pracující populací by se mělo rovnat průměrnému výdělku. Pouze jedno z toho je ovšem pravda, výsledky tří různých metod výpočtu HDP se skutečně shodují, nicméně i tak je tato statistika nepřesná, a to hned z několika důvodů. Hrubý domácí produkt nezahrnuje množství činností, které lidé dělají jen pro sebe, nebo za naturální protislužbu. Dobrým příkladem je stavba domu svépomocí, nebo vytvoření vlastních webových stránek. Dal by se sem ovšem zahrnout právě i zmiňovaný digitální obsah vytvořený bezúplatně uživatelem, například recenze. Druhým problémem měření hrubého domácího produktu je šedá ekonomika, což jsou tržní činnosti prováděné tzv. načerno, tedy zatajené před státem zejména z daňových důvodů. Jsou to činnosti statisticky neevidované. Holman (2004) uvádí na základě různých prací 3 % - 33 % rozdílu oproti skutečnému HDP. Druhý závěr o průměrném výdělku je chybný právě kvůli povaze územní povaze metriky. Započítávají se produkty a služby vyrobené na území státu, a tedy i zahraničními společnostmi. Část výdělků je tudíž odváděna do zahraničí.

4.3.5.2 Blahobyt a spotřebitelský přebytek

Ačkoliv je HDP na obyvatele velmi často používáno jako metrika bohatství, či blahobytu občanů určitého státu, není tomu tak. Z podstaty věci je zřejmé, že prosté měření přidané hodnoty ekonomiky za jeden rok neříká vůbec nic o současném, či předchozím stavu. Na základě informací z předchozích kapitol je jisté, že předpokladem pro vytvoření velkého domácího produktu je určitá technologická vyspělost a určitá výše kapitálu. Existují však země s podobným HDP per capita, jejichž občané mají diametrálně odlišnou životní úroveň. Příkladem rozdílu produktu a bohatství jsou dva živnostníci, kteří oba vytvoří roční produkt v hodnotě půl milionu, jeden z nich ovšem živnost provozuje léta a postavil si nový dům. Produkt mají stejný, ale bohatství se liší. (Holman 2004)

S celkovým blahobytem je to ještě o něco složitější, jelikož k lidskému blahobytu přispívají i vlivy penězi těžko měřitelné. Jedná se například pocit bezpečí ve veřejném prostoru, úroveň veřejné diskuze, úroveň vzdělání, množství volného času a možnosti jeho kvalitního trávení. Jde o jevy těžko kvantifikovatelné. Provést v reálném čase obrazový hovor z Čech do Austrálie by si ještě před třiceti lety nemohl dovolit ani ten

nejbohatší člověk na světě (i když na kratší vzdálenosti to bylo možné již dříve). Dnes je to možné provést zdarma. Každý člověk s telefonem má navíc zdarma přístup k více informacím, než se mohlo Georgi Bushovi v době svého prezidentského angažmá zdát. Kromě těchto služeb zdarma je součástí blahobytu také posun v kvalitě výrobků. Z hlediska HDP je totiž úplně jedno, jakými funkcemi telefon disponuje, pokud je jeho cena (historicky přepočtena) stejná. Z hlediska blahobytu se však jedná o podstatný fakt. (Brynjolfsson a McAfee 2015)

Teoreticky je dobrým ukazatelem blahobytu je koncept *spotřebitelského přebytku*. Jednoduše se porovnává cena produktu či služby s částkou, kterou je za ní spotřebitel ochoten zaplatit. Existují lidé, kteří si svého telefonu cení například na 15 000 Kč a byli by ochotni za něj tuto částku zaplatit, přestože skutečná tržní cena je například 8 000 Kč. Vzniká tak spotřebitelský přebytek 7 000 Kč. Pokud by člověk s radostí platil 100 Kč měsíčně za používání Wikipedie, která je v tuto chvíli zdarma, vzniká mu spotřebitelský přebytek 1 200 Kč ročně. Hlavní myšlenka je následující: pokud bezplatná internetová encyklopedie nahradila drahou tištěnou encyklopedii, HDP se zákonitě snížilo. Něco takového zmíněná metrika není schopna zachytit, ovšem spotřebitelský přebytek a blahobyt se zvýšily. (Brynjolfsson a McAfee 2015)

4.3.5.3 Měření růstu

Vědecká komunita se tímto problémem zabývala, například profesor ekonomie na univerzitě v Chicagu Chad Syverson (2017), nebo David M. Byrne (et al. 2016), hlavní ekonom průmyslových výstupů americké centrální banky FED.

Syverson (2017) se zabýval hypotézou, že zpomalení růst produktivity je zapříčiněno neschopností tradičních metrik zachytit přírůstek spojený s využíváním kvalitnějších produktů a služeb využívajících nové informační technologie. Součástí hypotézy je právě předpoklad o nereflexivní spotřebitelského přebytku ze služeb zdarma. Druhou součástí je předpoklad, že ceny dostatečně nezachycují posun kvality v produktech a službách spojených s IT, důsledkem čehož jsou cenové deflátoři nadhodnocené a čistý produkt podhodnocený.

Syverson (2017, s. 2) podotýká, že: „*pokud by se růst produktivity nezpomalil, HDP v Q3 2015 by bylo při konzervativním odhadu o 2,7 bilionu* (upraveno na dlouhou škálu – pozn.

autora) dolarů (15 %) vyšší než skutečně naměřený.“¹⁶ To by odpovídalo cca 8 400\$ na každou osobu ve Spojených státech. Pokud by tedy výše uvedené hypotéza měla být pravdivá, jinými slovy, pokud chybné měření doopravdy vysvětluje zpomalení, jednalo by se o stovky miliard dolarů chybějících ve statistice HDP.

Syverson (2017) formuluje čtveřici zpochybnění této hypotézy:

1. Ke zpomalení došlo ve značném množství zemí s podobnou i značně rozdílnou technologickou úrovní, navíc nezávisle na velikosti trhu s informačními technologiemi.
2. Na základě dalších výzkumů v této oblasti se odhad spotřebitelského přebytku spojeného s internetem ve vztahu k produktivitě pohybuje řádově mnohem níže než v bilionech dolarů. Dokonce i největkorysejší odhady, které navíc započítávají i hodnotu volného času, docházejí pouze k číslu menšímu než jedna třetina zmiňované hodnoty.
3. Úprava deflátorů pro produkty spojené s informačními technologiemi by opět mohla vysvětlit pouze malou část zpomalení. Pro potvrzení hypotézy by změna musela být sedminásobná. Nejen to, ale pokud by hypotéza byla pravdivá, pak by produktivita práce v oboru ICT musela vzrůst o 363 % za 11 let.
4. Čtvrtým zpochybněním je fakt, že hrubý národní důchod od roku 2004 překonává hrubý národní produkt o průměrných 0,4 % ročně. To by vskutku mohlo naznačovat, že výplaty jsou vypláceny za produkty poskytované zadarmo, či pod cenou. Ovšem Syverson dokládá, že tento trend začal už v roce 1998 v období růstu, Navíc se na něm z větší části podílely příjmy z kapitálu, oproti právě podílu mezd.

Syverson (2017) tedy formuluje závěr zamítající tuto hypotézu. Přestože výsledky jeho výzkumu připouští možnost chybného měření, ani nejpříznivější odhady nevysvětlují více než jednu třetinu zpomalení. V realitě však mnohem méně. Byrne (et al. 2016)

¹⁶ had the measured productivity slowdown not happened, measured GDP in 2015(Q3) would be, conservatively, \$2.7 trillion (15.0 %) higher than it is.

dochází ke podobnému závěru na základě podobných argumentů. Připouští totiž, že skutečně existuje problém v měření z hlediska zachycení rapidního kvalitativního posunu produktů a služeb v oboru informačních technologií. Argumentuje ovšem, že tento problém byl ještě výraznější v době největšího růstu mezi lety 1995-2004, což by implikovalo, že růst produktivity práce je ve skutečnosti o něco větší, ovšem paradox produktivity se zhoršil! Výpočtem, který zahrnoval i ocenění času uživatelů stráveného používáním online služeb zdarma, došel ke korekci 0,3 % HDP ročně.

Podle Byrna (et al. 2016, s. 49) je nutné se zabývat myšlenkou, že „*anomálií byl právě rychlý růst mezi roky 1995-2004.*“¹⁷ Nicméně ve výsledku neztrácuje myšlenku nové vlny IT revoluce, pouze připomíná, že od roku 1970 bylo normou spíše nižší tempo růstu.

5 Současná technologie

Autoři se víceméně shodují, které technologie by měly být stěžejními nositeli tzv. čtvrté průmyslové revoluce. Darrell M. West (2018) jmenuje zejména roboty, umělou inteligenci, autonomní vozidla a internet věcí (ovšem hlavně z pohledu medicíny). Jerry Kaplan (2015) se zabývá zejména syntetickými intelekty obohacenými o množství senzorů a aktuátorů. Pro Klause Schwaba (2016) jsou to autonomní vozidla, aditivní výroba, pokročilá robotika, nové materiály a internet věcí. Brynjolfsson a McAfee (2015) se zabývají hlavně umělou inteligencí, autonomními roboty a vozidly, a big daty. Mařík (2016) jmenuje taktéž analýzu velkých dat, autonomní roboty, aditivní výrobu, cloudové výpočty a rozšířenou realitu. Jádrem je pro něj kybernetika a umělá inteligence.

5.1 Aditivní výroba

Americká standardizační agentura ASTM (nedatováno) definuje na svých stránkách aditivní výrobu jako: „*počítačem podporované projektování pro výrobu objektů vrstvu po*

¹⁷ that it was the fast-growth 1995-2004 period that was the anomaly.

vrstvě.¹⁸ Obecně je aditivní výroba známá spíše pod pojmem 3D tisk. Standardním způsobem zpracování materiálů byl až do vynalezení 3D tisku buď subtraktivní výrobní proces, nebo proces odlévání. Výrobek zpracováváný subtraktivním procesem vzniká postupným ubíráním materiálu z většího celku, což si lze nejlépe představit jako zpracování dřeva, nebo obrábění kovů. Výroba pomocí odlévání je charakteristická litím, či vstřikováním zkapalněného materiálu do formy a využívá se zejména u zpracování kovů a plastů. Naproti tomu technologie aditivní výroby umožňuje právě na základě digitálních dat (což je ovšem běžné i u moderního CNC obrábění) vytvořit objekt přidáváním jedné vrstvy na druhou. Hlavní výhodou 3D tisku je rychlá výroba složitých prototypů, které by nebylo technicky možné zpracovat subtraktivně a výroba odléváním by byla příliš časově náročná a drahá. (Mařík 2016)

Schwab (2016) vidí současné největší využití v automotive, kosmonautice a výrobě zdravotnických prostředků. Z medicínského hlediska se 3D tisku využívá hlavně k výrobě zubních implantátů, v menším měřítku pak pro výroby ortopedických implantátů. Největší výhodou je možnost rychlé výroby přímo ve zdravotnickém zařízení na míru pro konkrétního pacienta.

Gordon (2016) vidí největší výhody právě v rychlém a levém prototypování, což by ve výsledku mohlo napomoci menším firmám a start-upům ve shánění počátečních financí, jelikož by odpadla nutnost časově a finančně náročného designování. Ačkoliv uznává také medicínské využití, výrazný efekt na způsob masové výroby produktů neočekává.

5.2 Autonomní vozidla

Velká pozornost všech autorů se věnuje právě autonomním vozidlům, což jsou vozidla schopná samostatného pohybu v běžném provozu. Podle standardu J3016 vydaného asociací SAE International (2018) existuje pět stupňů automatizace řízení. Z toho první dva stupně obsahují dnes už poměrně běžné prvky podporující řidiče. Ten ovšem musí

¹⁸ computer aided design to build objects layer by layer.

neustále provádět veškeré úkony nutné k řízení. Zbylé tři stupně už se zabývají opravdovou automatizací vozidla. Konkrétní rozdělení je následující:

Stupeň 0 – vozidlo poskytuje informace, nebo časově omezenou asistenci, např. nouzové brždění.

Stupeň 1 – vozidlo automaticky provádí některé funkce, např. aktivní udržování v jízdním pruhu, nebo mírné brždění/akceleraci. Vždy vykonává pouze jednu z těchto funkcí. Řidič musí být připraven zasáhnout do řízení – ruce na volantu.

Stupeň 2 – vozidlo automaticky provádí stejné funkce jako ve Stupni 1, ovšem je schopno tyto funkce kombinovat a používat všechny najednou. Řidič musí kontrolovat činnost vozidla a být připraven zasáhnout do řízení.

Stupeň 3 – vozidlo za určitých omezených podmínek přebírá plnou kontrolu, např. na relativně rovné dálnici za vhodného počasí. Nebude fungovat, pokud podmínky nejsou splněny. Řidič se nemusí věnovat řízení, ovšem na upozornění systému musí být připraven ho převzít.

Stupeň 4 – vozidlo je s výjimkou „extrémních“ podmínek schopno autonomního řízení. Pokud řidič nereaguje na výzvu k převzetí řízení, vozidlo je schopno bezpečně zastavit.

Stupeň 5 – vozidlo je schopno plně autonomního řízení za všech podmínek.

Zatímco některé prvky z nižších stupňů této škály jsou již běžnou a částečně i povinnou výbavou (např. systém krizového brždění) nových automobilů, dosažení plné samostatnosti stále čelí mnohým problémům. Předpokladem plně autonomního řízení je nutnost zpracovávat v reálném čase nesmírné množství dat z množství senzorů, a na základě těchto dat poté provést přesná rozhodnutí, což si žádá masivní výpočetní výkon. Nejenže řídicí jednotka zabírá veškerý užitečný prostor, i její napájení se ukazuje jako velmi náročné. Pozornost je třeba věnovat i softwarovým problémům, počítačový odborníci totiž upozorňují, že přísně vzato Google Car vlastně nejezdí po silnici, ale po mapě. Současný systém funguje na principu porovnávání velice přesných map – které obsahují přesnou polohu silnic, značek, světelných signálů a překážek – s reálnými daty ze senzorů. V nepříliš složitých podmínkách umí bržděním a zatáčením reagovat na ostatní auta, chodce a jiné překážky, ovšem při výraznější změně je nutné, aby řidič převzal

kontrolu. Příkladem takové změny je například policista řídící dopravu, s čímž si autonomní vozidlo neumí poradit. (Autor 2015, Pendleton et al. 2017)

Jak ve své práci o autonomních vozidlech podotýká Scott Drew Pendleton s kolegy (2017, s. 37): „*k vyřešení stále existují náročné výzvy, a to nejen v oblasti zlepšování samořídících schopností autonomních vozidel, ale také z hlediska zajištění bezpečnosti, spolehlivosti a jejich sociální a legální přijatelnosti.*“¹⁹

K masivnímu rozšíření autonomních vozidel ještě zbývá vyřešit množství problémů. Obecně se však předpokládá, že by se tak mohlo stát v příštích 20 letech – za předpokladu, že se podaří vyřešit etické a legální otázky a za předpokladu, že spotřebitelé budou ochotni si taková vozidla pořídit. Jaké benefity by rozšíření autonomních vozidel mohlo mít? Kromě redukce počtu smrtelných nehod jde z hlediska osobní dopravy spíše o zvýšení životní úrovně spojené s předpokládaným rozvojem tzv. carsharingu neboli sdílení aut. Menší počet aut totiž povede nejen ke zlepšení životního prostředí a bezpečnosti, ale i k větší efektivitě silniční sítě a snížení poptávky po parkovacích místech. (Pendleton et al. 2017)

Ačkoliv Gordon (2016) uznává všechny výše zmiňované benefity pro životní úroveň, nečeká v důsledku rozvoje autonomní osobní dopravy velké výhody pro růst produktivity práce. Potencionální efekt by mohla mít autonomní nákladní doprava, ovšem vyžadovalo by to reorganizaci práce, jelikož dovézt zboží z místa A do místa B je jen polovina řidičovi práce.

5.3 Big data

V jedné z předchozích kapitol již je řečeno, že lidstvo od počátku digitalizace vygenerovalo ohromné množství dat a toto množství se s aplikací internetu věcí, různých senzorů a připojováním nových uživatelů do sítě bude dále zvyšovat.

¹⁹ *there are still difficult challenges that have to be solved to not only increase the autonomous driving capabilities of the vehicles, but also to ensure the safety, reliability, and social and legal acceptability aspects of autonomous driving.*

Big data je široký termín, který zastřešuje jak strukturu sbíraných dat, tak jejich následnou analytiku a služby s nimi spojené. V zásadě se jedná o taková data, u kterých je využití tradičních statistických technik a softwarů problematické. Právě samotná data jsou nejčastěji definována jako 3V – z anglického *volume*, *variety* a *velocity*. Volume neboli objem popisuje právě obrovské množství dat, která navíc mohou být jak strukturovaná, tak nestrukturovaná. Variety neboli různorodost označuje původ dat z různých zdrojů, ať už jsou to kromě tabulek i texty, nebo třeba videa a zvuky. Velocity neboli rychlost znamená, že data vznikají průběžně a je často nutné jejich okamžité zpracování. (Alharthi et al. 2017)

Lee (2017) se zabýval analýzou poměrně krátké historie big data z hlediska definice, evoluce, dopadu na trhy a očekávané budoucí výzvy. Zjistil, že zatím největší dopad měla analýza velkých dat na marketing, cenotvorbu, snižování nákladů a zlepšení zákaznických služeb. Jde vesměs o data sesbíraná z internetu a sociálních sítí, díky kterým je možné analyzovat chování velkého množství lidí z hlediska nákupních preferencí, zájmů, vyhledávání a chování na internetu, názorů atd. Informace z těchto dat poté pomáhají lépe zaměřit a personalizovat marketingové akce a reklamy, nebo pomáhají bankám lépe odhadovat úvěrové riziko. Společnosti využívají big data pro optimalizace dodavatelského řetězce a pro lepší projekce poptávky.

Průzkum provedený společností McKinsey (Gottlieb a Rifai 2017) toto pozorování potvrzuje. Největší přínos analýzy velkých dat ve firmách byl právě v obchodu a marketingu, kdy 50 % dotázaných odpovědělo, že analýza velkých dat zásadně změnila jejich klíčové procesy a postupy. Stejný poměr se projevoval mezi firmami napříč odvětvími. V jedné třetině firem přinesla analýza velkých dat klíčové změny ve výzkumu a vývoji s tím, že největší podíl firem byl v energetice, průmyslu vyspělých technologií, zdravotnictví a vývoji materiálů.

Podle Maříka (2016) se big data bude v budoucnu rozvíjet směrem zpracování dat pomocí strojového učení v reálném čase. Cílem je získávat informace právě o obchodu, logistice, výrobě a dopravě, ale spolu se schopností zpracovávat statické a dynamické obrazy lze nalézt využití i např. v bezpečnosti a medicíně. Jako konkrétní soudobou aplikaci jmenuje Mařík řízení elektrických sítí, což je ve střední Evropě kvůli

přechodu Německa na těžko předvídatelný výstup obnovitelných zdrojů čím dál větší výzvou.

5.4 Autonomní roboti

Jedním ze dvou největších obecně citovaných nebezpečí pro zaměstnanost jsou levní autonomní roboti, kteří by byli univerzální a schopní provádět celou řadu různorodých činností bez přestávek a s nižšími jednotkovými náklady práce než lidé. Jaká je tedy situace okolo autonomních robotů? Běžní roboti ve výrobě se začali objevovat v roce 1961 ve Spojených Státech, kde je představila společnost General Motors. Průlom pro výrobu ovšem nastal v roce 1969, kdy byla spuštěna první linka na robotické bodové svařování karoserií, což jednak zvýšilo produktivitu, ale hlavně nahradilo poměrně nebezpečnou práci stroji. Průmysloví roboti se od té doby dále zlepšovali v oblasti navigace a přesnosti, kontrolních systémů, vzdálené diagnostiky, velikosti i užité zátěže. Přesto jde stále o stroje s úzkým zaměřením, které automatizují jednu relativně jednoduchou činnost, na kterou jsou naprogramovány. Navíc ve stálém prostředí. (Ifr.org nedatováno)

Dnešní továrny jsou vysoce automatizované za pomoci úzce specializovaných industriálních robotů, kteří jsou vzdáleni jakékoli autonomnosti. Důvodem, proč se i přes rapidní posun ve výpočetním výkonu a dekadám výzkumu robotiky zatím příliš nedaří vyvinout skutečně univerzální roboty, kteří by samostatně prováděli různé pro člověka běžné mechanické činnosti je tzv. Moravcův paradox. Ten byl formulován již v 90. letech odborníkem na robotiku Hansem Moravcem, který si všiml, že je jednoduché vyrobit počítač, který porazí lidi v testech inteligence, ale těžké mu dát vnímání a pohyblivost jednoletého dítěte. Zatímco šachový program na telefonu dnes běžně poráží šachisty světové úrovně, motorické a kognitivní dovednosti vyžadují obrovský výpočetní výkon. (Brynjolfsson a McAfee 2015)

Brynjolfsson a McAfee (2015) jsou ve své knize nadšení z robota jménem Baxter a dokonce uvádějí, že tento robot je výzvou právě Moravcovu paradoxu. Baxter je univerzální robot vyvinutý bývalým profesorem robotiky na MIT, který odešel z akademického prostředí aby v roce 2008 založil společnost Rethink Robotics. Jeho cílem bylo vytvořit levného univerzálního robota, který by vnímal své okolí a nemusel

být k provádění činnosti programován odborníkem. Proces „programování“ je prováděn jako učící proces, kdy operátor uchopí robotovu paži a provede s ní pohyb, který by robot měl poté replikovat.

Přestože tento robot vypadal velmi slibně, společnost Rethink Robotics musela v roce 2018 skončit po dlouhodobém komerčním neúspěchu, kdy nakonec nenašla investory pro další financování. (Crowe 2018)

Moderní roboti našli kromě pásové výroby uplatnění zejména v logistice. Znáмым a často citovaným příkladem technického pokroku v robotice je společnost Amazon. Jejich roboti Kiva jsou využíváni pro pohyb zboží po skladech. Sklad se namísto fixovaných regálů skládá z menších přenosných regálů, které jsou poté pomocí robotů přesouvány podle potřeby. Roboti nejsou ve skutečnosti autonomní a mají nulové rozpoznávací schopnosti vzhledem ke zboží – pouze na příkaz převezou požadovaný regál k lidským pracovníkům. Přesto fungují rychle, bezpečně a efektivně. Podobnou technologii používají i některé čínské společnosti, jako například Alibaba. (Gordon 2016)

5.5 Umělá inteligence

Nejprve je třeba si pojem umělá inteligence vymežit. Veřejnost si totiž nejčastěji pod umělou inteligencí představí skutečně inteligentní a uvědomělou entitu, jinými slovy osobnost. Přestože jde o myšlenku populární, která často vyvolává obavy a etické diskuze, současná technologie je vytvoření něčeho podobného stále vzdálená. Dalo by se dokonce říci, že jde o okrajový zájem výzkumu. Historicky bylo publikováno množství různých definic umělé inteligence, které k ní přistupovali z různých úhlů. Obecně by se přístupy k umělé inteligenci daly rozlišit na čtyři kategorie, přičemž se definice dělí podle myšlenkových procesů, či chování a podle cíle na lidské, či racionální. Tyto čtyři kategorie jsou tedy umělé inteligence, které buď přemýšlejí lidsky, nebo racionálně, či se chovají lidsky, nebo racionálně. Lidské přístupy je částečně založen na empirických datech a částečně na pozorování, kdežto racionální přístup je založen na matematice a inženýrství. (Russell a Norvig 2016)

Existují pokusy o vytvoření obecné umělé inteligence, tzv. AGI (Artificial General Intelligence), která by obsahovala univerzální algoritmus schopný působení a učení v jakémkoliv prostředí, ovšem v dnešní době jsou umělé inteligence zaměřeny spíše

velmi specificky na řešení určitého problému. Historicky se také rozvíjely různé přístupy k řešení. Jedním z nich jsou neuronové sítě, které se snaží řešit UI jako biologickou strukturu spojenou z neuronů. Jedná se spíše o framework, než algoritmus a může být využit ve strojovém učení, či pro rozpoznávání vzorů. Právě aplikace neuronových sítí v rozpoznávání vzorů je základem tzv. data miningu. Dalším přístupem jsou tzv. multiagentní systémy složené z jednotlivých inteligentních agentů. Tyto systémy se v současné době projevují zejména na internetu buď jako chat-boty, vyhledávače, nebo různé agregátory. Jsou s použitím znalostí z teorie pravděpodobnosti, teorie řízení a ekonomiky schopny pracovat i s nekompletními daty, a tedy s nejistotou. (Russell a Norvig 2016)

Podle Flasiňského (2016) se současný výzkum soustředí zejména, na kognitivní inteligenci, a právě emoční a sociální inteligence je opomíjena. Současné metody tedy do určité míry simulují různé lidské kognitivní schopnosti a jsou spojeny se znalostními modely. Flasiňski na základě kognitivních schopností rozděluje následující oblasti aplikace:

Vnímání a rozpoznávání vzorů – inteligentní jednání do velké míry závisí na schopnosti vnímat okolí. U lidí existuje pět smyslů, ovšem UI ve většině případů vnímá pouze obrazové a zvukové vjemy v podobě signálů. V tomto oboru se využívá množství konvenčních technologií. Výzvou pro UI je poté interpretace signálů, identifikace vzorů a porozumění, což lze využít například v pokročilé zdravotní diagnostice.

Reprezentace znalostí – inteligentní systém by měl být na základě vnímání schopný získávat znalosti a prostředí a poté tyto znalosti využít. Toto odvětví se tedy zabývá zejména různými modely získávání, skladování a využívání znalostí.

Řešení problémů – umělá inteligence schopná na základě obecných metod řešit obecné problémy ještě nebyla vyvinuta. Obor byl proto rozdělen na množství sub-systémů zabývajících se např. plánováním, rozhodováním, či dedukčním uvažováním.

Dedukční uvažování – vytváření závěrů na základě pravidel a použití matematické logiky.

Rozhodování – právě podpora rozhodování byla jednou z prvních aplikací UI ve formě expertních systémů. Využívá se opět celá řada přístupů založená například na explicitních pravidlech, rozpoznávání vzorů a statistice, nebo neuronových sítích. Cílem je buď doporučit jedno řešení problému, nebo nabídnout několik s určitými pravděpodobnostmi.

Plánování – tento obor je pro UI zvláště problematický zejména proto, že ve skutečném světě lze někdy těžko odhadnout všechny důsledky jednotlivých kroků plánu, systém proto musí predikovat s velkou přesností v reálném čase a za měnících se okolností. Americká armáda využívala plánovacího softwaru DART při invazi do Iráku.

Zpracování přirozeného jazyka (Natural language processing) – se zabývá zpracováním a interpretací jak psaného, tak mluveného slova, a to z hlediska syntaxu i sémantiky. Využívá se nejen v překladatelství, ale kromě dalších činností i v rozpoznávání spamu.

Učení – učením se rozumí v podstatě získávání zkušeností, díky kterým systém mění svůj vnitřní stav. Tento proces souvisí velmi úzce s ontologickými modely a to tak, že by systém měl nejprve ontologii vytvořit a poté transformovat. V transformování ontologií vytvořených lidmi jsou dnešní systémy poměrně dobré, ovšem nejsou schopny je vytvořit.

Manipulace a motorika – tato aplikace je složitá zejména kvůli nutnosti spoléhat na celou řadu různých technologií z různých oborů. Pro výrobu mobilních robotů je třeba pokročilé mechaniky, elektroniky, kybernetiky a celou řadu senzorů a aktuátorů. Dnešní roboti se uplatňují zejména v armádě, u záchranných operací a v medicíně. Přestože v tomto směru jsou velké pokroky, je často třeba operátorů. (Flasiński 2016, Russell a Norvig 2016)

6 Trh práce

Trh práce je místo, kde se obdobně jako na každém trhu střetává nabídka s poptávkou. V tomto případě poptávka po práci a nabídka práce. Tento trh je značně heterogenní, což znamená, že existuje množství schopností, kvalifikací, požadavků a podmínek, které zajišťují rozdíly mezi mzdami. Teorie popisuje tendenci vyrovnávání mzdových rozdílů, ovšem některé profese buď vyžadují více tzv. lidského kapitálu, nebo jsou

prováděny ve ztížených podmínkách, díky čemuž mzdové rozdíly přetrvávají. Trh práce je trhem nedokonalým. Protože z pochopitelných důvodů nemají lidé hledající zaměstnání informace o všech volných pracovních místech a zaměstnavatelé nemají informace o všech lidech hledající zaměstnání, vzniká situace, kdy někteří lidé jsou bez práce a některá místa nejsou obsazena. To se projevuje jako nezaměstnanost. Měření nezaměstnanosti je v praxi poměrně složitou záležitostí. Jedním ze způsobů měření je výpočet na základě nezaměstnaných registrovaných na úřadu práce, což ovšem pochopitelně vylučuje neregistrované, kteří přesto práci hledají. Druhým způsobem je šetření prováděné Českým statistickým úřadem. (Holman 2004)

Člověk, který práci nemá a aktivně si ji nehledá, není nezaměstnaný, ale ekonomicky neaktivní a neměl by tak být zahrnutý ve statistikách nezaměstnaných. Aby člověk v produktivním věku byl počítán mezi nezaměstnané nesmí mít žádný formální vztah k zaměstnavateli a musí být schopna nastoupit do dvou týdnů. (CZSO.cz nedatováno)

Rovnovážný stav, kdy stejný počet lidí ztrácí a nalézá práci se označuje jako přirozená míra nezaměstnanosti. Podle Holmana (2004) se přirozená nezaměstnanost skládá a rozlišuje podle její příčiny na tři druhy: frikční, strukturální a dobrovolnou.

Frikční nezaměstnanost je přirozená a vyplývá právě z nedokonalosti trhu práce, kdy zaměstnanec dobrovolně odchází ze zaměstnání a jako jeho nezaměstnanost se počítá právě prodleva před nalezením nového zaměstnání. Tuto dobu může prodloužit tzv. pojištění v nezaměstnanosti. **Strukturální nezaměstnanost** vzniká v důsledku nesouladu poptávky a nabídky. Jak se vyvíjí ekonomika, vyvíjí se i trh práce. S tím, jak některé odvětví rostou a jiná zanikají, část nezaměstnaných není schopná sehnat práci odpovídající jejich dovednostem a je třeba rekvalifikace, nebo stěhování. (Mankiw 2016)

Dobrovolná nezaměstnanost je spojená právě se zmíněným pojištěním v nezaměstnanost a štědrým sociálním státem. Podle Mankiwa (2016) je tento fenomén, kdy se lidé naučili zneužívat systém dávek a nechťejí být ve skutečnosti zaměstnaní, spojen více s některými Evropskými zeměmi než třeba se Spojenými státy. Některé státy Evropy totiž umožňují využívat podpory v nezaměstnanosti i léta a lidé tak nejsou nuceni vzít zavděk méně atraktivní a třeba i špatně placenou práci. Tento fenomén je spojen i s pracovní polarizací kvůli větší poptávce po méně kvalifikovaných zaměstnancích v době zvyšující se automatizace. Snížení podpory by vedlo k větší

zaměstnanosti, ovšem lidé by byli nuceni nechat se zaměstnat za nízkou mzdu, což by zvyšovalo nerovnost ve společnosti.

6.1 Technologická nezaměstnanost

Může technologie vést k nezaměstnanosti? Otázka, která je stěžejním motivem této práce není předmětem vzrušených a často i vyostřených debat pouze od počátku skutečného technického pokroku v 18. století, ale zabývali se jím i předchozí generace lidstva přes středověk až po starověké Řecko a Řím. Jak vyplývá z kapitoly popisující Malthusovský model růstu, tyto obavy právě před skutečnou průmyslovou revolucí nebyly opodstatněné, jelikož dřívější technický pokrok vyústil vždy pouze v jednorázové zvýšení populace. Snad nejslavnější „vzpouora“ proti strojům se udála na počátku 19. století, kdy vzniklo hnutí anglických dělníků a řemeslníků s názvem Luddité. Ti ničili zejména tkalcovské stroje, které byly vnímány jako zdroj jejich bídy. (Brynjolfsson a McAfee 2015)

Klasičtí ekonomové té doby již začínali chápat, že efekt strojů na zaměstnanost je pouze krátkodobý. Teorie říkala, že pokud dojde k nasazení strojů připravujících zaměstnance o práci, v dlouhém období bude jednak potřeba více zaměstnanců na výrobu oněch strojů, za druhé pak dojde k navýšení poptávky skrze snížení cen a tím dojde i k růstu zaměstnanosti. Chování Ludditů ovšem nelze jednoznačně odsoudit. Přestože podle klasické ekonomie měli nakonec být dělníci za rozšíření strojů a krátkodobou ztrátu práce kompenzováni – a z dnešního pohledu se to rozhodně stalo – bezprostřední účinky na pracující byly bezesporu devastující. (Campa 2018)

Důležitým milníkem v historii teorie technologické nezaměstnanosti bylo období před a po Velké hospodářské krizi a práce ekonoma John M. Keynese. Základem pro jeho uvažování bylo zejména pozorování, že pracovní doba dělníků má tendenci se postupně snižovat. Běžná pracovní doba v průmyslu na počátku 19. století byla více než 11 hodin denně, 6 dní v týdnu. V půli 19. století se pracovní doba na dlouhá léta ustálila na 10 hodin denně a 6 dní v týdnu. Na počátku 20. století to bylo 8 hodin denně a 6 dní v týdnu, až se pracovní týden ustálil na 40 hodinách týdně kolem roku 1940. Keynes v roce 1931 predikoval – z dnešního pohledu zcela chybně – že díky růstu produktivity bude mít typický pracovní týden 15 hodin. (Gordon 2016) Jeho pojetí technologické

nezaměstnanosti bylo tedy pozitivní v tom smyslu, že je pouze dočasná a lidé budou v budoucnu pracovat méně za stejný plat. (Campa 2018)

Diskuse o technologické nezaměstnanosti se od té doby vedou stále, někdy s větší a někdy s menší intenzitou. V období po velké hospodářské krizi a po válce načas spadlo toto téma na okraj, aby se poté do popředí zájmu dostalo v 50. a 60. letech, kdy „*produktivita rostla tak rychle, že by mohla převýšit poptávku po pracovní síle.*“²⁰ Tyto obavy se ukázaly jako neopodstatněné, ovšem vládě Lyndona B. Johnsona bylo jako opatření doporučeno stanovit minimální mzdu a změnit politiku v oblasti vzdělání a zaměstnávání. (Autor 2015, s. 4)

Debatu o technologické nezaměstnanosti oživil právě Brynjolfsson a McAfee (2015) v knize Druhý věk strojů.

6.2 Vztah automatizace a (ne)zaměstnanosti

Většina technologií vztahujících se nějakým způsobem k výrobě produktů či poskytování služeb je vytvořena nejen za účelem zvýšit produktivitu, ale dalo by se také říci, že cílem je ušetřit práci. Tak jako knihtisk nahradil pomalé ruční přepisování manuskriptů, výpočetní technika nahradila množství zaměstnání spojených s kalkulováním. Lidé byli dlouho schopni nahradit fyzickou práci a posledních několik dekad jsou schopni nahrazovat i duševní práci. Proč tedy stále existuje takové množství zaměstnání?

Podle Autora (2015, s. 6) je vysvětlení poměrně přímočaré a často přehlížené: „*úkoly, které nemohou být nahrazeny automatizací jsou jí většinou doplňovány.*“²¹ Proces individuální práce, ať už je realizována ve výrobě, či službách se vždy skládá z určitého souboru vstupů, které se neomezují pouze na svaly a mozek. Lidští zaměstnanci jsou samozřejmě schopni repetitivní manuální, i repetitivní duševní práce, ovšem také kreativity. Využívají intuici, inspiraci a vlastní úsudek, jsou vnímaví a flexibilní. Těchto

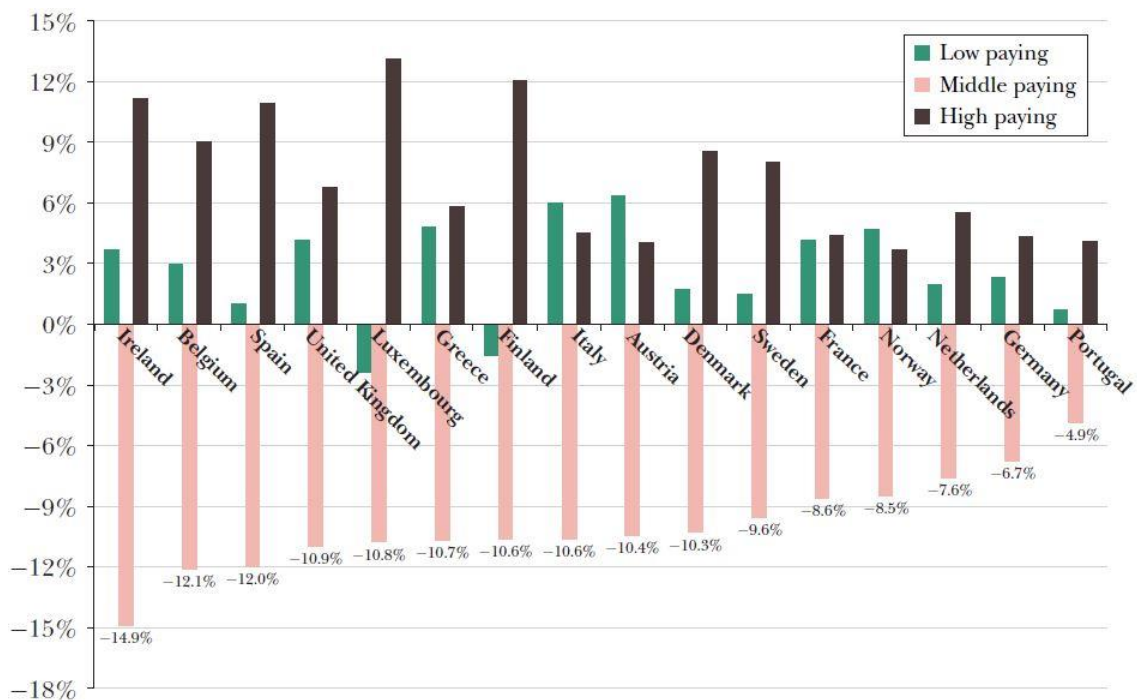
²⁰ productivity was rising so fast it might outstrip demand for labor

²¹ tasks that cannot be substituted by automation are generally complemented by it

vstupů je v pracovním procesu celá řada a všechny jsou stejně důležité. Pokud je tedy díky automatizaci jeden z těchto vstupů nahrazen, neznamená to, že by ostatní byly najednou nepotřebné – naopak se zvyšuje jejich ekonomická hodnota.

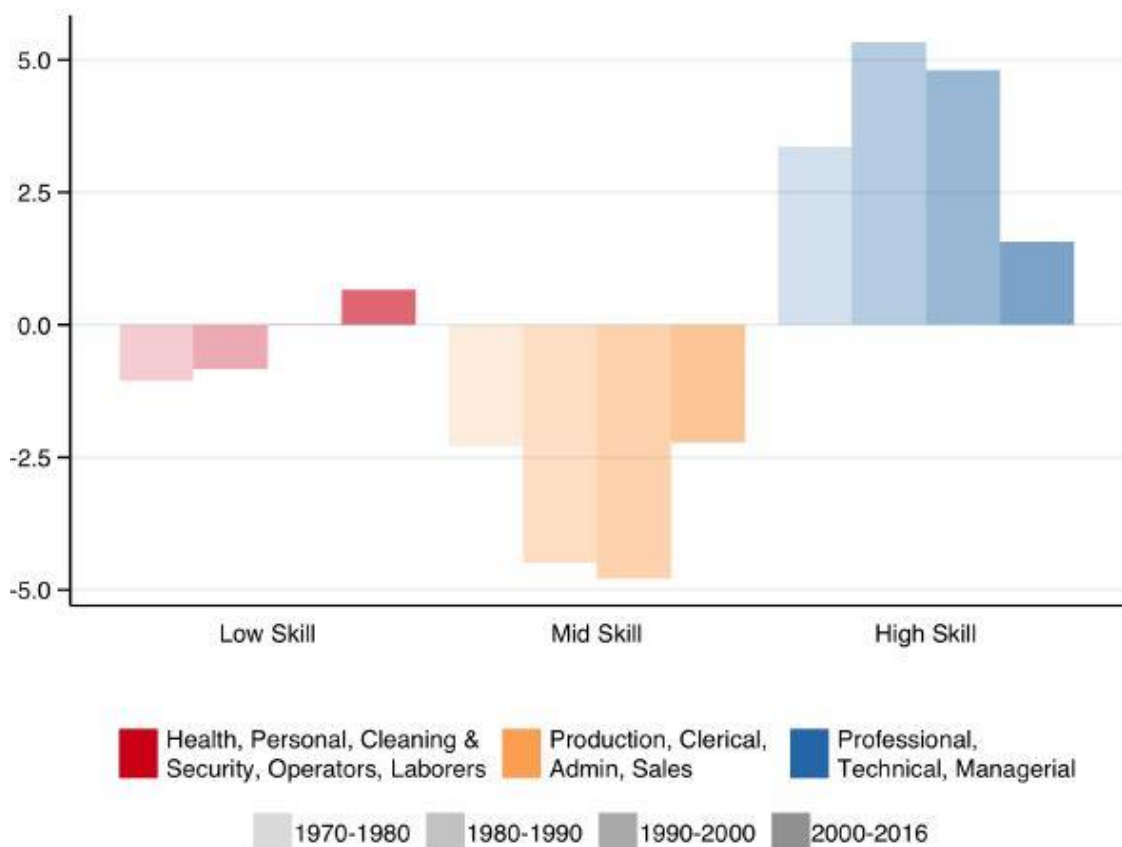
Přestože toto může znít pro lidské pracovníky velmi optimisticky, efekt technologií na trh práce byl vždy značně disruptivní. To znamená, že se často dost rapidně měnily požadavky na vzdělání a schopnosti a docházelo ke strukturální nezaměstnanosti v důsledku růstu a zániku různých odvětví ekonomiky. Měnily se také mzdy. V průběhu třetí průmyslové revoluce se ovšem začal objevovat trend, který Goose (et al. 2014) označuje jako pracovní polarizace. Tento trend je způsoben automatizací a offshoringem, a proto je typický právě pro velmi vyspělé ekonomiky. V důsledku těchto dvou vlivů dochází k zániku výrobních a administrativních pozic s rutinní náplní a požadavky na průměrné, či „střední“ schopnosti a vzdělání. Naopak se zvyšuje podíl zaměstnání velmi náročných na vzdělání a schopnosti a podíl zaměstnání s nízkými požadavky. Důsledkem je právě i zvyšující se nerovnost distribuce bohatství, jelikož mizí střední třída a přibývá lidí, kteří jsou placeni velmi dobře a lidí, kteří jsou placeni špatně.

Graf 3 níže ukazuje trend polarizace na příkladu šestnácti zemí Evropy. Za období 1993 až 2010 došlo mezi těmito zeměmi k průměrnému propadu o 9,95 % ve středně výdělečných zaměstnáních (růžová) s nejnižší změnou -4,9 % v Portugalsku a nejvyšší v Irsku s -14,9 %. Zároveň ovšem došlo k plné kompenzaci v zaměstnáních s nízkým výdělkem (zelená) a zaměstnání s vysokým výdělkem (hnědá). Z tohoto grafu lze také vyvodit, že poptávka se přesouvá výrazněji směrem k náročnějším a lépe placeným zaměstnáním. (Autor 2015)



Graf 3: Změna zaměstnanosti podle úrovně mzdy v 16 zemích EU, 1993-2010 (Autor 2015)

David Autor (2019) na toto téma navázal ve své práci z roku 2019. Graf 4 na následující straně ukazuje dynamiku popisované změny v USA ve čtyřech obdobích od roku 1970 až po 2016. Zaměstnání s nízkou kvalifikací (červená) jsou manuální pracovníci obecně, pracovníci v úklidu a bezpečnosti, operátoři ve výrobě a někteří zaměstnanci ve zdravotnictví a osobní péči. Zaměstnání vyžadující střední kvalifikaci (oranžová) jsou rutinní kancelářská a administrativní zaměstnání, a místa ve výrobě a prodeji. Poslední skupinou zaměstnání náročných na kvalifikaci (modrá) jsou technici, profesionálové a manažeři. Z této dynamiky jasně vyplývá, že největší změny se udály právě v důsledku třetí průmyslové revoluce v letech 1980–2000. Od té doby se polarizace výrazně zpomalila. Velmi pozitivní zprávou je, že většina nových zaměstnání vznikla právě mezi dobře placenými pozicemi.



Graf 4: Změna zaměstnanosti podle schopností v USA v období 1970-2016 (Autor 2019)

6.3 Potenciál automatizace

Názor široké veřejnosti i odborníků asi nejvíce ovlivňuje studie oxfordských ekonomů Freye a Osborna (2013, s. 37) z roku 2013, která se zabývá otázkou, jak jsou jednotlivá povolání náchylná k automatizaci. Studie analyzuje 702 povolání v rámci amerického trhu práce a podle metodologie vytvořené autory odhaduje pravděpodobnost jejich automatizace. Dle jejich závěrů je plných 47 % zaměstnání na americkém trhu práce ve vysokém nebezpečí automatizace (s pravděpodobností více než 70 %) v blíže nespécifikovaném časovém horizontu, podle vlastních slov autorů: „možná dekády, nebo dvou.“²²

²² perhaps a decade or two.

Jejich zjištění jsou do jisté míry konzistentní s výše zmíněnou polarizací, která by se měla dále zvyšovat. Odhad Freye a Osborna (2013, s. 45) je, že trend se bude posouvat stále více proti zaměstnáním vyžadujícím střední a nízkou kvalifikaci ve prospěch zaměstnání náročných na schopnosti a dovednosti s tím, že: „*pracovníci s nízkou kvalifikací budou realokováni na úkoly méně náchylné k automatizaci – tzn. úkoly vyžadující kreativitu a sociální inteligenci.*“²³ Příkladem povolání s nízkou pravděpodobností automatizace jsou psychologové s 0,43 % a učitelé základních škole s 0,44 %. Na druhé straně jsou například zaměstnanci call center s 99 % nebo sportovní rozhodčí s 98 %.

Studie se dočkala všeobecné známosti. Na jedné straně slouží jako podklad pro seriózní publikace na národní úrovni, což je například dokument *Dopady digitalizace na trh práce v ČR a EU* vydaný Oddělením strategie a trendů Evropské unie při Úřadu vlády ČR (Chmelař et al. 2015), na druhé straně k téměř apokalyptickým zprávám v médiích (Holanová 2016, Ranošová 2017).

Existují ovšem i jiné studie. Studie Centra pro Evropský ekonomický výzkum v Mannheimu a Univerzity Heidelberg, za kterou stojí profesorka Arntz (et al. 2017) přichází s revizí metodologie a výrazně odlišnými výsledky. Podstata této práce spočívá v argumentu, že Osborne a Frey podcenili jak různorodost úkolů, které jsou v rámci zmiňovaných povolání prováděny, tak schopnost zaměstnanců se v proměnlivém trhu adaptovat. Zkrátka, že potenciál automatizace je v jejich studii hrubě nadsazený. Autoři také kritizují přístup zaměřující se na různá povolání jako celky spíše než na konkrétní zaměstnání – zaměstnanci se totiž v rámci povolání mohou zaměřovat na práci s nízkým potenciálem automatizace. Výsledkem jejich upraveného modelu je v kategorii s vysokou mírou pravděpodobnosti automatizace (větší než 70 %) ceteris paribus pouze 9 % zaměstnání.

Stejní autoři (Arntz et al. 2016) se tímto témat zabývali již dříve v rámci série pracovních dokumentů při OECD, kde aplikovali výše zmíněný model právě na státy OECD. Za

²³ *low-skill workers will reallocate to tasks that are non-susceptible to computerisation – i.e., tasks requiring creative and social intelligence*

stejných podmínek jsou v rámci tohoto modelu nejvíce ohroženi zaměstnanci v Německu a Rakousku, a to shodně s podílem 12 % zaměstnání s vysokou pravděpodobností automatizace. Nejlépe je na tom Estonsko a Korea s podílem 6 %. Česká republika s 10 % automatizovatelných zaměstnání řadí mezi země lehce nad průměrem. Součástí práce je také rozdělení podle vzdělání a příjmu. V rámci České republiky jsou automatizací nejvíce ohroženi pracovníci se základním vzděláním a to celých 55 % z nich. U dokončeného středního vzdělání již toto číslo klesá na 12 %. Analogicky je nejvíce ohrožen 1. a 2. percentil podle příjmu.

Ačkoliv zdaleka nejvíce robotů v poměru k 10 000 pracovníkům je využíváno v Jižní Koreji a v Singapuru, v rámci Evropské unie vede jednoznačně Německo. I proto je vztah automatizace a zaměstnanosti u našich západních sousedů diskutovaným tématem. Příkladem může být studie tamního Institutu pro výzkum zaměstnanosti, která se zabývá právě efektem industriálních robotů na zaměstnance. Autoři (Dauth et al. 2017) dochází k závěru, že instalace robotů má sice dopad na zaměstnanost v sektoru, ovšem ta je plně kompenzována jinými sektory. Na agregátní úrovni tedy nedochází ke ztrátám zaměstnání, ale ke změnám v kompozici. Z dat navíc vyplývá, že ačkoliv se počet zaměstnání ve výrobě v absolutních číslech snížil, není to kvůli ztrátě stávajících míst, ale kvůli tomu, že se otevírá méně míst nových. Zaměstnanci tak nejsou nahrazováni, spíše se trochu změnila náplň práce.

Z hlediska pracovní polarizace a mzdy pozoruje Dauth (et al. 2017) podobné změny jako ostatní autoři.

Jeden z nejcitovanějších ekonomů na světě Daron Acemoglu se se svým kolegou Pasqualem Restrepem (2017, s. 1) vyjadřuje ke studii Frey a Osborna (2013) a obdobným studiím zdrženlivě s tím, že: „*I kdyby tyto studie správně odhadli, co je technologicky proveditelné, tato čísla nekorespondují se skutečným rovnovážným dopadem automatizace na zaměstnanost a mzdy.*“²⁴ S tím souhlasí i další autoři. Arntz (et al. 2016)

²⁴ *Even if these studies were on target on what is technologically feasible these numbers do not correspond to the equilibrium impact of automation on employment and wages*

mimo jiné poukazuje na pomalou difúzi technologií skrze trh a na flexibilitu pracovníků, Dauth (et al. 2017) zejména na efekt „přelévání“ mezi odvětvími a Autor a Salomons (2018) jmenují vyrovnávací makroekonomické vlivy.

Sami autoři původní studie potenciálu automatizace Frey a Osborne (2018) se v článku na webu Oxford Martin School vyjádřili tak, že jejich práce nebyla žádná predikce. Přestože je často vykládána jako apokalypsa zaměstnanosti, podle autorů: „*to není to co jsme zamýšleli, či naznačovali.*“²⁵ Smyslem bylo pouze poukázat na potenciál nových technologií, ale o skutečných číslech nebyla řeč. Navíc připomínají druhou průmyslovou revoluci tak, že: „*kdyby se naši prapradědové pokusili udělat podobný odhad na začátku 20. století, možná by dospěli k podobnému číslu.*“²⁶ K metodice profesorky Arntz se ovšem staví značně kriticky.

7 Modely systémové dynamiky

Obecně si lze pod pojmem systém představit určitou uspořádanost a organizovanost. Oproti náhodnému shluku se systémy vyznačují propojením jednotlivých částí tak, aby tvořili celek. O existenci systému ovšem často nelze s určitostí rozhodnout – pojem uspořádanost může být značně subjektivní. Existuje množství definic systému a dalo by se říci, že každá vědecká disciplína si tento pojem vykládá a používá po svém. Cílem teorie systémů a modelování právě například v ekonomické disciplíně je určitá abstrakce, jelikož není možné objektivně zkoumat realitu v celé její komplexnosti. V takových případech se uvažuje pouze určitá část reality, potažmo pouze veličiny, které jsou v rámci zvolené části považovány za významné. Zvolená část reality se poté nazývá objekt, vše ostatní je okolím. Pro úspěšné modelování problémů v rámci teorie dynamických systémů je tedy třeba vhodně určit účel, od kterého se pak bude odvíjet výběr veličin. Dalším krokem je popsání vztahů mezi zvolenými veličinami a jejich vlastnosti. Důležitým konceptem v rámci modelů systémové dynamiky – jak vyplývá již

²⁵ ... that is not what we intended or suggested.

²⁶ Had our great grandfathers tried to make a similar assessment by the turn of the twentieth century, they would probably have arrived at a similar figure.

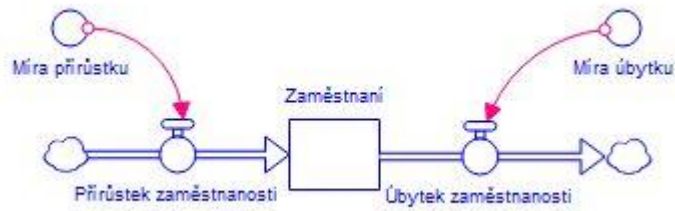
z pojmu dynamika – je jejich vývoj v čase. Všechny veličiny mají tak své určení v čase t . (Štecha a Havlena 2005)

Systémové myšlení jako takové tedy předpokládá, že jednotlivé části reality, které lze označit jako subsystemy, zaujímají v tom jednom velkém komplexním systému své pevné místo určené vztahy k dalším částem a mají tak svůj význam. Z podstaty věci vyplývá, že jakákoliv změna v rámci jednoho subsystemu, ať už se jedná o prvky, funkci nebo vazby, vyvolává efekt na subsystemy ostatní. Pro systémový přístup je také charakteristický fakt, že vlastnosti a chování systému se liší od vlastností a chování jeho částí, což je přesný opak mechanistického přístupu. Ten říká, že je možné jakýkoliv problém rozložit na prvky, vysvětlit jejich chování a tím je možné vysvětlit chování celku. (Bureš 2011)

Podle profesora Stermana (2000), jednoho z nejuznávanějších světových odborníků na systémovou dynamiku, se proces tvorby modelu skládá z pěti kroků. Prvním z nich je **artikulace daného problému**. Tento bod byl v podstatě vyjádřen již v předchozích dvou odstavcích. Pro úspěšné určení klíčových prvků a omezení modelu je třeba si přesně určit řešený problém a jeho omezení. Druhým krokem je **formulace hypotéz o dynamice**, tedy předpokladů chování na základě soudobých teorií o zkoumaném problému. V tomto kroku se také využívá některá z technik k mapování modelu – např. diagram toků a hladin, nebo diagram kauzálních smyček. Dalším krokem samotná **tvorba modelu**. Navržená struktura je specifikována a jsou nastavena pravidla rozhodování. Čtvrtým krokem je **testování modelu**. Sterman uvádí 12 různých testů, mezi něž patří například citlivost na změnu parametrů, nebo realistické chování modelu v extrémních podmínkách. Posledním krokem je **diskuse scénářů a evaluace** modelu. Tento krok se zabývá diskusí nad možnými externími vlivy na model, popisuje strategie použitelné pro aplikaci v reálném prostředí a jejich možnou reprezentaci v rámci modelu.

Jak bylo řečeno výše, existuje několik technik mapování modelu. Tato práce se bude zabývat technikou hladin a toků, která slouží právě k přehlednému zmapování struktury modelu za použití srozumitelných grafických symbolů (viz. obrázek 1). Tato technika je podstatná pro zachycení dynamiky modelu, jelikož je v ní možné zachytit nejen stavy v určitých časech, ale také jakým způsobem bylo k tomuto stavu dospěno. Základem je *Hladina*, reprezentovaná symbolem obdélníku. Smyslem je naznačení nádoby, která

udržuje určitý obsah – oblíbeným příkladem je vana s hladinou vody. Další důležitou součástí jsou *Toky* reprezentované šipkami, které se objevují v kombinaci se symbolem mraku. V případě toku směřujícího směrem do hladiny jde o *zdroj*, v případě směru od hladiny jde o *odtok*. Součástí toků je také *regulátor*, který kontroluje průběh toku. Posledním prvkem je pomocná proměnná realizovaná v modelu pomocí kružnice. (Sterman 2000)



Obrázek 1: Základní prvky diagramu hladin a toků (vlastní zpracování)

8 Praktická část

Praktická část práce využívá poznatků nabytých studiem teorie k vytvoření modelu systémové dynamiky podle metodiky v programu Stella Professional. Proces tvorby začíná popisem problému, pokračuje vytvořením struktury modelu a doplněním rozhodovacích pravidel ve formě rovnic. Následují simulace a testy, hodnocení, a v závěru jsou navrženy možnosti rozšíření modelu. Součástí praktické části je i základní statistická analýza produktivity práce pro vybrané státy.

8.1 Popis problému

Tato práce si klade za cíl odpovědět na otázku, zdali nám roboti vezmou práci. To samo o sobě samozřejmě není pro popis modelu dostatečné, a jak bylo řečeno v předchozí kapitole, přesné vymezení problému je pro úspěšnou tvorbu modelu klíčové. Na základě teoretických výstupů je zřejmé, že trh práce se v důsledku digitalizace a automatizace mění již bezmála tři dekády, nicméně debata o vlivu technického pokroku na společnost se vede již přes 200 let. Jakým způsobem tento problém ovšem vymežit a modelovat? Autor práce považuje za hlavní výzvu v tomto směru dvě skutečnosti.

Zprvé jde o nutnost pracovat s rozumnou mírou abstrakce, která umožní provádět simulace vypovídající o situaci v reálném světě. Na druhou stranu ovšem model nesmí být příliš komplexní – obzvlášť jedná-li se o model ekonomický, kde ke každému přidanému prvku lze přidat několik dalších prvků, které ho v realitě ovlivňují. Příkladem by mohlo být modelování HDP, které se v podobném kontextu modelování se zaměstnaností a vlivem technologie dá jednoduše vyjádřit rovnicí (2)(OECD 2019a):

$$\text{HDP} = \text{počet zaměstnanců} * \text{odpracované hodiny na zaměstnance} * \text{produktivita práce na hodinu} \quad (2)$$

Tento problém je jednoduché namodelovat, ovšem všechny zmíněné hodnoty jsou déle ovlivňovány agregátní poptávkou, která se skládá ze čtyř sektorů, které jsou dále ovlivňovány bankovním sektorem a monetární a fiskální politikou, či kurzy měn, a dokonce náladou investorů. Takový model makroekonomie by byl jistě zajímavý, ovšem pro potřeby sledování efektu automatizace na zaměstnanost se jedná o příliš velkou

komplikaci. Vytvoření věrohodných simulací by si tak pravděpodobně vyžádalo neúměrně mnoho času a výsledek by dobře nesloužil danému účelu.

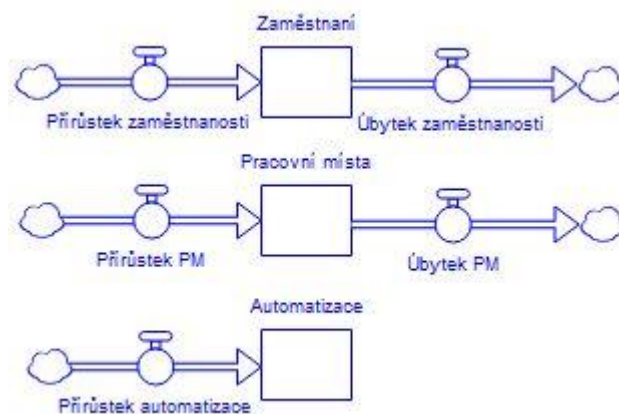
Druhou výzvou je kvantifikace daného problému – vyjádření v číslech. Autoři zmiňovaní v teoretické části této práce vidí největší hrozbu pro budoucí zaměstnanost v systémech s umělou inteligencí, které budou přebírat práci vyžadující jak kognitivní, tak duševní schopnosti vlastní člověku, namísto prací repetitivních. Přesto, pokud je pominuto nahrazování repetitivních kancelářských činností počítačem v období 1980 až 2000, největší efekt automatizace bylo lze v nedávné minulosti pozorovat právě ve výrobě a logistice, a to v souvislosti s rozšířením robotů. Umělá inteligence, její mnohá uplatnění a potencionální efekt na trh práce je podle názorů autora problém zajímavý, ale těžko kvantifikovatelný – jaký je rozsah systému, na jaké úrovni operuje, co umí, koho nahrazuje, jaké příležitosti vytváří atd. Naproti tomu s kvantifikací efektu robotů je situace jednodušší. Jeden další robot ve výrobě zapříčiní ztrátu x pracovních míst, která jsou nahrazena z části y pracovních míst ve stejném odvětví a z části z pracovních míst ve službách, a to v určitém poměru.

Z výše uvedeného vyplývá, že nejvhodnějšími veličinami pro zkoumání daného problému v systémové dynamice jsou: počet pracovních míst, počet zaměstnaných a úroveň automatizace. Ostatní veličiny se v rámci abstrakce dají vyjádřit jako výpočet v rámci pomocné proměnné, vstup určený pro celé období simulace modelu, nebo opomenout, pokud je to vhodné.

Časovým horizontem simulace je zvolen rok 2035. Zkoumání budoucnosti na základě minulých dat, zvláště jde-li o ekonomii, vždy bojuje s neurčitostí v podobě různých šoků a někdy i turbulentních změn. S odstupem se simulace může blížit skutečnému stavu, ale pravděpodobnost, že simulovaná data budou přibližně odrážet realitu se s každým dalším rokem snižuje. Jinými slovy lze mnohem lépe odhadnout stav následující rok, než stav za 10 let. Z tohoto důvodu je horizont určen přiměřeně účelu.

8.2 Mapování modelu – diagram hladin a toků

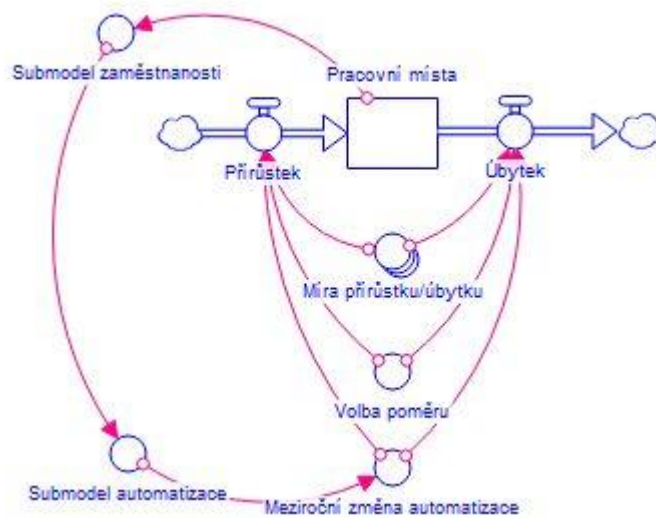
Výběr vhodného způsobu mapování modelu samozřejmě ovlivňuje pozdější realizaci. Diagram kauzálních smyček by mohl z hlediska vizualizace systému být jistě zajímavý, jelikož však tvorba modelu a simulace systémové dynamiky je provedena v programu Stella Professional, je vhodné využít právě diagram hladin a toků. Diagram totiž neslouží jen jako vizualizace struktury systému, ale v dalším kroku, po doplnění specifikací a rozhodovacích pravidel, se z něj již stane plnohodnotný model, na kterém lze provádět simulace.



Obrázek 2: Základní hladiny modelovaného problému (vlastní zpracování)

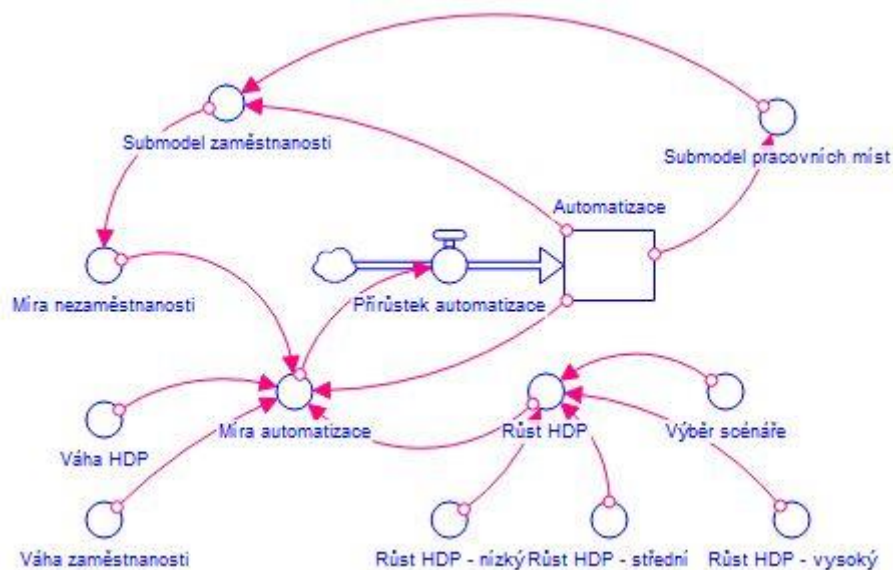
Základem diagramu jsou tedy tři hladiny – *Zaměstnaní*, *Pracovní místa* a *Automatizace*. Tyto prvky jsou v rámci modelovaného problému považovány za nejvýznamnější. Na obrázku 2 výše lze vidět tyto hladiny s příslušnými zdroji a odtoky, které zajišťují změnu stavu v čase. Z logiky věci vyplývá, že u počtu zaměstnaných i počtu pracovních míst dochází k neustálé obousměrné změně v čase – zatímco některá místa se ztrácejí, jiná vznikají, někteří zaměstnanci odcházejí a jiní přicházejí. Jinak je tomu u automatizace, kde se nachází pouze zdroj. Roboti jsou samozřejmě určitým kapitálem a jako takoví podléhají opotřebení, běžně jsou také odepisováni kvůli poruchám. Z hlediska modelu je ovšem jednodušší uvažovat pouze čistý přírůstek, protože opak do simulací nepřináší nic podstatného a jedná se tak o zbytečnou komplikaci.

Ostatní prvky diagramu jsou pomocné proměnné. Obecně nemají pomocné proměnné žádnou počáteční hodnotu, ale je možné napevno zadat jejich hodnoty pro každý krok modelu. Toho lze využít pouze pokud je předem známo období simulace. V rámci problému modelovaného v této práci se bude jednat o tři různé scénáře *Růstu HDP*, kde každá obsahuje výhled na budoucí růst, vývoj *Pracovní síly* a různé *Míry přírůstku a úbytku* pracovních míst. Velmi důležitou proměnnou pro modelovaný problém je také *Míra nezaměstnanosti*.



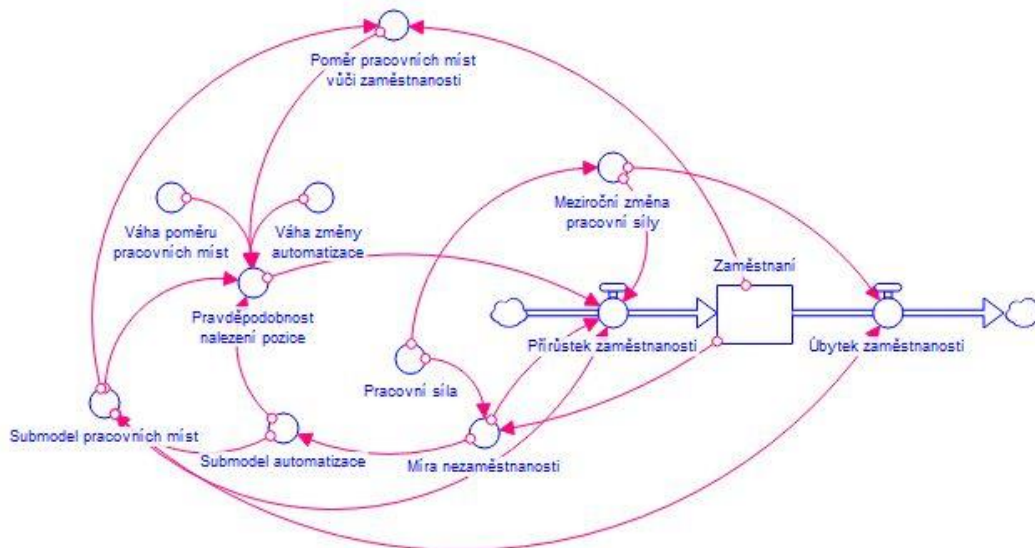
Obrázek 3: Diagram submodelu pracovních míst (vlastní zpracování)

Na obrázku 3 lze vidět submodel pracovních míst a naznačení jeho napojení na submodely automatizace a zaměstnanosti. Proměnná *Míra přírůstku/úbytku* je zde již zobrazena jako pole, jelikož pro zadání poměrů přírůstku a úbytku je vhodné použít maticovou strukturu. *Volba poměru* je pomocná proměnná pro výběr počátečního parametru při základních simulacích.



Obrázek 5: Diagram submodelu automatizace (vlastní zpracování)

Obrázek 4 výše obsahuje submodel automatizace, který ovlivňuje submodel pracovních míst a submodel zaměstnanosti, kterým je poté ve smyčce zpětně ovlivňován. Proměnná *Růst HDP* slouží jako úložiště pro jeden ze scénářů růstu, který je pro potřeby simulace zvolen za pomoci pomocné proměnné *Výběr scénáře*. Nejdůležitější součástí submodelu je proměnná *Míra automatizace*, ve které se určuje, jakých hodnot bude meziročně dosahovat růst počtu robotů.



Obrázek 4: Diagram submodelu zaměstnanosti (vlastní zpracování)

Třetí a poslední částí modelu je submodel zaměstnanosti na obrázku 5, jehož vztahy jsou již složitější. Základ pro úbytek zaměstnanosti vychází ze submodelu pracovních míst, který je doplněn o změny v pracovní síle. Na podobném základu funguje i přírůstek, který oproti úbytku navíc ještě operuje s mírou zaměstnanosti a pomocnou proměnnou nazvanou *Pravděpodobnost nalezení pozice*. Tato pravděpodobnost využívá údajů z obou ostatních submodelů a v kombinaci s příslušnými váhami dává základ pro rozhodování o pohybech na straně přírůstku zaměstnanosti.

Kompletní diagram hladin a toků je k nahlédnutí v příloze č. 2.

8.3 Data

Má-li být co nejvíce vyhověno metodice práce, je třeba na tomto místě kromě definice dostupných dat diskutovat i historické chování modelovaných proměnných. Téměř všechna historická data o české ekonomice jsou jednoduše k nalezení ve veřejné databázi Českého statistického úřadu (VDB CZSO nedatováno), data o produktivitě práce pocházejí ze statistik OECD (2019a).

Z tabulek NUCO-1Saz3/11, ZAM01-B/9 a ZAM 09/28 vyplývá pro český trh práce několik závěrů. Předně si nelze nevšimnout velmi solidního růstu HDP za posledních pět letech v kombinaci s nízkou mírou růstu produktivity práce, což by podle hypotézy uvedené v cílech práce mohlo vysvětlovat právě vysokou zaměstnanost. Míra nezaměstnanosti byla v roce 2018 na historickém minimu 2,3 % a díky vysokému meziročnímu růstu průměrného výdělku se zvyšovala i ekonomická aktivita. Na druhou stranu mírně znepokojivou statistikou je distribuce obyvatel podle věkových skupin. Za posledních deset let se podíl věkové skupiny 15-64, která se obecně označuje za hlavní zdroj ekonomické aktivity, snížil o celých 6,3 % na 64,7 %. Populace tedy stárne, což spolu s nevyhnutelným zpomalením růstu ekonomiky v blízké budoucnosti téměř jistě povede ke snížení ekonomické aktivity.

Jak již bylo řečeno výše, v modelu jsou použity proměnné s hodnotami přednastavenými po celou dobu simulace. Předně se jedná o odhad růstu HDP, který vychází z dlouhodobé předpovědi OECD (2019b). Tato předpověď kombinuje modelování s kvalifikovanými odhady a prezentuje výhled růstu, který by se dal označit jako velmi pravděpodobný. Po mírném zpomalení v příštích třech letech by mělo dojít k oživení, které však nedosáhne

současné úrovně růstu. Poté se trend opět otočí na klesající, přičemž průměrná hodnota růstu do roku 2035 je odhadována na 2,3 %. Tento odhad je v rámci modelu označen jako střední. Pro potřeby simulace jsou obdobně vytvořeny proměnné obsahující extrémní hodnoty růstu HDP, a to jak nižší, tak vyšší.

Další ze zadaných hodnot je množství dostupné pracovní síly. Tato problematika by mohla být vhodná k modelování sama o sobě, jelikož ekonomická aktivita obyvatelstva je závislá na množství faktorů, z nichž některé jsou v této práci již jmenovány, např. výše pojištění v nezaměstnanosti, mzda, demografický vývoj, výše starobního důchodu, dostupnost školství atd. Z dat v tabulce ZAM01-B/9 (VDB CZSO nedatováno) vyplývá, že ekonomická aktivita se navzdory nepříznivému demografickému vývoji mírně zvyšovala, což by mohlo být přisuzováno právě lepším podmínkám na trhu práce v posledních několika letech. Přesto lze očekávat, že s ochlazením růstu dojde i k obrácení trendu a ekonomická aktivita začne mírně klesat. Model pracuje právě s takovým trendem.

Počáteční hodnoty hladin jsou nastaveny podle údajů za rok 2018. Počet zaměstnaných je tak 5 293 800 a počet pracovních míst je vypočítán jako počet zaměstnaných + počet volných pracovních míst na konci roku, což je celkem 5 618 200. Situace s počáteční hladinou automatizace, tedy počtem robotů ve výrobě, je o něco složitější. Z volně dostupných dat na webu Mezinárodní federace robotiky (2018) lze zjistit pouze počet industriálních robotů na 10 000 pracovníků ve zpracovatelském průmyslu, který v roce 2017 činil 119. S počtem 1 454 900 pracovníků se tak po zaokrouhlení jedná o 17 313 robotů. Odhad růstu pro Evropu je meziročně pouze 7 %, což znamená počáteční hodnotu po zaokrouhlení 18 525 robotů. Reálný růst počtu robotů se tak při odhadu mírného růstu pohybuje okolo 1 200 jednotek. Tento údaj může sloužit pro pozdější kontrolu modelu.

Poslední zadanou proměnnou jsou scénáře kreačně-destrukčního procesu ve vztahu k volným pracovním místům. Scénáře pocházejí z prací výše zmíněných autorů a vyjadřují rozdílné názory na poměr vznikajících a zanikajících pracovních míst ve vztahu k automatizaci. Nejpesimističtější jsou v tomto ohledu Frey a Osborne (2013), kteří uvádějí poměr 7:2 ve prospěch zanikajících míst. Studie profesorky Arntz (et al. 2016) poté uvádí optimistický poměr 7:6. Mezi tím jsou závěry z reportu Světového ekonomického fóra (Schwab a Samans 2016), které uvádějí poměr 3:1 pro muže a 5:1 pro

ženy. Pro potřeby modelu tedy bude použit poměr 4:1. Výběr poměrů v rámci simulace se řídí maticí na obrázku 6 níže, která je obsahem pomocné proměnné *Míra přírůstku/úbytku*.

	1	2	3
1	7	7	4
2	2	6	1

Obrázek 6: Matice poměrů zániku a vzniku pracovních míst (vlastní zpracování)

8.4 Tvorba modelu

Třetím krokem je tvorba samotného modelu, což znamená specifikaci struktury, doplnění o rozhodovací pravidla a poté odhad jeho chování.

8.4.1 Specifikace struktury

Nejprve je specifikována hladina pracovních míst, jelikož její vývoj je poměrně jednoduše uchopitelný. Základem je matice obsahující tři různé nastavitelné scénáře jmenované v předchozí kapitole. Přírůstek a úbytek pracovních míst pak závisí na poměru ve zvoleném scénáři, násobený meziroční změnou automatizace (počtu robotů) v absolutních číslech. Rozhodovací pravidlo (3) pro úbytek je tedy následující:

```
IF(Volba_poměru=1) THEN
"Míra_přírůstku/úbytku"[1;1]*Meziroční_změna_automatizace
ELSE
IF(Volba_poměru=2) THEN
"Míra_přírůstku/úbytku"[1;2]*Meziroční_změna_automatizace
ELSE
IF(Volba_poměru=3) THEN
"Míra_přírůstku/úbytku"[1;3]*Meziroční_změna_automatizace
ELSE 0
```

(3)

Pro přírůstek je rozhodovací pravidlo obdobné, pouze místo prvního řádku matice v proměnné *Míra přírůstku/úbytku* využívá druhý řádek. Například při zvolení prvního scénáře je tak každý robot zodpovědný za úbytek 7 pracovních míst a přírůstek 2. Hladina automatizace se meziročně mění podle míry automatizace reprezentované rozhodovacím

pravidlem sestaveným na základě růstu HDP a míry nezaměstnanosti tak, že čím větší je růst HDP a čím nižší je nezaměstnanost, tím větší je přírůstek automatizace. Tyto dvě hodnoty jsou ještě násobeny koeficienty přisuzujícími váhu, s níž je jimi míra automatizace ovlivňována. Pro ilustraci funkce této pomocné proměnné slouží následující výtah z rozhodovacího pravidla (4):

```
IF(Míra_nezaměstnanosti > 0,1) THEN RANDOM(40; 50) + Automatizace* (4)
((Váha_zaměstnanosti*(1- Míra_nezaměstnanosti) *
Váha_HDP*Růst_HDP)/(Váha_HDP+Váha_zaměstnanosti)) ELSE
IF( Míra_nezaměstnanosti > 0,024) THEN RANDOM(1200; 1300 + Automatizace*
((Váha_zaměstnanosti*(1- Míra_nezaměstnanosti) *
Váha_HDP*Růst_HDP)/(Váha_HDP+Váha_zaměstnanosti))) ELSE
0
```

Rozhodování se pochopitelně řídí na základě podrobnějšího rozdělení. Pro příklad ročního přírůstku lze do vzorce jednoduše dosadit. Při míře nezaměstnanosti 2,2 %, růstu HDP o 2,9 % a koeficienty zaměstnanosti a HDP 7, resp. 3 by došlo k meziročnímu nárůstu v rozmezí 1725 až 1825 robotů, což odpovídá růstu mezi 9,3 % a 9,8 %. Jedná se tak o velmi reálná čísla.

Zmiňovaný růst HDP a jeho volba přes proměnnou *Výběr scénáře* je modelován obdobně jako přírůstek, či úbytek pracovních míst a to následovně (5):

```
IF(Výběr_scénáře=1) THEN Růst_HDP_nízký ELSE (5)
IF(Výběr_scénáře=2) THEN Růst_HDP_střední ELSE
IF(Výběr_scénáře=3) THEN Růst_HDP_vysoký ELSE
0
```

Míra nezaměstnanosti je jednoduše určena převrácenou hodnotou podílu zaměstnaných a dostupné pracovní síly, tedy ekonomicky aktivních obyvatel. Úbytek zaměstnaných závisí na změně pracovní síly a úbytku pracovních míst a je vyjádřen jako (6):

```
IF(Meziroční_změna_pracovní_síly<0) THEN (6)
-1*Meziroční_změna_pracovní_síly + Úbytek ELSE Úbytek
```

Podmínka a výraz $-1 * \text{Meziroční změna pracovní síly}$ slouží pro převrácení případné záporné hodnoty změny pracovní síly na kladnou, což je vhodnější pro modelování odtoku. Předpokládá se, že poté, co automatizace zapříčiní zánik pracovního místa,

dochází k obdobnému efektu i na zaměstnanost. Druhým předpokladem je, že úbytek pracovní síly musí znamenat úbytek zaměstnance, což si lze představit např. jako člověka odcházejícího do důchodu, nebo jako úmrtí v produktivním věku.

Člověk připravený o místo v důsledku automatizace samozřejmě nemusí zůstat mezi nezaměstnanými, je ovšem nasnadě, že může patřit do jedné z rizikových skupin nejvíce ovlivněných automatizací a to např. kvůli svému vzdělání, nebo schopnostem. Takový člověk bude buď hledat zaměstnání ve stejném oboru, anebo využije rekvalifikace a najde zaměstnání jinde. Tento proces je v rámci modelu vyjádřen pravděpodobností nalezení pozice. Ta je modelována následovně (7):

```
IF (Volba_poměr=1 THEN 0,3^((Váha_poměru_pracovních_míst*(1-
(Poměr_pracovních_míst_vůči_zaměstnanosti-
1))+Váha_změny_automatizace*("Meziroční_změna_automatizace_
_%"))/(Váha_změny_automatizace+Váha_poměru_pracovních_míst))
ELSE
IF (Volba_poměru=2) THEN 0,9^((Váha_poměru_pracovních_míst*(1-
(Poměr_pracovních_míst_vůči_zaměstnanosti-
1))+Váha_změny_automatizace*("Meziroční_změna_automatizace_
_%"))/(Váha_změny_automatizace+Váha_poměru_pracovních_míst))
ELSE
0,5^((Váha_poměru_pracovních_míst*(1-
(Poměr_pracovních_míst_vůči_zaměstnanosti-
1))+Váha_změny_automatizace*("Meziroční_změna_automatizace_
_%"))/(Váha_změny_automatizace+Váha_poměru_pracovních_míst))
```

Vychází z meziročního růstu automatizace, podílu hladin zaměstnaných a volných pracovních míst a zvoleného poměru. Nejenže při větším počtu volných pracovních míst vzniká větší pravděpodobnost nalezení nové pozice a naopak, ale je nutné počítat i s tím, že pokud vzniká mnohem méně pozic, než zaniká, bude nalezení práce těžší. Tento fakt je do vzorce promítnut mimo jiné rozdílnými základními hodnotami pravděpodobnosti pro různé poměry. Vzorec pro poměr 7:2 zanikajících pracovních míst ke vznikajícím tak operuje se základní hodnotou pro výpočet pravděpodobnosti nalezení nové pozice 0,3. Přírůstek zaměstnanosti je vyjádřen následovně (8):

```
IF(Meziroční_změna_pracovní_síly>0) THEN
Meziroční_změna_pracovní_síly*Pravdepodobnost_nalezeni_pozice +
Úbytek*Pravdepodobnost_nalezeni_pozice*(1-HISTORY(Míra_nezaměstnanosti;
TIME-1)) ELSE Úbytek*Pravdepodobnost_nalezeni_pozice*(1-HISTORY(
Míra_nezaměstnanosti; TIME-1))
```

Zaměstnanost v minulém roce je násobena pravděpodobností nalezení pozice, což vyjadřuje, jaký je sklon zaměstnavatelů přibírat pracovníky, kteří ztratili práci kvůli automatizaci. Násobeno úbytkem pracovních míst. Tento vzorec spolu se změnou dostupné pracovní síly vyjadřuje počet lidí, kteří se vrátí do pracovního procesu. Pokud pracovní síla přibývá, pak nově přichází na trh práce nachází uplatnění se stejnou pravděpodobností.

8.4.2 Odhady parametrů a chování

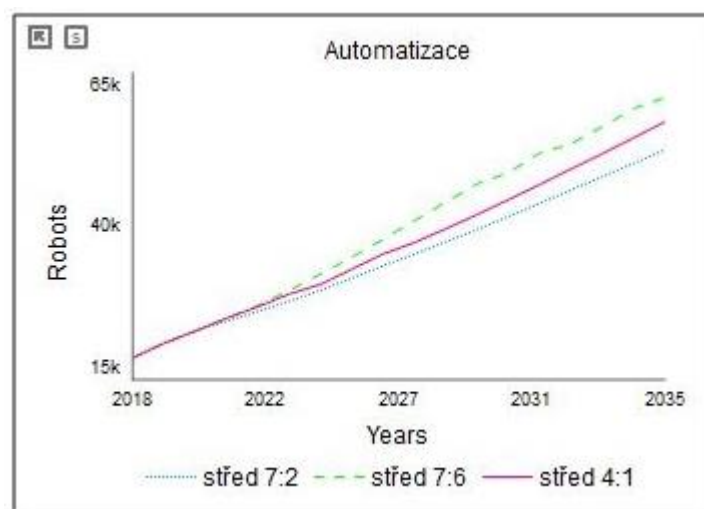
Na základě popsané struktury modelu lze učinit několik předpokladů o jeho dynamickém chování. Předně všechny proměnné jsou na sobě přímo či nepřímo lineárně závislé a to s proměnlivou silou. Jelikož je úbytek počtu pracovních míst modelován prostou závislostí vybraného poměru na přírůstku robotů, je na něm tento parametr již z definice lineárně nepřímo závislý. Strmost křivky počtu pracovních míst tak bude záviset na strmosti křivky automatizace v opačném směru. Zaměstnanost musí být částečně přímo závislá na počtu pracovních míst a nepřímo na automatizaci, ovšem v obou případech s nižší silou. V kombinaci s různými pravděpodobnostmi nalezení pozice a změnou pracovní síly je možné očekávat mírně klesající trend. Míra nezaměstnanosti pak musí být nepřímo lineárně závislá na zaměstnanosti, ovšem ne zcela jak by tomu bylo s konstantní hodnotou pracovních sil. Závislosti se pochopitelně budou projevovat mírněji při simulaci scénářů nízkého růstu a optimističtějšího poměru. V opačném případě totiž dochází k urychlení přírůstku automatizace a tím ve výsledku i k výraznějším změnám všech ostatních hladin a proměnných.

Hladina automatizace má na počátku simulace hodnotu 18 525 robotů. Výsledek příkladu v předchozí kapitole, který uvažoval střední hodnoty růstu HDP a nízkou míru nezaměstnanosti, vyšel s mírou růstu okolo 9,5 %. Pokud by tedy simulace probíhala za podobných podmínek, mohla by se úroveň automatizace na konci simulace pohybovat v hodnotách zhruba 50 000 ks. Pokles počtu pracovních míst poté vychází ze simulovaného poměru vzniku a zániku a při zmíněné hodnotě nárůstu počtu robotů by se pro jednotlivé poměry mohl pohybovat ve ztrátě od pouhých několika desítek tisíc až po zhruba 150 000 míst. Učinit odhad pro parametry počtu zaměstnaných a míry nezaměstnanosti je již náročnější. Na základě výše zmíněného růstu automatizace a jejího efektu na pracovní místa by pravděpodobně nemělo dojít k růstu nezaměstnanosti nad 6

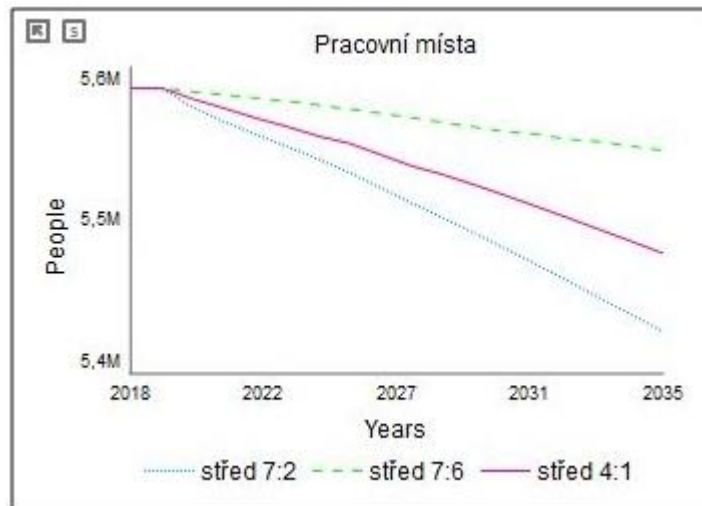
% při nejpesimističtějším poměru a ostatní poměry by se měli pohybovat spíše okolo 3 % míry nezaměstnanosti. Počet zaměstnaných pak bude mírně klesat z počáteční hodnoty 5 293 800 na hodnotu zhora pravděpodobně nepřesahující 5 150 000.

8.5 Simulace

Počáteční parametry simulace jsou představeny v kapitole Data a jejich odhad v kapitole předchozí. Výstupem simulace jsou grafy průběhu všech proměnných, ovšem z hlediska modelovaného problému jsou nejdůležitější grafy hladin a graf míry nezaměstnanosti, které jsou také níže okomentovány. Prvním výstupem je simulace všech tří poměrů tvorby a zániku pracovních míst spolu se středním odhadem růstu HDP. Důvodem zvolení středního růstu pro první simulaci problému je fakt, že se jedná o expertní odhad Organizace pro ekonomickou spolupráci a rozvoj, a tudíž se blíží skutečnému budoucímu průběhu růstu s mnohem větší pravděpodobností než druhé dva odhady. Ty slouží spíše pro průzkum chování modelu za extrémnější, i když stále poměrně realistických podmínek.

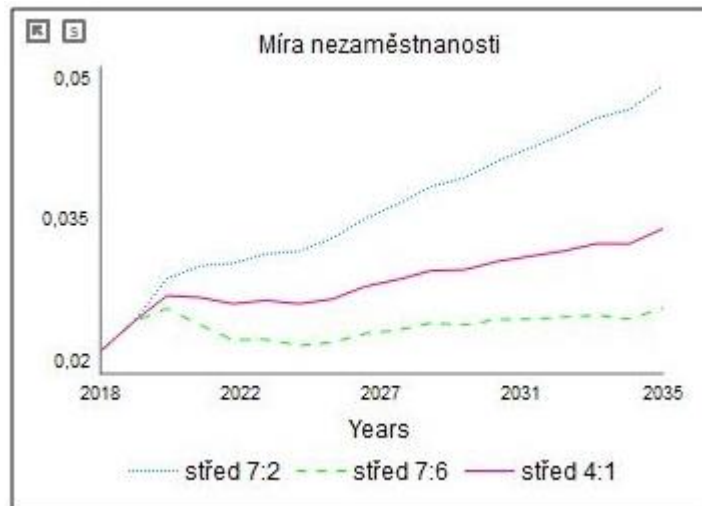


Graf 5: Výsledek simulace hladiny automatizace pro střední ekonomický růst (Model, vlastní zpracování)

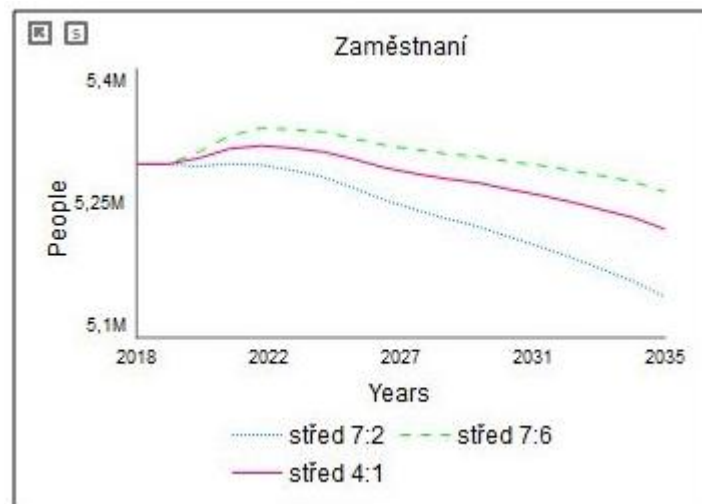


Graf 6: Výsledek simulace hladiny pracovních míst pro střední ekonomický růst (Model, vlastní zpracování)

Z grafů 5 a 6 jsou čitelné výsledky simulace vývoje počtu pracovních míst a hladiny automatizace. Jelikož je dynamika hladiny počtu pracovních míst vyjádřena za pomoci jednoduchých poměrů, průběh grafu je ve všech případech v klesajícím trendu bez jakýchkoliv oscilací, ovšem s různým spádem. To přesně odpovídá předpokladu o jejím očekávaném chování. Úbytek není ani v jednom ze sledovaných případů nijak dramatický, zatímco za poměru 7:6 dojde ve výsledku ke ztrátě pouze 40 000 míst, pro poměr 7:2 je to 159 000 míst. Automatizace naproti tomu má rostoucí trend a v průběhu simulace se mění jen málo. Až do roku 2022 jsou počty robotů téměř totožné pro všechny průběhy, a i na konci simulovaného období je rozdíl mezi nejnižší a nejvyšší hodnotou v rámci všech tří poměrů pouze 8 500 robotů. Nejmenší růst vykazuje křivka počtu robotů pro poměr podle Freye a Osborna. Hodnota hladiny na konci simulace je 52 485 robotů, což odpovídá odhadu. Překvapivější je ovšem hodnota hladiny pro poměr podle profesorky Arntz, která je nejvyšší a dosahuje počtu 61 017 robotů. Podle poměru odhadovaného Světovým ekonomickým fórem simulace končí počtem 57 042 robotů.



Graf 8: Výsledek simulace míry nezaměstnanosti pro střední ekonomický růst (Model, vlastní zpracování)



Graf 7: Výsledek simulace počtu zaměstnaných pro střední ekonomický růst (Model, vlastní zpracování)

Grafy 7 a 8 výše ukazují vývoj zaměstnanosti a vývoj míry nezaměstnanosti. Zde je již průběh zajímavější a méně předvídatelný, jelikož se více projevuje střet vývoje počtu pracovních míst a automatizace s demografickým vývojem v podobě počtu ekonomicky aktivních obyvatel. Nepříznivý demografický vývoj a snižující se míra ekonomické aktivity ovšem také snižuje závažnost efektu automatizace na trh práce, který se i za nejpesimističtějšího výhledu zaniknutí 7 zaměstnání k vytvoření 2 nových na jednoho robota pohybuje ke konci roku 2035 na úrovni 4,8 % míry nezaměstnanosti s 5 145 500 zaměstnanými a 260 500 nezaměstnanými. Simulace tak mírně předčila očekávání v ohledu minimálního počtu zaměstnaných. Tento fakt lze jednoduše vysvětlit vyšším než

odhadovaným přírůstkem automatizace diskutovaným v předchozím odstavci. Za optimistického výhledu 7:6 dochází v průběhu simulace pouze k nepatrným změnám a simulace končí s mírou nezaměstnanosti 2,6 %. Poslední ze simulovaných scénářů 4:1 končí s hodnotou míry nezaměstnanosti 3,4 % a s počtem 5 221 200 zaměstnaných. Výsledky poslední simulace podle odhadu Světového ekonomického fóra se za daných podmínek jeví jako nejpřesněji odrážející pravděpodobný skutečný průběh sledovaných ukazatelů, nicméně jak již bylo řečeno, v realitě může zapůsobit množství šokových sil, které tento model neuvažuje.

Pro ověření chování za různých úrovní růstu HDP byl zvolen nejpesimističtější poměr 7:2. Jak vyplývá z grafů v příloze č. 3, spojnice hodnot simulovaných pro střední úroveň růstu HDP se mírně liší od spojnic na grafech z předchozí simulace. Je tomu tak proto, že model pracuje s určitou mírou náhodnosti a jednotlivé simulace se tak mohou mírně lišit. Z grafů lze učinit závěr, že v rámci modelu se největší změny ve strmosti trendu odehrávají při simulaci s vysokou úrovní růstu HDP, zatímco simulace podle parametru nízké úrovně růstu HDP produkuje pouze malé meziroční změny. Na první pohled kontraintuitivně dochází při velkém meziročním růstu ekonomiky k růstu nezaměstnanosti a k signifikantní ztrátě pracovních míst. V rámci modelu se však jedná o logický důsledek strmého růstu počtu robotů, který na konci simulovaného období dosahuje počtu 95 616 ks, v kombinaci právě s čistou ztrátou pěti zaměstnání na jednoho. Takové chování odpovídá předpokladům o chování modelu. Při vysoké úrovni růstu ekonomiky by reálně s velkou pravděpodobností došlo ke korekci na makroekonomické úrovni např. v podobě nižšího průměrného počtu odpracovaných hodin na zaměstnance a celková zaměstnanost by se udržela. Toto je ovšem již nad rámec vytvořeného modelu.

8.6 Test senzitivity

Testování senzitivity na změnu parametrů uvedené v metodice tvorby modelu v kapitole 7 je pro tento model obzvláště vhodnou metodou, jelikož pracuje právě se simulací různých kombinací zadání vstupních parametrů. V zásadě se jedná o simulaci všech možných kombinací parametrů s tím, že je vhodné tyto upravit na hodnoty vykazující extrémnější průběh, ovšem stále v rámci určité, alespoň teoretické opory v realitě. Výsledek by měl odpovědět na otázku, zdali a jakým způsobem se změní chování modelu,

když se vstupní parametry změní způsobem, který nebyl při navrhování modelu uvažován.

První test se soustředí na poměry přírůstku a úbytku, a to se zachováním původních hodnot ekonomického růstu. Jsou použity pouze dva poměry. První je upraven na výrazně vyšší rozdíl mezi přírůstkem a úbytkem, a to v novém poměru 13:2, druhý vyjadřuje obrácenou skutečnost. Přírůstek automatizace nově vytváří více pracovních míst, než kvůli němu zanikne, a to v poměru 3:7. Výsledek testu druhého poměru je překvapivý v tom, že hodnoty míry nezaměstnanosti a počtu zaměstnaných jsou pro všechny hladiny ekonomického růstu v průběhu simulace v podstatě totožné, zaměstnanost kopíruje křivku vývoje pracovní síly a míra nezaměstnanosti se drží okolo hodnoty 2,2 %. Počet robotů a počet volných pracovních míst roste různým tempem až do roku 2022. Od té doby již nedochází ke změně a hodnoty jsou až do konce simulace konstantní. Z výsledků vyplývá, že model není na alternativu růstu pracovních míst při růstu automatizace připraven. Zvýšení destruktčního potenciálu automatizace vede k výsledkům konsistentním s původní simulací, dochází pouze k rychlejšímu průběhu a výsledné hodnoty na konci simulovaného období jsou extrémnější. V tomto případě je tedy chování předvídatelné. Pro scénář vysokého ekonomického růstu tak dochází k poklesu počtu zaměstnaných pod hranici 5 milionů a míra nezaměstnanosti se zároveň blíží hranici 9 %. Pro ostatní scénáře ekonomického růstu jsou výsledky podobné předchozím simulacím a stále se jedná o hodnoty ukotvené v realitě.

Druhý test senzitivity se zabývá scénáři růstu HDP. Pro testování jsou vybrány pouze dva scénáře, podobně jako v předchozím případě. Prvním parametrem je velmi nízký, částečně záporný výhled ekonomického růstu, druhým parametrem je neúměrně vysoký výhled ekonomického růstu. V souladu s původním odhadem o chování modelu by i v případě testování se zvýšeným růstem mělo dojít pouze k vyšším meziročním změnám hodnot a celkově strmějšímu průběhu trendů, což na základě předchozích simulací bývá důsledkem rychlého růstu automatizace. Simulace senzitivity pro první scénář proběhla ve dvou ze tří případů obdobně jako ve výsledcích původní simulace modelu pro nízký růst HDP. Třetí případ, poměr 7:6, nicméně vykazuje v podstatě stejné nedostatky, jako v simulaci s přírůstkem pracovních míst na jednotku automatizace. Hladina počtu robotů se od roku 2020 stává konstantní. Test druhého scénáře ve své podstatě odpovídá odhadu, křivka automatizace strmě stoupá – v případě poměru 7:2 až

k počtu 300 000 robotů – a ostatní křivky strmě klesají. Poprvé také dochází k pokoření hranice desetiprocentní míry nezaměstnanosti, jelikož hodnota vystoupá na konci simulace až na míru 15,3 %, zatímco počet zaměstnanců klesne téměř na 4,5 milionu.

Třetí test je zaměřen na sensitivitu rozhodovacích pravidel proměnných, což je možné spojit s testem robustnosti za extrémních podmínek. Simulace je provedena se zvýšením přírůstku automatizace v každém rozhodovacím pravidle v proměnné Míra automatizace o 700 %. Roční přírůstek automatizace se tak při středním odhadu ekonomického růstu a nízké nezaměstnanosti pohybuje zhruba okolo 10 000 robotů. Výsledky pro jednotlivé kombinace poměrů a scénářů růstu ovšem nejsou tak extrémní, jak by se při tak významné změně dalo očekávat. Nejextrémnějších hodnot opět dosahuje scénář vysokého ekonomického růstu v kombinaci s poměrem 7:2. Grafy všech kombinací jsou k dispozici v příloze č. 4.

8.7 Hodnocení modelu

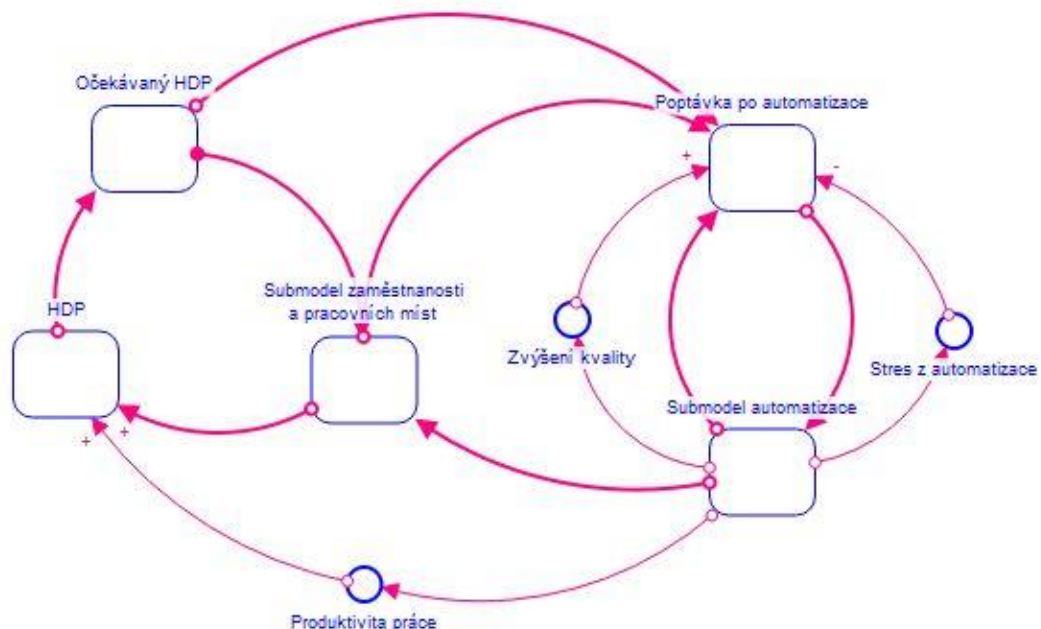
Jak je vysvětleno v kapitole popisu problému, modely používají ze své podstaty určitou míru abstrakce. Představený model se omezuje pouze na práci se třemi základními hladinami a simulace jsou řízeny třemi výhledy ekonomického růstu, třemi různými poměry vzniku a zániku pracovních pozic a vývojem dostupné pracovní síly v České republice. Při uvažování popsaného modelu v kontextu reality se může na výsledcích simulací projevit množství exogenních vlivů. Nemusí jít přímo o šoky v rozsahu ekonomické krize roku 2008, takový šok by na investice do automatizace jistě měl významný dopad, ale stačilo by například posilování měny a tím zdražení vývozu, či prosté ochlazení poptávky. Tato eventualita je v rámci modelu do jisté míry zastoupena nízkým výhledem ekonomického růstu, přesto by model rozšířený o simulaci agregátní poptávky mohl dojít k zajímavým výsledkům.

Představený model také úplně pomíjí instalaci robotů mimo sektor výroby. Tento problém se týká zejména robotů označovaných někdy jako servisní nebo jako roboti ve službách. Některé jejich typy jsou známy již dekády a stejně tak dlouho určitým způsobem ovlivňují trh práce. Příkladem takových robotů jsou bankomaty, nebo letištní terminály pro automatické odbavování. Poměrně novým projevem robotů ve službách je rozšíření samoobslužných pokladen. Samoobslužné pokladny by hypoteticky měly zefektivnit

nákupní proces a ušetřit náklady na mzdy, proč tedy ještě existují prodavačky? Zdá se, že se jejich rozšíření omezilo pouze na nahrazení menší části pokladen v rámci každého obchodu. Vysvětlením by mohl být stres z využívání technologie, nebo prostá preference lidského kontaktu. Zapojení obou proměnných do modelovaného problému by mohlo vyprodukovat hodnotné simulace, nicméně datové zdroje pro vytvoření věrohodného výstupu chybí.

8.8 Rozšíření modelu

Klasický diagram hladin a toků v programu Stella neumožňuje tvorbu cyklických spojení, proto je pro pouhé rozvržení elementů a návrh jejich vzájemného ovlivňování vhodnější použít diagramu kauzálních smyček, který vyjadřuje příčinné závislosti mezi jednotlivými elementy. Příčinného smyčkového diagramu tak nelze přímo využít pro tvorbu modelu pouhým doplněním rozhodovacích pravidel jako v předchozím případě. Jeho přínos je ve snadnější tvorbě a přehlednější vizualizaci jednotlivých elementů problému, čímž usnadňuje lepší pochopení modelovaného problému, nebo například zlepšuje komunikaci modelu navenek.



Obrázek 7: Diagram navrhovaného rozšíření modelu o poptávku po automatizaci (vlastní zpracování)

Základem diagramu na obrázku 7 je naznačení tří submodelů, které byly představeny při tvorbě diagramu hladin a toků v rámci modelování původně popsáního problému. Zaměstnanost a počet pracovních míst jsou pro potřeby diagramu sloučeny do jednoho submodelu. Novým parametrem je HDP, tedy celkový výstup ekonomiky vyjádřený jako produktivita práce na zaměstnance na počet zaměstnanců. Obecně se uvádí spíše produktivita práce na hodinu, lze ovšem uvažovat, že toto by v případě tvorby mohlo být zakomponováno do struktury parametru. V popisu modelovaného problému je tento přístup odmítnut pro náročnost modelování vzhledem k věrohodným výsledkům vztahujícím se k reálným hodnotám. Popisovaný diagram se však prvně pohybuje pouze v teoretické rovině a za druhé by model, který by případně vznikl na jeho základě, mohl sloužit jinému účelu než sledování agregátních údajů na trhu práce – například pouze pro testy senzitivity, tedy sledování efektu proměnlivých parametrů na sledované veličiny. Počáteční data pak mohou mít pouze částečnou oporu v realitě.

V rámci modelování poptávky po práci i automatizaci je představena hodnota očekávaného HDP. Smyslem této veličiny je vyjádřit sklon k investicím do automatizace a práce, a to na základě pozitivních, či negativních očekávání o budoucím vývoji ekonomiky. Kromě HDP a produktivity práce je v diagramu naznačena i poptávka po automatizace, která se zvyšuje na základě zvýšení kvality, či efektivity v důsledku uvedení servisních, či industriálních robotů, a naopak snižuje na základě stresu z automatizace. Na příkladu samoobslužných pokladen by toto vyjadřovalo sklon pořídit další pokladny v důsledku spokojenosti zákazníků, nebo naopak takovou investici neprovádět, pokud nedochází k jejich využívání. Důsledek poptávky má poté ve smyčce pochopitelně znovu efekt na zaměstnanost.

I tento model by se pochopitelně mohl dále rozšiřovat. Jelikož s doplněním celkového výstupu začíná připomínat v teoretické práci popsání model ekonomického růstu podle Solowa s přidanou automatizací, rozšíření modelu by bylo vhodné vést právě tímto směrem. V současné podobě modelu je nejjednodušší doplnit kapitál a efekt míry úspor na investice a tím i na ekonomický růst a poptávku po automatizace. Při doplnění těchto parametrů jsou v diagramu viditelné určité náznaky struktury připomínající stranu nabídky a stranu poptávky. V dalším kroku je tedy pro ilustraci možné doplnit některé další prvky ovlivňující ekonomii a posunout řešený problém skutečně na agregátní úroveň.

Diagram v příloze č. 5 zobrazuje rozšíření původního modelu vytvořeného v rámci této práce o navrhovaná rozšíření na obrázku 7 a označení strany nabídky a strany poptávky na makroekonomické úrovni. Předně je submodel zaměstnanosti a pracovních míst spolu s poptávkou po automatizaci nově navázán na agregátní, tedy celkovou poptávku. Ta se v podstatě stává určujícím faktorem pro meziroční změny jak v počtu pracujících, tak v přijaté automatizaci. V popisovaném diagramu je AD tvořena pouze dvěma sektory, a to sektorem firem reprezentovaným investicemi a sektorem domácností, reprezentovaných spotřebou. Celkový produkt je rozdělen na mzdy a dividendy, které jsou poté podle určité míry na základě očekávaného budoucího HDP buď spotřebovány, nebo investovány. Dochází zde k zjednodušení problému v oblasti firem. V rámci Solowova modelu je celý produkt z části spotřebován a zbytek je investován. Realitě je bližší dividendy modelovat na základě rozdílu mezd a agregátní poptávky, která je pro ně v podstatě prodeji. Střední cestou v tomto diagramu je pouhé uvedení dividend pro označení jejich existence v problému. Investice ovlivňují nejen celkovou poptávku, ale pochopitelně i výši kapitálu, který se poté projeví jak v poptávce po kapitálu, tak pro určení produktivity práce.

Je třeba připomenout, že model vytvořený podle popsaného diagramu by sloužil úplně jinému účelu než je cílem této práce. Jedná se pouze o vizualizovaný myšlenkový experiment, jakým způsobem by se případné další pokusy o modelování efektu automatizace mohly vést. V tomto případě se ovšem zaměření posunulo ze sledování efektu robotů na zaměstnanost spíše směrem ke sledování efektu na celou ekonomiku. Modelování takového problému by mimo jiné vyžadovalo mnohem přesnější statistiky o počtech a účelech robotů a bylo by také nutné zkoumat a odladit efekty zvýšení kvality a stresu z automatizace na poptávku po automatizaci.

8.9 Analýza produktivity práce

Produktivita práce je námětem, který silně prostupuje celou touto diplomovou prací a bylo by tedy vhodné se mu věnovat i z analytického hlediska. V teoretických východiscích jsou popsány výsledky práce profesora Gordona, který na základě neuspokojivého růstu tohoto ukazatele argumentuje proti nástupu čtvrté průmyslové revoluce. Z dat pro americký trh vyplývá pouhých 1,02 % průměrného růstu produktivity práce za období 2008-2017, ovšem ke zpomalení došlo již v období 2004-2008, kdy

průměrná hodnota růst dosahoval 1,55 %, téměř o celé procento méně, než je průměr 8 let před tím. Jak jsou na tom ovšem státy Evropy a Česká republika?

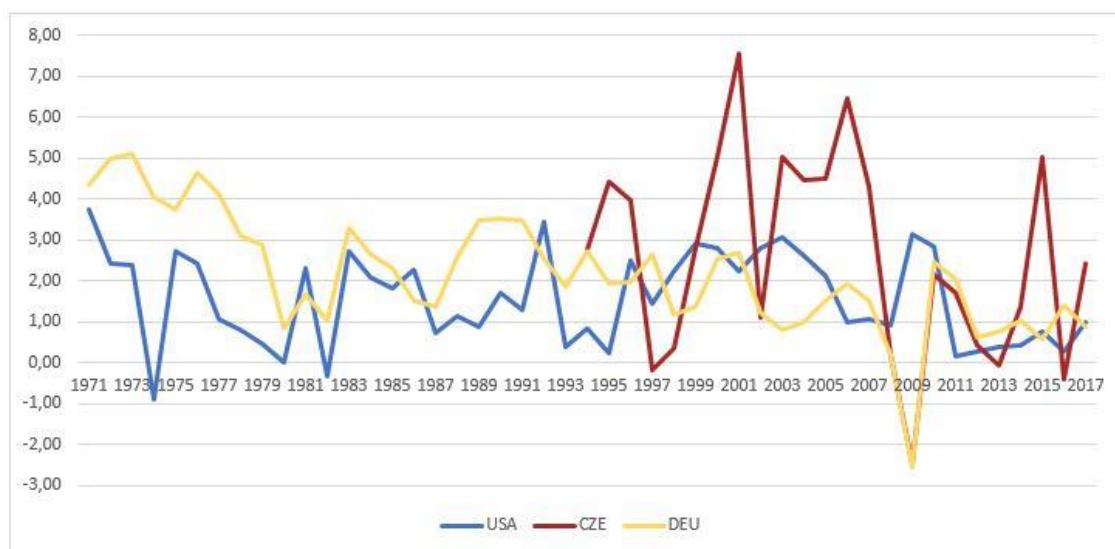
	EU28	FRA	DEU	USA	CZE	GB
1891-1972	-	-	-	2,33	-	-
1972-1996	-	3,10	2,91	1,42	3,60	2,63
1996-2004	1,87	1,75	1,71	2,51	3,35	2,43
2004-2008	1,03	0,68	1,23	1,55	3,99	1,33
2008-2017	0,84	0,54	0,69	1,02	1,04	0,21

Tabulka 1: Průměrné hodnoty růstu produktivity práce vybraných států, % (OECD 2019a, vlastní zpracování)

Tabulka 1 výše shrnuje průměrné hodnoty růstu produktivity práce vybraných zemí za stanovená období. Je zcela pochopitelné, že data produktivity práce nejsou pro Českou republiku (resp. Československo) před Listopadovou revolucí, potažmo před samotným rozdělením federace a vzniku samostatného státu na přelomu let 1992 a 1993 dostupná. Data Organizace pro ekonomickou spolupráci a rozvoj (2019a) obsahují tento údaj až od roku 1994, srovnání průměru pro období 1972-1996 je proto pro ČR zastoupen pouze dvěma hodnotami. Z tabulky vyplývá, že ve vybraných státech EU dochází stejně jako v USA k signifikantnímu propadu růstu produktivity práce, v případě Velké Británie dokonce až na průměr 0,21 % v daném období. Růst v České republice je v rámci Evropské osmadvacítky nadprůměrný, a dokonce lepší než v Německu a USA.

8.9.1 Popisná statistika

Pro srovnání dat produktivity práce jsou kromě České republiky vybrány další dva státy – USA a Německo. Ekonomikou Spojených států amerických se zabývají téměř všechny důležité studie vydané k tématu produktivity práce, trhu práce a obecně ekonomického růstu a stala se proto i hlavním námětem teoretické části. Německo je jako zástupce Evropských států zvoleno proto, že se z hlediska zahraničního obchodu jedná o největšího partnera ČR a obě ekonomiky jsou značně provázány.



Graf 9: Meziroční změna produktivity práce pro USA, CZE a DEU; 1971-2017 (OECD 2019a)

Graf 9 výše ukazuje vývoj růstu produktivity práce tří zvolených zemí od roku 1971, resp. v případě České republiky od roku 1994. Na první pohled je zřejmý mnohem extrémnější průběh tohoto ukazatele v případě České republiky, než je tomu u ostatních dvou zemí.

	USA	CZE	DEU
Střední hodnota	1,57	2,63	2,16
Medián	1,45	2,6	1,96
Maximum	3,75	7,57	5,1
Minimum	-0,9	-2,46	-2,56
Rozpětí	4,65	10,03	7,66
Směrodatná odchylka	1,13	2,49	1,43
Rozptyl	1,27	6,2	2,06

Tabulka 2: Popisná statistika produktivity práce USA, CZE a DEU; 1971-2017 (OECD 2019a, vlastní zpracování)

To potvrzují i výsledky v tabulce 2.

Maximum růstu produktivity práce dosáhla ČR v roce 2001 s meziroční změnou 7,56 %. Naopak minimem byl rok probíhající krize 2009, který znamenal změnu -2,47 %, což činí rozpětí mezi těmito dvěma veličinami celých 10,03. Německá ekonomika dosahuje ve stejném roce podobného minima -2,56 %, ovšem maximální hodnota růstu je oproti ČR o celých 2,46 nižší, a to pouze 5,1 % v roce 1973. Naproti tomu růst produktivity v rámci ekonomiky USA je mnohem vyrovnanější s rozpětím 4,65. Turbulentnější průběh růstu produktivity v České ekonomice naznačuje i další míra variability – rozptyl. Tato míra

ukazuje odchylku od střední hodnoty. Čím je vyšší, tím více se údaje odchylují od průměru. Rozptyl pro data ČR vychází celých 6,2 oproti americkým 1,27, resp. německým 2,06. Z těchto údajů vyplývá závěr, že změny stran produktivity práce jsou v tuzemsku mnohem patrnější než v druhých dvou zemích, což by mohlo souviset se změnami spojenými s přerodem plánované ekonomiky na tržní. Spojené státy mají dlouhou kapitalistickou tradici a možná proto je rozptyl hodnot výrazně nižší.

8.9.2 Korelace

Hodnota korelačního koeficientu určuje existenci a sílu vztahu mezi dvěma veličinami. Veličiny, mezi kterými se prokáže korelace jsou na sobě příčinně závislé, to znamená, že jedna z nich ovlivňuje druhou v lineárním vztahu. Korelační koeficient může být jak kladný, tak záporný. V prvním případě vyjadřuje přímou závislost – když se zvětší hodnota x, zvětší se i hodnota y, ve druhém případě jde o nepřímou závislost – když se zvětší hodnota x, zmenší se hodnota y.

Korelační analýzy je užito pro prozkoumání vztahu produktivity práce k dalším makroekonomickým veličinám – míře zaměstnanosti a růstu HDP. Cílem je ověřit hypotézy o vlivu snížené produktivity práce na tyto dvě veličiny v rámci tří výše analyzovaných ekonomik. Předpokladem je, že růst HDP v podmínkách nízkého růstu produktivity práce je nahrazován zvýšenou zaměstnaností. Všechna data v tomto případě pocházejí z databáze OECD (2019a, 2019c, 2019d).

Výsledky korelační analýzy v tabulce 3 níže naznačují poměrně silnou korelaci míry zaměstnanosti a HDP. Vztah produktivity práce k těmto dvou veličinám je nicméně mírně nepřímo závislý z čehož vyplývá, že při změně produktivity práce se HDP a míra nezaměstnanosti měnily opačným směrem.

<i>CZE</i>	<i>Produktivita práce</i>	<i>Míra zaměstnanosti</i>	<i>HDP</i>
Produktivita práce	1		
Míra zaměstnanosti	-0,2903	1	
HDP	-0,3756	0,7530	1

Tabulka 3: Korelace produktivity práce, míry zaměstnanosti a HDP; DEU (OECD 2019a, 2019c, 2019d, vlastní zpracování)

Korelace těchto tří ukazatelů pro Německou ekonomiku v tabulce 4 níže vykazuje v ohledu na vztah HDP a míry nezaměstnanosti velmi silnou korelaci, silnější než v případě České republiky. Zde by se již dalo mluvit o téměř přímé lineární závislosti. Korelační koeficienty ve vztahu k produktivitě práce ovšem vykazují ještě menší sílu než v ekonomice české.

<i>DEU</i>	Produktivita práce	Míra zaměstnanosti	HDP
Produktivita práce	1		
Míra zaměstnanosti	-0,1378	1	
HDP	-0,0901	0,9473	1

Tabulka 4: Korelace produktivity práce, míry zaměstnanosti a HDP; CZE (OECD 2019a, 2019c, 2019d, vlastní zpracování)

Co se týče ekonomiky Spojených států amerických, podle výsledků korelační analýzy v tabulce 5 níže není nejmenší pochyb o tom, že v tomto případě lineární závislost produktivity práce s mírou zaměstnanosti, či růstem HDP neexistuje. Navíc ve vztahu HDP a míry zaměstnanosti, kde byla v případě České republiky a Německa velmi silná korelace, v rámci USA vykazují tyto dva makroekonomické ukazatele pouze slabou lineární závislost.

<i>USA</i>	Produktivita práce	Míra zaměstnanosti	HDP
Produktivita práce	1		
Míra zaměstnanosti	0,0414	1	
HDP	-0,0915	0,3266	1

Tabulka 5: Korelace produktivity práce, míry zaměstnanosti a HDP; USA (OECD 2019a, 2019c, 2019d, vlastní zpracování)

Vztah produktivity práce s mírou zaměstnanosti a růstem HDP se tedy nepodařilo prokázat na hladině významnosti $\alpha = 0,005$. Slabá nepřímá závislost v rámci České ekonomiky může být způsobena pouhou shodou okolností vzhledem ke kratší historii sběru dat v této oblasti. Zajímavý výsledek ovšem korelační analýza ve vztahu k míře zaměstnanosti a růst HDP. Potvrzuje se tak pouze základní makroekonomický předpoklad, že při růstu poptávky v době konjunktury dochází ke zlepšení stavu trhu práce.

9 Shrnutí výsledků

Na základě popisu a určení klíčových veličin je v programu Stella Professional nejprve vytvořen diagram hladin a toků odrážející vhodnou míru abstrakce modelovaného problému. Tento diagram je v dalším kroku doplněn o specifikaci vnitřní struktury, tedy určení rozhodovacích pravidel, čímž vzniká model. Základem pro simulaci v časovém horizontu roku 2035 je odhad vývoje dostupných pracovních sil, tři různé scénáře ekonomického růstu a tři různé poměry zániku a vzniku nových pracovních míst na jednotku automatizace, které jsou v rámci modelu zadány maticí na obrázku 6.

Výsledkem simulace modelovaného problému jsou grafy 5 až 8, na kterých lze pozorovat průběh meziroční změny hladin Zaměstnaných, Automatizace a Pracovních míst. Čtvrtým výstupem je průběh míry nezaměstnanosti. Parametrem této simulace je střední výhled ekonomického růstu v kombinaci se třemi zmíněnými poměry. Hladina automatizace ve všech případech stoupá přes počet 40 000 robotů a na konci simulovaného období čítá pro poměr podle Freye a Osborna (7:2) 52 485 robotů, kdežto pro poměr podle studie profesorky Arntz (7:6) 61 017 robotů. Pro třetí poměr podle závěrů světového ekonomického fóra (4:1) jde o počet 57 042 robotů. Pracovní místa klesají nepřímou lineární závislostí podle poměru. Počet zaměstnaných osob klesá v souladu s předpoklady nejvíce pro poměr 7:2 a dosahuje 5 145 000 zaměstnaných v roce 2035 s příslušnou mírou nezaměstnanosti 4,8 %. Zbylé dva scénáře se vykazují v zásadě podobným průběhem, nicméně s nižší strmostí. Pro poměr vzniku a zániku 7:6 skončila simulace s mírou nezaměstnanosti 2,6 %. Pro poslední z poměrů šlo o hodnotu 3,4 % při 5 221 200 zaměstnaných.

Simulace je provedena i pro různé scénáře ekonomického růstu a za použití poměru 7:2. Výsledky lze pozorovat na grafech v příloze č. 3 této práce. Výsledky simulace pro zmiňované parametry se vyznačují strmějším průběhem křivky pro scénář vysokého meziročního růstu HDP, který urychluje celý proces pořizování robotů do výroby. Hladina automatizace v tomto konkrétním případě dosahuje téměř ke stotisícové hranici počtu robotů, konkrétně 95 616 s mírou nezaměstnanosti blížící se hranici 6 %.

Porovnání průměrného růstu produktivity práce pro stanovená období a země je k vidění v tabulce 1. Z údajů v této tabulce, průběhu změny růstu na grafu 9 a výsledků základní popisné statistiky v tabulce 2 lze usuzovat na extrémnější průběh změn produktivity práce

v rámci České republiky. Například rozpětí minima a maxima je v rámci České republiky 10,03, kdežto pro americkou ekonomiku pouhých 4,65. Minima růstu produktivity práce dosahuje německá a česká ekonomika shodně v době probíhající krize v roce 2009, jde o růst -2,56 %, resp. -2,46 %.

Výsledkem korelační analýzy vztahu produktivity práce, meziroční změny nezaměstnanosti a růstu HDP v rámci tří zvolených ekonomik jsou na hladině významnosti $\alpha = 0,005$ příslušné korelační koeficienty. Z výsledků pro Českou republiku v tabulce 3 vyplývá s hodnotou korelačního koeficientu -0,29 mírná nepřímá lineární závislost produktivity s mírou nezaměstnanosti a s koeficientem -0,37 mírná nepřímá lineární závislost s růstem HDP. Objevuje se zde ovšem silná lineární závislost růstu HDP a růstu míry zaměstnanosti.

Výsledky pro německou a americkou ekonomiku jsou k nalezení v tabulce 4, respektive 5. Německá ekonomika podobně jako česká vykazuje silnou lineární závislost ve vztahu růstu HDP a míry zaměstnanosti, a to s korelačním koeficientem 0,95. Nicméně lineární vztah produktivity práce k těmto dvěma veličinám není průkazný s koeficienty -0,09, resp. -0,14. Vztah v rámci americké ekonomiky je velmi podobný s korelačním koeficientem 0,04 pro vztah produktivity práce a míry zaměstnanosti a shodně s Německem -0,09 pro růst HDP. Míra zaměstnanosti v USA vykazuje mírný lineární vztah s růstem HDP. Hodnota koeficientu je 0,33.

10 Závěry a doporučení

Cílem diplomové práce je za pomoci definovaných metod odpovědět na otázku: vezmou nám roboti práci? Tato výzkumná otázka je pouze úzkým vymezením širšího problému, kterým je vliv technického pokroku na trh práce. Závěry z důkladné literární rešerše ukazují na neshodu napříč akademickým světem téměř ve všech aspektech problému. V otázce teoretického potenciálu automatizace současných pracovních činností se závěry studie Freye a Osborna (2013) rozcházejí se závěry profesorky Arntz (et al. 2016) o desítky procent. Obě tyto studie se nicméně v souladu například s Dauthem (et al. 2017) shodují v tom, že teoretická technická proveditelnost ještě nezbytně neznamená, že dotčená místa automatizovaná budou – ekonomika je komplexní a do problému vstupuje množství faktorů.

Automatizace se na trhu práce dlouhodobě projevuje kreačně-destrukčním procesem pracovních míst. S každou jednotkou automatizace, která je pro potřeby této práce vyjádřena jako jeden další instalovaný robot, je tedy jinými slovy spojen zánik a vznik určitého počtu míst v určitém poměru. Model vytvořený pro naplnění hlavního cíle práce je snahou prozkoumat dynamiku tří takových poměrů a jejich vliv na počet pracovních míst a počet zaměstnanců s přihlédnutím na různé scénáře ekonomického růstu a demografický vývoj. Poměry zaniklých k vzniklým místům jsou 7:2 podle Freye a Osborna (2013), 7:6 podle Arntz (et al. 2016) a 4:1 podle reportu Světového ekonomického fóra (2016).

Pro učinění závěru o ústřední otázce práce na základě shromážděných poznatků a modelu je třeba si nejprve přesně vymezit rozsah této otázky. Bere technologie, reprezentovaná v současné době automatizací a roboty lidem práci? Rozhodně ano a tento proces probíhá již přes 250 let, nicméně nové práce vznikají. Je nutné se obávat, že v blízké budoucnosti stoupne kvůli automatizaci nezaměstnanosti na úroveň nesrovnatelnou s působením běžných ekonomických procesů, tedy že roboti vezmou lidem práci? Na základě simulací s nejpesimističtější odhadem působení automatizace autor práce činí závěr, že ne.

Zbývá se tak věnovat produktivitě práce. Je nepopiratelným faktem, že růst produktivity práce se za poslední dekádu výrazně zpomalil, což je v praktické části této práce dokázáno. Důvody zpomalení růstu jsou předmětem akademických debat, stejně jako implikace této skutečnosti. Mohlo by se jednat o znepokojivou situaci, signál pomalého

technického pokroku a předzvěst zpomalujícího se ekonomického růstu. Přece jenom je podle Krugmana (1997) z dlouhodobého hlediska na schopnosti zvýšit výstup na pracovníka závislá životní úroveň států. Lineární závislost mezi růstem produktivity práce a růstem HDP se ovšem na základě korelační analýzy a na hladině významnosti 95 % neprokázala a obě hypotézy jsou tak na základě výsledků z německé a americké ekonomiky zamítnuty. Mírná nepřímá korelace v rámci České republiky může být jednoduše vysvětlena shodou okolností z důvodu nižší historie dat, kdy produktivita práce v poslední dekádě celosvětově klesla, nicméně po ekonomické krizi došlo k růstu ekonomiky. Kromě zamítnutí daných hypotéz se autor na základě prosté korelace zdráhá učinit jakékoli závěry o vztahu ekonomického růstu a produktivity práce.

Doporučení vycházejí jak ze závěrů praktické části, tak teoretické části. Podle čistě osobního názoru autora je obava z masivní nezaměstnanosti vyvolané automatizací přehnaná. Lidé jsou jako jednotlivci i společnost velmi dobří v adaptaci, mají-li k ní čas a autonomní továrny, ve kterých roboti s kognitivními schopnostmi řízení umělou inteligencí produkují zboží, jsou i přes technické pokroky stále ještě science fiction. Pokud by k něčemu podobnému mělo v budoucnu dojít, společnost bude nucena vymyslet mechanismus přerozdělování. Stále se totiž nabízí otázka: kdo dané zboží bude kupovat? Mnohem reálnějším problémem jsou polarizující změny na trhu práce v důsledku automatizace a digitalizace. Zatímco celková zaměstnanost je stejná, zvyšuje se poptávka zároveň po velmi schopných a nekvalifikovaných pracovnících. Mizí střední třída. Tato dynamika je popsána v kapitole 6. Doporučením pro jednotlivce je tedy vzdělání s cílem dostat se do té první skupiny. Další výzkum by se mohl věnovat mechanismům přerozdělování bohatství.

11 Seznam použité literatury

BRYNJOLFSSON, Erik a Andrew MCAFEE. *Druhý věk strojů: práce, pokrok a prosperita v éře špičkových technologií*. V Brně: Jan Melvil Publishing, 2015, 295 s. Pod povrchem. ISBN 978-80-87270-71-4.

BUREŠ, Vladimír. *Systémové myšlení pro manažery*. Praha: Professional Publishing, 2011, 195 s. ISBN 978-80-7431-037-9.

CARR, Nicholas G. *The glass cage: automation and us*. New York: W.W. Norton & Company, 2014, 276 s. ISBN 978-0-393-24076-4.

FLASIŃSKI, Mariusz. *Introduction to Artificial Intelligence*. 1. Switzerland: Springer, 2016, 321 s. ISBN 978-3-319-40020-4.

GORDON, Robert J. *The rise and fall of American growth: the U.S. standard of living since the Civil War*. Princeton: Princeton University Press, [2016], 784 s. Princeton economic history of the Western world. ISBN 978-0-691-14772-7.

HENDERSON, David R., ed. *The concise encyclopedia of economics*. Indianapolis, Ind.: Liberty Fund, c2008, 656 s. ISBN 978-086-5976-658.

HOLMAN, Robert et al. *Dějiny ekonomického myšlení*. 2. vyd. Praha: C.H. Beck, 2001, 544 s. Beckovy ekonomické učebnice. ISBN 80-7179-631-X.

HOLMAN, Robert. *Makroekonomie: středně pokročilý kurz*. Praha: C.H. Beck, 2004, 424 s. Beckovy ekonomické učebnice. ISBN 80-7179-764-2.

KAPLAN, Jerry. *Humans need not apply: A Guide to Wealth and Work in the Age of Artificial Intelligence*. 1. New Haven: Yale University Press, 2015, 251 s. ISBN 978-0-300-21355-3.

KRUGMAN, Paul R. *The age of diminished expectations: US economic policy in the 1990s*. 3. Cambridge: MIT Press, 1997, 244 s. ISBN 978-0-262-61134-3.

MANKIW, N. Gregory. *Macroeconomics*. Ninth edition. New York: Worth Publishers, [2016]. ISBN 978-1-4641-8289-1.

MAŘÍK, Vladimír. *Průmysl 4.0: výzva pro Českou republiku*. Praha: Management Press, 2016, 272 s. ISBN 978-807-2614-400.

MOORE, Gordon E. Cramming more components onto integrated circuits. *Electronics*. 1965, **38**(8).

MORRIS, Ian. *Why the West rules-- for now: the patterns of history, and what they reveal about the future*. New York: Farrar, Straus and Giroux, 2010, 768 s. ISBN 978-0374290023.

O'REGAN, Gerard. *Introduction to the history of computing: a computing history primer*. New York, NY: Springer Berlin Heidelberg, 2016, 296 s. ISBN 978-3-319-33137-9.

PIKETTY, Thomas. *Capital in the twenty-first century*. Cambridge Massachusetts: The Belknap Press of Harvard University Press, 2014, 816 s. ISBN 978-067-4430-006.

RUSSELL, Stuart J. a Peter NORVIG. *Artificial intelligence: a modern approach*. Third edition. Boston: Pearson, 2016, 1152 s. Prentice Hall series in artificial intelligence. ISBN 978-129-2153-964.

SCHWAB, Klaus. *The fourth industrial revolution*. Geneva: World Economic Forum, 2016, 172 s. ISBN 978-1-944835-01-9.

STERMAN, John. *Business dynamics: systems thinking and modeling for a complex world*. Boston: Irwin/McGraw-Hill, c2000, 982 s. ISBN 00-723-1135-5.

ŠTECHA, Jan a Vladimír HAVLENA. *Teorie dynamických systémů*. Praha: Ediční středisko ČVUT, 2005. Skriptum. ČVUT FEL.

WEST, Darrell M. *The future of work: robots, AI, and automation*. Washington, D.C.: Brookings Institution Press, [2018], 176 s. ISBN 978-081-5732-938.

12 Online zdroje

ACEMOGLU, Daron a Pascual RESTREPO. Robots and Jobs: Evidence from US Labor Markets. *MIT Department of Economics Working Paper No. 17-04* [online]. 2017 [cit. 2019-04-12]. DOI: 10.2139/ssrn.2940245. Dostupné z: <https://dx.doi.org/10.2139/ssrn.2940245>

ALHARTHI, Abdulkhaliq, Vlad KROTOV a Michael BOWMAN. Addressing barriers to big data. *Business Horizons* [online]. 2017, **60**(3), 285-292 [cit. 2019-04-02]. DOI: 10.1016/j.bushor.2017.01.002. ISSN 00076813. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0007681317300022>

AUTOR, David H. Work of the Past, Work of the Future. *American Economic Association: Papers and Proceeding*, forthcoming[online]. 2019, **109** [cit. 2019-04-09]. Dostupné z: <https://economics.mit.edu/files/16724>

AUTOR, David H. a Anna SALOMONS. Is Automation Labor Share-Displacing? Productivity Growth, Employment, and the Labor Share. *Brookings Papers on Economic Activity* [online]. 2018, (1), 1-87 [cit. 2019-04-12]. DOI: 10.1353/eca.2018.0000. ISSN 1533-4465. Dostupné z: <https://muse.jhu.edu/article/707704>

AUTOR, David H. Why Are There Still So Many Jobs? The History and Future of Workplace Automation. *Journal of Economic Perspectives* [online]. 2015, **29**(3), 3-30 [cit. 2019-04-02]. DOI: 10.1257/jep.29.3.3. ISSN 0895-3309. Dostupné z: <http://pubs.aeaweb.org/doi/10.1257/jep.29.3.3>

ARNTZ, Melanie, Terry GREGORY a Ulrich ZIERAHN. Revisiting the risk of automation. *Economics Letters*[online]. 2017, **159**, 157-160 [cit. 2019-04-12]. DOI: 10.1016/j.econlet.2017.07.001. ISSN 01651765. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0165176517302811>

ARNTZ, Melanie, Terry GREGORY a Ulrich ZIERHAN. The Risk of Automation for Jobs in OECD Countries: A Comparative Analysis. *OECD Social, Employment and Migration Working Papers* [online]. 2016, (189) [cit. 2019-04-12]. DOI: 10.1787/5jlz9h56dvq7-en. Dostupné z: <https://doi.org/10.1787/5jlz9h56dvq7-en>

ASTM.org: *Additive Manufacturing Overview* [online]. [cit. 2019-04-02]. Dostupné z: <https://www.astm.org/industry/additive-manufacturing-overview.html>

BLOOM, Nicholas, Charles I. JONES, John Van Reenen a Michael WEBB. *Are ideas getting harder to find?. Research Papers repec:ecl:stabus:3592*[online], Stanford University, Graduate School of Business, 2017, 54 [cit. 2019-3-21]. Dostupné také z: <https://ideas.repec.org/p/ecl/stabus/repececlstabus3592.html>

BOSLAUGH, Sarah E. Innovation. *Encyclopedia Britannica* [online]. Encyclopædia Britannica, 2019 [cit. 2019-03-27]. Dostupné z: <https://www.britannica.com/topic/innovation-creativity>

BRAUN, Elizabeth A.R. Feudalism. *Encyclopedia Britannica* [online]. Encyclopædia Britannica, 2019 [cit. 2019-03-19]. Dostupné z: <https://www.britannica.com/topic/feudalism>

BROADBERRY, Stephen, Bruce CAMPBELL, Alexander KLEIN, Mark OVERTON a Bas LEEUWEN. *British Economic Growth, 1270-1870: an output-based approach* [online]. 2011, 51 [cit. 2019-03-20]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/254453531_British_Economic_Growth_1270-1870_an_output-based_approach

BRYNJOLFSSON, Erik. The productivity paradox of information technology. *Communications of the ACM*[online]. 1993, **36**(12), 66-77 [cit. 2019-03-24]. DOI: 10.1145/163298.163309. ISSN 00010782. Dostupné z: <http://portal.acm.org/citation.cfm?doid=163298.163309>

BYRNE, David M., John G. FERNALD a Marshall B. REINSDORF. Does the United States Have a Productivity Slowdown or a Measurement Problem?. *Brookings Papers on Economic Activity* [online]. Economic Studies Program, The Brookings Institution, 2016, (47), 109-182 [cit. 2019-03-29]. Dostupné z: <https://ideas.repec.org/a/bin/bpeajo/v47y2016i2016-01p109-182.html>

CAMPA, Riccardo. Technological unemployment. A brief history of an idea. *Orbis Idearum* [online]. 2018, **6**(2), 57-79 [cit. 2019-04-06]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/314187966_Technological_Unemployment_A_Brief_History_of_an_Idea

CAMPBELL-KELLY, Martin, William ASPRAY, Nathan ENSMINGER, Jeffrey R. YOST a William ASPRAY. *Computer: a history of the information machine*. Third edition. Boulder, CO: Westview Press, A Member of the Perseus Books Group, [2014], 296 s. ISBN 978-0-8133-4591-8.

CROWE, Steve. Rethink Robotics closes its doors. *The Robot Report: Exploring the business and applications of robotics* [online]. 2018 [cit. 2019-04-03]. Dostupné z: <https://www.therobotreport.com/rethink-robotics-closes-its-doors/>

CZSO.cz: Nové ukazatele nezaměstnanosti. *Český statistický úřad* [online]. [cit. 2019-04-06]. Dostupné z: <https://www.czso.cz/csu/czso/fd002a259d>

DAUTH, Wolfgang, Sebastian FINDEISEN, Jens SÜDEKUM a Nicole WÖßNER. *German robots - the impact of industrial robots on workers: IAB-Discussion Paper, 30/2017* [online]. Nürnberg, Germany, 2017 [cit. 2019-04-12]. Dostupné z: <https://doku.iab.de/discussionpapers/2017/dp3017.pdf>

FERNALD, John G. Productivity and Potential Output before, during, and after the Great Recession. *NBER Macroeconomics Annual* [online]. 2015, **29**(1), 1-51 [cit. 2019-04-03]. DOI: 10.1086/680580. ISSN 0889-3365. Dostupné z: <https://www.journals.uchicago.edu/doi/10.1086/680580>

FREY, Carl B. a Michael OSBORNE. Automation and the future of work - understanding the numbers. *Oxford Martin School* [online]. 2018 [cit. 2019-04-12]. Dostupné z: <https://www.oxfordmartin.ox.ac.uk/opinion/view/404>

FREY, Carl B. a Michael OSBORNE. *The Future of Employment: How susceptible are jobs to computerisation?* Working Paper [online]. Oxford Martin Programme on Technology and Employment, 2013 [cit. 2019-04-12]. Dostupné z: <https://www.oxfordmartin.ox.ac.uk/downloads/academic/future-of-employment.pdf>

GOOS, Maarten, Alan MANNING a Anna SALOMONS. Explaining Job Polarization: Routine-Biased Technological Change and Offshoring. *American Economic Review* [online]. 2014, **104**(8), 2509-2526 [cit. 2019-04-08]. DOI: 10.1257/aer.104.8.2509. ISSN 0002-8282. Dostupné z: <http://pubs.aeaweb.org/doi/10.1257/aer.104.8.2509>

GORDON, Robert J. *Is U.S. economic growth over? Faltering Innovation confronts the six headwinds*. Working paper 18315 [online]. Cambridge, MA: National Bureau of Economic Research, 2012, 25 s. [cit. 2019-03-24] Dostupné také z: <https://www.nber.org/papers/w18315>

GOTTLIEB, Josh a Khaled RIFAI. Fueling growth through data monetization. *McKinsey&Company* [online]. 2017 [cit. 2019-04-02]. Dostupné z: <https://www.mckinsey.com/business-functions/mckinsey-analytics/our-insights/fueling-growth-through-data-monetization>

HOLANOVÁ, Tereza. Práci ovládnou roboti. Nová průmyslová revoluce přichází, Mládek představil návod pro vládu. *Aktuálně.cz* [online]. 2016 [cit. 2019-04-12]. Dostupné z: <https://zpravy.aktualne.cz/ekonomika/praci-ovladnou-roboti-nova-prumyslova-revoluce-prichazi-mlad/r~d70b141edb1e11e59d7b0025900fea04/>

HUEBNER, Jonathan. A possible declining trend for worldwide innovation. *Technological Forecasting and Social Change* [online]. 2005, **72**(8), 980-986 [cit. 2019-03-22]. DOI: 10.1016/j.techfore.2005.01.003. ISSN 00401625. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0040162505000235>

CHMELARĚ, Aleš, Stanislav VOLČÍK, Aleš NECHUTNA a Ondřej HOLUB. *Dopady digitalizace na trh práce v ČR a EU* [online]. Oddělení strategie a trendů EU. Úřad vlády České republiky, 2015 [cit. 2019-04-12]. Dostupné z: <https://www.vlada.cz/assets/evropske-zalezitosti/analyzy-EU/Dopady-digitalizace-na-trh-prace-CR-a-EU.pdf>

Ifr.org: Robot History [online]. International Federation of Robotics [cit. 2019-04-03]. Dostupné z: <https://ifr.org/robot-history>

IFR.org: Global industrial robot sales doubled over the past five years [online]. IFR Press Release, 2018 [cit. 2019-04-016]. Dostupné z: <https://ifr.org/ifr-press-releases/news/global-industrial-robot-sales-doubled-over-the-past-five-years>

KRUGMAN, Paul. The Austerity Agenda. *The New York Times* [online]. 2012 [cit. 2019-03-27]. Dostupné z: <https://www.nytimes.com/2012/06/01/opinion/krugman-the-austerity-agenda.html>

LEE, In. Big data: Dimensions, evolution, impacts, and challenges. *Business Horizons* [online]. 2017, **60**(3), 293-303 [cit. 2019-04-02]. DOI: 10.1016/j.bushor.2017.01.004. ISSN 00076813. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0007681317300046>

MOKYR, Joel. The Second Industrial Revolution, 1870-1914. *Storia dell'economia Mondiale* [online]. Rome: Laterza Publishing, 1999, , 219-245 [cit. 2019-03-25]. Dostupné z: https://en-econ.tau.ac.il/sites/economy_en.tau.ac.il/files/media_server/Economics/PDF/Mini%20courses/castronovo.pdf

OECD. *Labour productivity and utilisation (indicator)* [online]. 2019a [cit. 2019-03-24]. DOI: 10.1787/02v02f63-en. Dostupné z: <https://data.oecd.org/lprdy/labour-productivity-and-utilisation.htm>

OECD. *Real GDP long-term forecast (indicator)* [online]. 2019b [cit. 2019-04-16]. DOI: 10.1787/d927bc18-en. Dostupné z: <https://data.oecd.org/gdp/real-gdp-long-term-forecast.htm>

OECD. *Employment rate (indicator)* [online]. 2019c [cit. 2019-04-17]. DOI: 10.1787/1de68a9b-en. Dostupné z: <https://data.oecd.org/emp/employment-rate.htm>

OECD. *Gross domestic product (GDP) (indicator)* [online]. 2019d [cit. 2019-04-17]. DOI: 10.1787/dc2f7aec-en. Dostupné z: <https://data.oecd.org/gdp/gross-domestic-product-gdp.htm>

PENDLETON, Scott D., Hans ANDERSEN, Xinxin DU, Xiaotong SHEN, Malika MEGHJANI, You Hong ENG, Daniela RUS a Marcelo H. ANG. Perception, Planning, Control, and Coordination for Autonomous Vehicles. *Machines* [online]. 2017, **5**(1):6 [cit. 2019-04-02]. Dostupné z: <https://www.mdpi.com/2075-1702/5/1/6>

RANOŠOVÁ, Tereza. Roboti přispějí k zániku čistě mužských povolání. Ženské profese naopak posílí. *Lidovky.cz* [online]. 2017 [cit. 2019-04-12]. Dostupné z: https://www.lidovky.cz/byznys/firmy-a-trhy/roboti-prispeji-k-zaniku-ciste-muzskych-povolani-zenske-profese-naopak-posili.A170509_143608_firmy-trhy_pave

REINSEL, David, John GANTZ a John RYDNIG. The Digitization of the World: From Edge to Core. *IDC White Paper* [online]. 2018, , 28 [cit. 2019-03-22]. Dostupné z: <https://www.seagate.com/files/www-content/our-story/trends/files/idc-seagate-dataage-whitepaper.pdf>

RILEY, James C. Estimates of Regional and Global Life Expectancy, 1800-2001. *Population and Development Review* [online]. JSTOR, 2005, **31**(3), 537-543 [cit. 2019-03-21]. Dostupné z: www.jstor.org/stable/3401478.

ROSER, Max. Economic Growth. *Our World in Data* [online]. 2019 [cit. 2019-03-24]. Dostupné z: <https://ourworldindata.org/economic-growth>

SAE J3016, 2018. *Taxonomy and Definitions for Terms Related to Driving Automation Systems for On-Road Motor Vehicles*. 3. United States: SAE International.

SCHWAB, Klaus a Richard SAMANS. The Future of Jobs: Employment, Skills and Workforce Strategy for the Fourth Industrial Revolution. *World Economic Forum - Global Challenge Insight Report* [online]. World Economic Forum, 2016 [cit. 2019-04-15]. Dostupné z: http://www3.weforum.org/docs/WEF_Future_of_Jobs.pdf

SOLOW, Robert M. We'd Better Watch Out. *New York Times Book Review* [online]. 1987. [cit. 2019-03-24] Dostupné také z: <http://www.standupeconomist.com/pdf/misc/solow-computer-productivity.pdf>

SYVERSON, Chad. Will History Repeat Itself? Comments on "Is the Information Technology Revolution Over?". *International Productivity Monitor* [online]. 2013, (25), 37-40 [cit. 2019-03-24]. Dostupné z: <http://www.csls.ca/ipm/25/IPM-25-Syverson.pdf>

SYVERSON, Chad. Challenges to Mismeasurement Explanations for the U.S. Productivity Slowdown. *Journal of Economic Perspectives* [online]. American Economic Association, 2017, (31 No. 2), 165-186 [cit. 2019-03-29]. Dostupné z: https://www.aeaweb.org/full_issue.php?doi=10.1257/jep.31.2

VDB CZSO: Veřejná databáze Českého statistického úřadu [online]. [cit. 2019-04-16]. Dostupné z: <https://vdb.czso.cz/vdbvo2/faces/cs/index.jsf?page=statistiky>

Seznam příloh

Příloha 1: Graf vztahu populace k HDP per capita, Velká Británie 1280–1770 (Roser 2019)

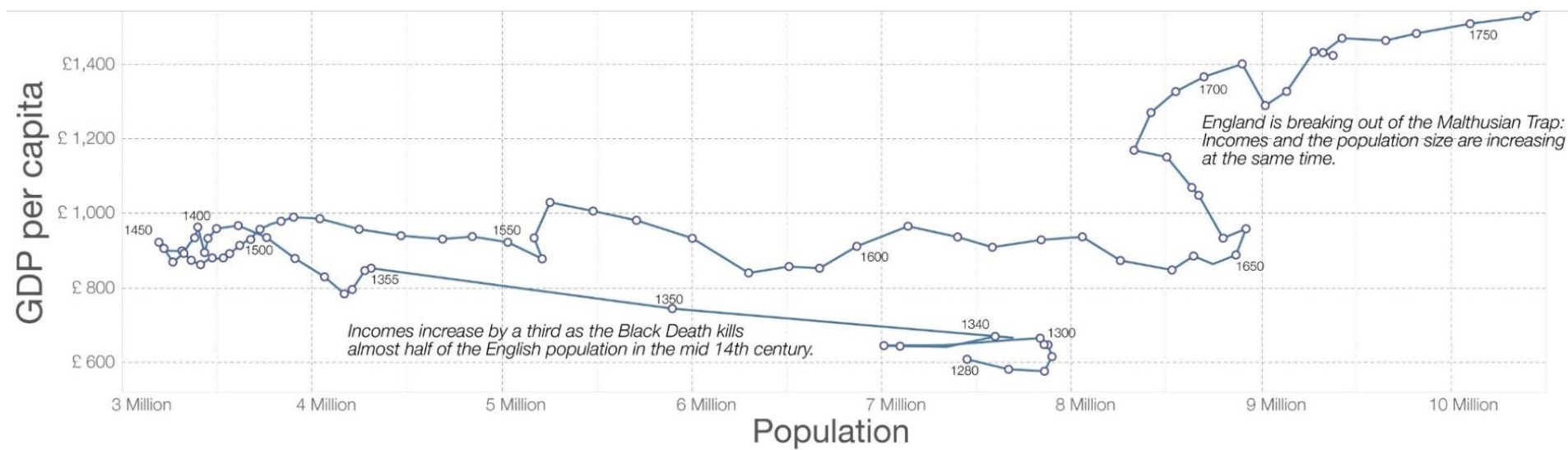
Příloha 2: Diagram hladin a toků modelu automatizace (vlastní zpracování)

Příloha 3: Grafy simulace různých scénářů růst HDP s poměrem podle Freye a Osborna (Model, vlastní zpracování)

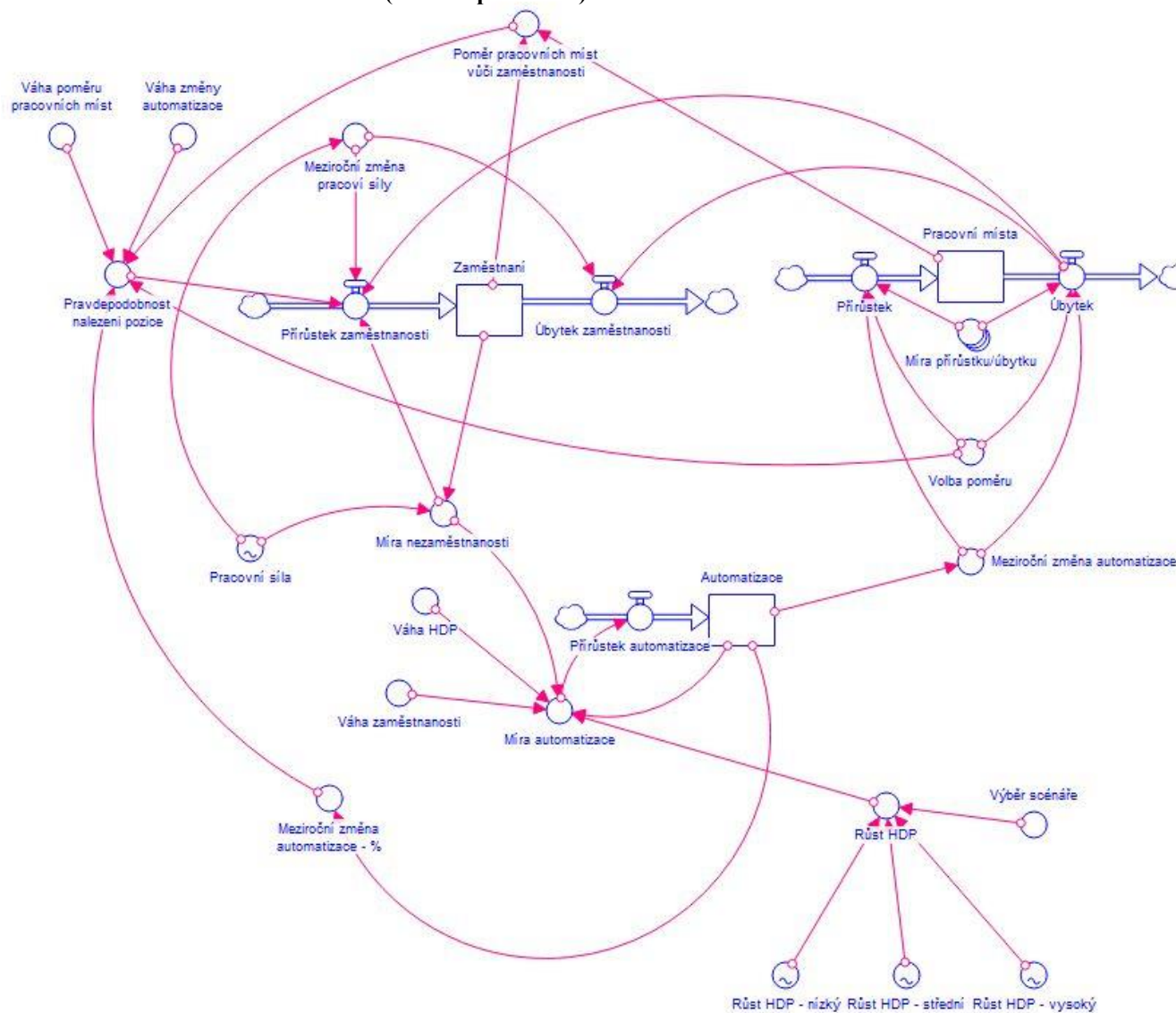
Příloha 4: Grafy simulace testu senzitivity na změnu růstu parametru automatizace o 700 % (Model, vlastní zpracování)

Příloha 5: Diagram navrhovaného rozšíření o části stran nabídky a poptávky (vlastní zpracování)

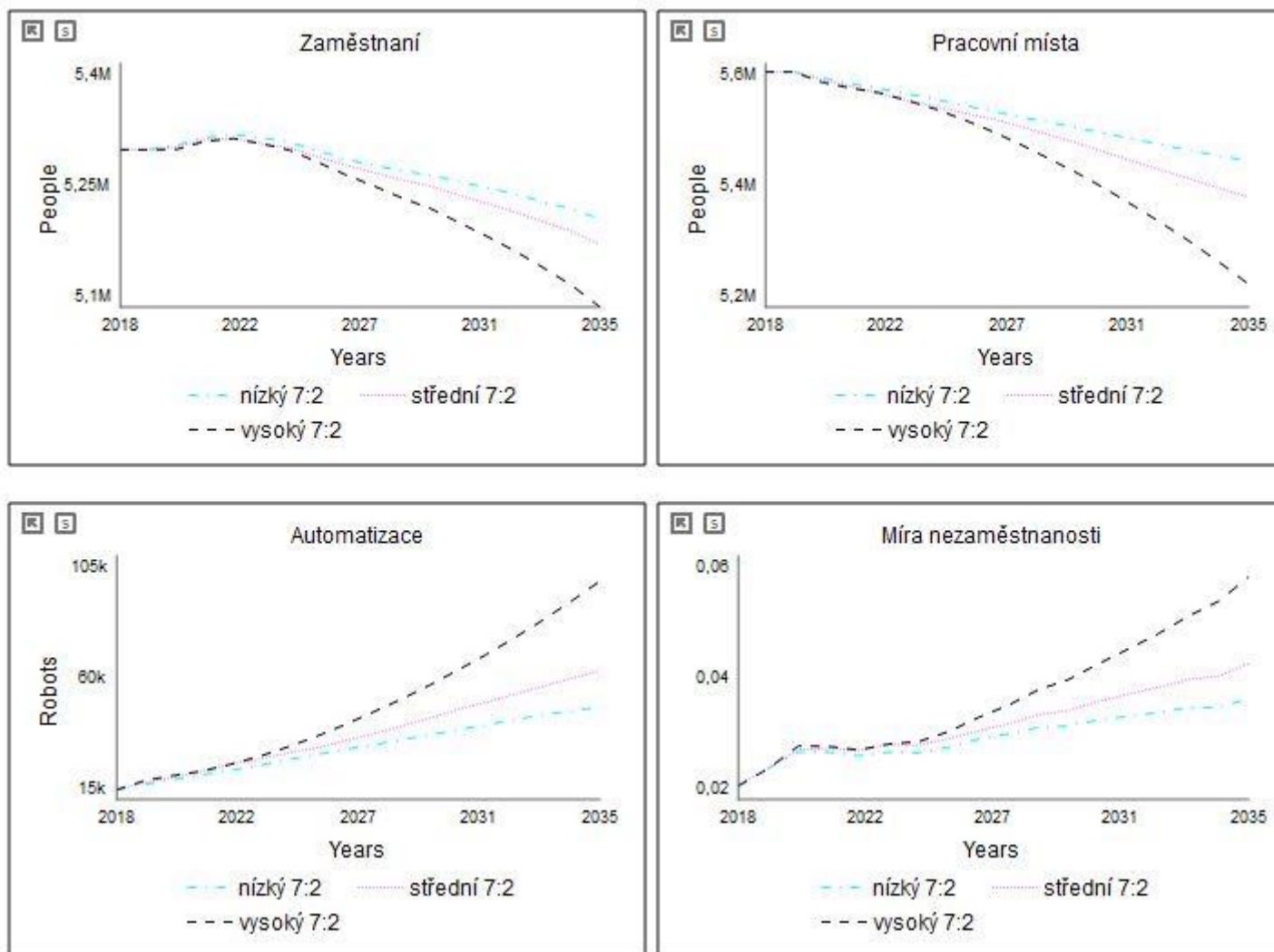
Příloha 1: Graf vztahu populace k HDP per capita, Velká Británie 1280–1770 (Roser 2019)



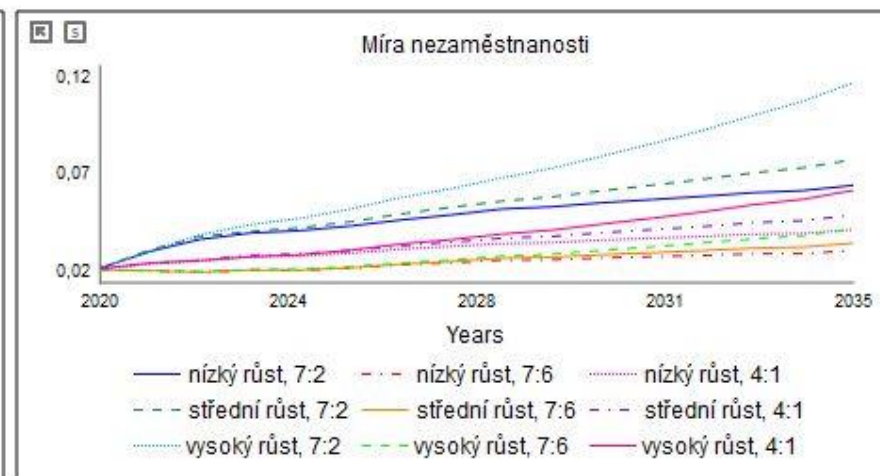
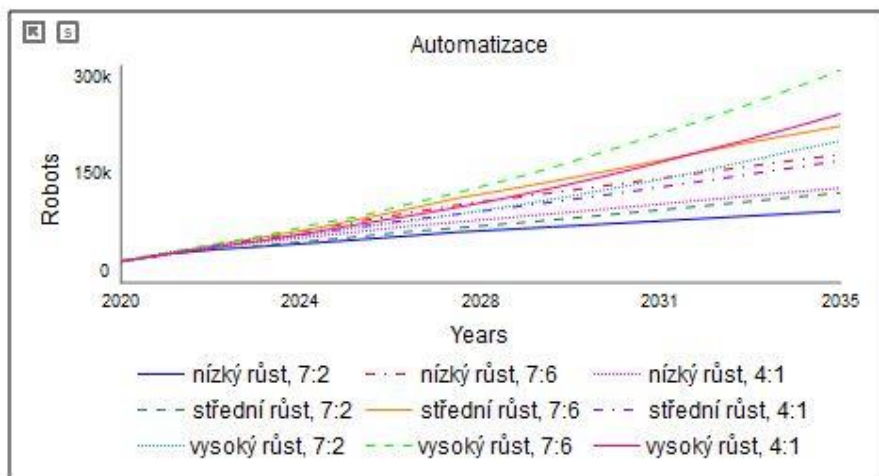
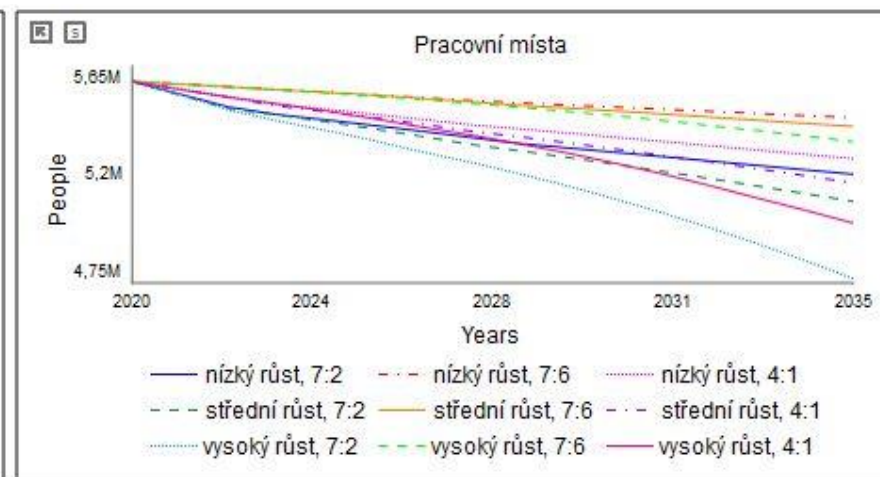
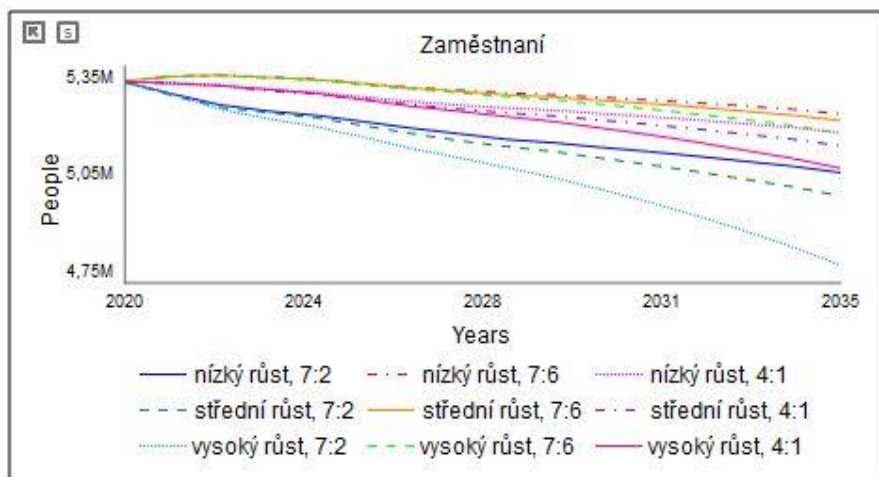
Příloha 2: Diagram hladin a toků modelu automatizace (vlastní zpracování)



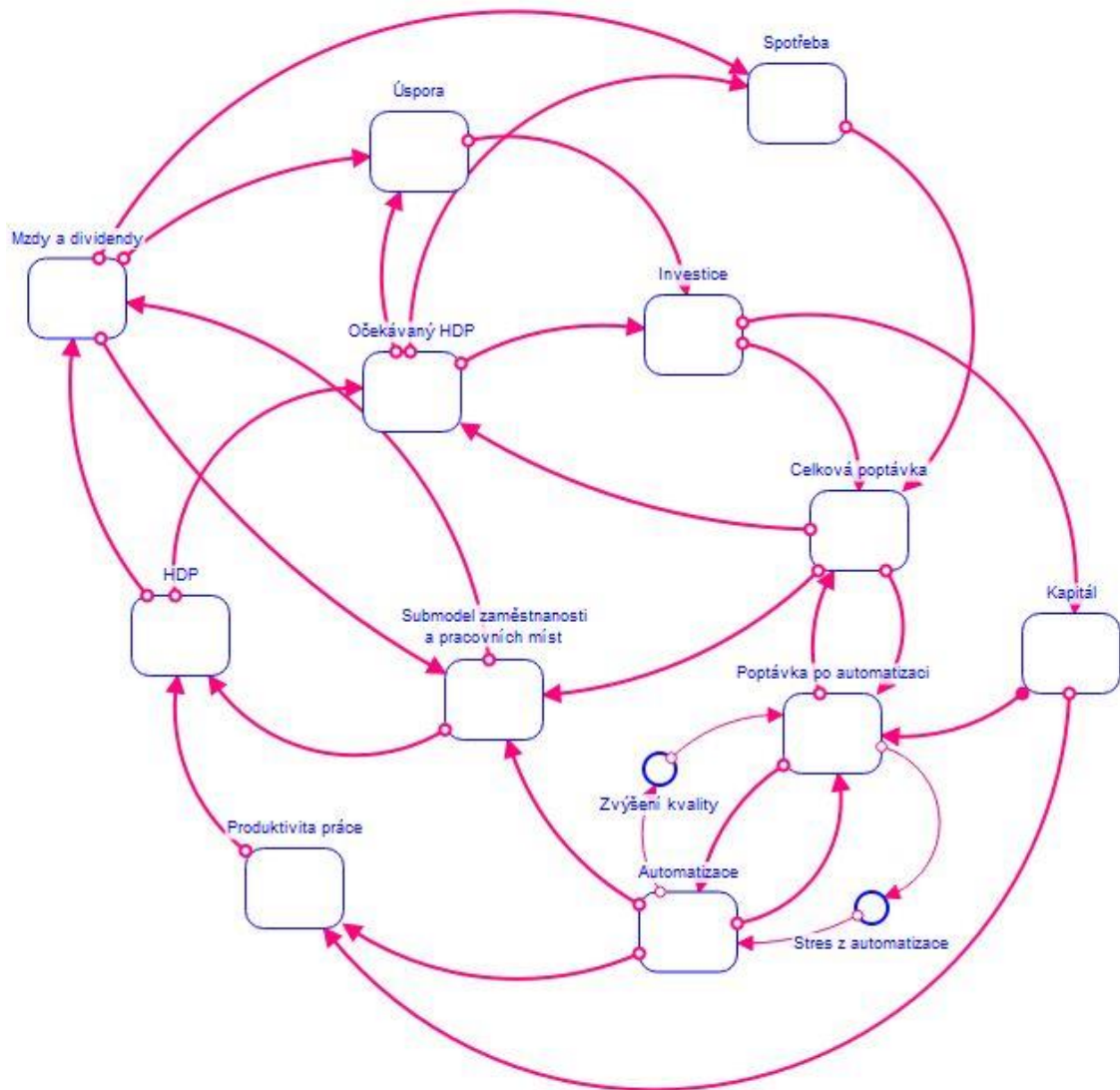
Příloha 3: Grafy simulace různých scénářů růst HDP s poměrem podle Freye a Osborna (Model, vlastní zpracování)



Příloha 4: Grafy simulace testu senzitivity na změnu růstu parametru automatizace o 700 % (Model, vlastní zpracování)



Příloha 5: Diagram navrhovaného rozšíření o části stran nabídky a poptávky (vlastní zpracování)



Podklad pro zadání DIPLOMOVÉ práce studenta

PŘEDKLÁDÁ:	ADRESA	OSOBNÍ ČÍSLO
Bc. Franc Bohumil	Lhota Netřeba 7, Podbřezi - Lhota Netřeba	11600295

TÉMA ČESKY:

Vezmou nám roboti práci?

TÉMA ANGLICKY:

Will robots take our jobs?

VEDOUcí PRÁCE:

Ing. Martina Hedvičáková, Ph.D. - KE

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ:

Cíl:

Cílem je přinést odpověď na ústřední otázku za pomoci modelu systémové dynamiky a následné simulace scénářů a parametrů získaných studiem dostupných odborných zdrojů.

Osnova:

1. Úvod
2. Cíl práce a metodika
3. Historický kontext průmyslových revolucí
4. Produktivita práce
5. Současná technologie
6. Trh práce
7. Modely systémové dynamiky
8. Praktická část
9. Shrnutí výsledků
10. Závěry a doporučení
11. Seznam použité literatury
12. Online zdroje

SEZNAM DOPORUČENÉ LITERATURY:

Knihy:

Brynjolfsson, E.-McAfee A.: Druhý věk strojů. Jan Melvil 2015

Mařík, V.: Průmysl 4.0: Výzva pro Českou republiku. Management press 2016

Kaplan, J.: Humans Need not Apply: A Guide to Wealth and Work in the Age of Artificial Intelligence. Yale University Press 2015

Schwab, K.: The fourst industrial revolution. Currency 2017

Murray, C.: In our hands: A plan to replace the welfare state. Aei Press 2006

Ross, A.: The industries of the future. Simon & Schuster 2017

Susskind, A.-Susskind, R.: The future of professions. Oxford University press 2015

Neufeind, M.-O'Reilly, J.-Ranft, F.: Work in the Digital Age. Rowman and Littlefield 2018

Markoff, J.: Machines of Loving Grace: The Quest for Common Ground Between Humans and Robots. Ecco 2016

Ford, M.: Rise of the Robots: Technology and the Threat of a Jobless Future. Basic Books 2016

Lin, P.-Abney, K.-Bekey, A.G.: Robot Ethics: The Ethical and Social Implications of Robotics. MIT Press 2014

Tegmark, M.: Life 3.0: Being Human in the Age of Artificial Intelligence. Knopf 2017

Carr, N.: Skleněná klec. Eritos 2015

West, D.M.: The Future of Work: Robots, AI, and Automation. Brookings Institution Press 2018

Články:

Smith, A.-Anderson, J.: AI, Robotics, and the Future of Jobs. Pew research center 2014

Frey, C.B.-Osborne, M.A.: The future of employment: How susceptible are jobs to computerisation?. Oxford Martin School 2013

Podpis studenta:



Datum:

30.4.2019

Podpis vedoucího práce:



Datum:

30.4.2019