

Uniwersytet Ekonomiczny w Krakowie

Dziedzina nauki: Nauki społeczne
Dyscyplina naukowa: Ekonomia i finanse

Monika Zbozień

**WPŁYW ROBOTYZACJI PRODUKCJI NA UDZIAŁ PRACY W DOCHODZIE
NARODOWYM DLA WYBRANYCH KRAJÓW EUROPEJSKICH W LATACH 2005-2019**

Rozprawa doktorska

Promotor: Prof. zw. dr hab. Krzysztof Firlej

Kraków, 2023

Spis treści

Wprowadzenie	4
ROZDZIAŁ 1. ZNACZENIE ROZWOJU TECHNOLOGII ORAZ WYKORZYSTYWANIA ROBOTÓW W PRODUKCJI	10
1.1 Ewolucja procesów produkcyjnych pod wpływem intensyfikacji wykorzystania technologii	10
1.2 Istota postępu technicznego oraz zmian technologicznych produkcji	16
1.2.1 Charakterystyki postępu technicznego	16
1.2.2 Zmiany w produkcji wynikające z postępu technicznego	21
1.2.3 Podejścia wykorzystywane w mierzeniu zmian technologicznych	22
1.3 Ekonomiczny potencjał technologicznych przełomów	26
1.3.1 Problem płac i zatrudnienia	26
1.3.2 Kwestia wpływu technologii na produktywność	39
1.4 Pojęcie robotyzacji i jej znaczenie w kształtowaniu współczesnych procesów produkcyjnych	41
1.4.1 Roboty przemysłowe	41
1.4.2 Mechanizacja, robotyzacja i automatyzacja	47
1.5 Determinanty rozwoju rynku robotów o zastosowaniach przemysłowych	50
1.5.1 Historia rozwoju rynku robotów przemysłowych	50
1.5.2 Czynniki wpływające na rozwój robotyzacji	53
1.5.3 Wyzwania współczesnej robotyzacji	55
1.6 Społeczno-ekonomiczne implikacje robotyzacji procesów przemysłowych oraz wyzwania dla teorii ekonomii	62
1.6.1 Roboty i siła robocza. Dobra substytucyjne czy komplementarne?	62
1.6.2 Czy roboty automatycznie zwiększają produktywność i konkurencyjność?	64
1.6.3 Jak roboty zmieniają pracę?	66
1.6.4 Czy rozwój robotyzacji stanowi wyzwanie dla teorii ekonomii?	70
ROZDZIAŁ 2. ROBOTY, PRACA I PODZIAŁ DOCHODU NARODOWEGO W KONCEPCJACH ORAZ W BADANIACH NAUKOWYCH	73
2.1 Praca, kapitał i podział dochodu. Ramy pojęciowe	73
2.1.1 Pojęcie pracy oraz kapitału	73
2.1.2 Istota, pomiar oraz podział dochodu narodowego	80
2.1.3 Zagadnienie nierówności w podziale dochodu	85
2.1.4 Przyjmowane metody szacowania udziału pracy w dochodzie narodowym	95
2.2 Podejścia do mierzenia wpływu robotyzacji na pracę oraz podział dochodu	99
2.2.1 Szacowanie aktualnego stanu zjawiska oraz określanie potencjału jego rozwoju w przyszłości	99

2.2.2. Określanie dotychczasowego wpływu robotyzacji na popyt na pracę i na wynagrodzenia	102
2.2.3 Eksperymentalne podejście do kwestii robotów	109
2.3 Koncepcje zarządzania wpływem robotyzacji na udział pracy w dochodzie narodowym	110

ROZDZIAŁ 3. ROBOTYZACJA A PODZIAŁ DOCHODU NARODOWEGO. ZAŁOŻENIA ORAZ PLAN BADAŃ EMPIRYCZNYCH **120**

3.1 Uzasadnienie wyboru analizowanych krajów, przyjętych ram czasowych oraz źródeł danych	120
3.1.1 Omówienie danych o udziale pracy w dochodzie narodowym i podziale dochodu z pracy	121
3.1.2 Określenie pochodzenia danych z rynku robotów przemysłowych	124
3.1.3 Wybór źródeł informacji o innych czynnikach wpływających na udział pracy w dochodzie	126
3.2 Charakterystyka i proponowany przebieg badań	128
3.2.1 Zastosowane podejście badawcze	128
3.2.2 Specyfika danych panelowych, wybór metody estymacji	129
3.3 Identyfikacja dodatkowych wyzwań metodologicznych i potencjalnych ograniczeń w badaniu zależności między robotyzacją produkcji i udziałem pracy w dochodzie narodowym	132

ROZDZIAŁ 4. DYNAMIKA ROZWOJU RYNKU ROBOTÓW PRZEMYSŁOWYCH W KONTEKŚCIE ZMIAN NA RYNKU PRACY. FAKTOGRAFIA **140**

4.1 Robotyzacja procesów produkcyjnych w Europie i na świecie. Stan oraz perspektywy rozwoju zjawiska	141
4.1.1 Roboty przemysłowe na świecie	141
4.1.2 Charakterystyka europejskiego rynku robotów przemysłowych	144
4.1.3 Grupowanie analizowanych krajów ze względu na podobieństwa w zagęszczeniu robotów przemysłowych	152
4.2 Praca i jej udział w dochodzie narodowym. Sytuacja na świecie oraz w wybranych krajach europejskich	155
4.2.1 Zróżnicowanie czynników warunkujących udział pracy w dochodzie analizowanych krajów	155
4.2.2 Grupowanie krajów ze względu na udział pracy w dochodzie narodowym i inne cechy rynków pracy	164
4.3 Rozkład dochodów z pracy w Europie i na świecie	173
4.4 Identyfikacja zależności między poszczególnymi charakterystykami wewnątrz analizowanych gospodarek	177

ROZDZIAŁ 5. ROBOTYZACJA PRODUKCJI I UDZIAŁ PRACY W DOCHODZIE DLA WYBRANYCH KRAJÓW EUROPEJSKICH W LATACH 2005-2019. OMÓWIENIE WYNIKÓW BADAŃ	184
5.1 Znaczenie robotyzacji produkcji w kształtowaniu udziału pracy w dochodzie narodowym	184
5.2 Przekształcenia pracy jako czynnika produkcji pod wpływem zmian na rynku robotów przemysłowych	193
5.3 Podsumowanie wyników badań, wnioski końcowe	196
5.3.1 Porównanie uzyskanych wyników	196
5.3.2 Odniesienie do postawionych hipotez badawczych oraz przyjętych celów badawczych	200
5.3.3 Implikacje teoretyczne oraz praktyczne	202
5.4 Propozycje dalszych badań ekonomicznych w zakresie oddziaływania robotyzacji na pracę i jej udział w dochodzie	203
Podsumowanie	210
Bibliografia	215
Spis tabel	230
Spis wykresów	230
Spis rysunków	231
Aneks	232

Wprowadzenie

Na przestrzeni wieków ekonomiści rozwijali poglądy na temat ekonomicznego potencjału technologicznych przełomów. Ciekawiło ich nie tylko to w jaki sposób wpływają one na płace i zatrudnienie. Badano również dlaczego postęp technologiczny nie jest łatwo dostrzegalny w statystykach produktywności oraz próbowano włączyć go do analizy wzrostu gospodarczego. Mimo upływu lat nie osiągnięto konsensusu zwłaszcza w temacie tego jak technologie reagują z pracą (*Czy wzrost płac jest przyczyną, czy może raczej skutkiem wzrostu dochodu społecznego wynikającego z postępu technicznego?*), co będzie później widoczne także w dyskusjach na temat interakcji pracy i robotyzacji. Rozumienie tej ostatniej w rozprawie zostanie zawężone do rozwiązań produkcyjnych, gdyż analizowane statystyki zagęszczenia robotów przemysłowych odnoszą się do ich liczby w przeliczeniu na 10,000 zatrudnionych. Roboty takie pracują w dobrze zdefiniowanych środowiskach, przy wykonywaniu zadań produkcyjnych (*najwięcej udokumentowanych zastosowań znajduje się dla nich właśnie w sektorze produkcyjnym*).

Współczesne procesy produkcyjne badane są najczęściej jako efekt wykorzystania dwóch czynników produkcji: wspomnianej już pracy oraz kapitału (*lub też: siły roboczej i środków produkcji*). Podlegają one przeobrażeniom pod wpływem wykorzystania technologii, w tym także robotów. Czy oznacza to, że dochód, który jest wynikiem produkcji, dzielony jest w związku z tym inaczej niż wcześniej? Jeśli tak, czy roboty osłabiają, czy też może raczej wzmacniają znaczenie pracy i zwiększają dochody z niej? Idąc dalej, jeśli zmienia się charakter pracy to czy dotyczy to w różnym stopniu każdej pracy? Czy też, co mogłaby sugerować hipoteza zmian technologicznych sprzyjających kwalifikacjom, prowadzi do zwiększania luki w zakresie dystrybucji płac?

Wreszcie, dlaczego kwestie podziału dochodu i hipotetycznego wzrostu nierówności w związku z rozwojem robotyzacji produkcji miałyby być interesujące współcześnie? Wydaje się, że generalnie wzrasta zainteresowanie problematyką udziału pracy. Długo panowało przekonanie, że jest on stałą częścią dochodu, wahając się w przedziale między 60 a 80%. Gdy jednak dowiedziono, że jest to bardziej skomplikowane, zaczęto zadawać pytania o to co ten udział determinuje. Idąc dalej, można zastanawiać się nad tym czy rozwój robotyzacji przemysłu mógłby zostać uznany za jedną z determinant. Wiadomo już, że

wysoki poziom robotyzacji produkcji może prowadzić do zmniejszenia popytu na pracę. Jest to jeden z badanych efektów zmiany technologicznej zastępującej rutynowe prace, będący wynikiem malejących kosztów kapitału, które stanowią zachętę do zastępowania nim rutynowych prac. Równocześnie malejące koszty kapitału obniżają cenę dóbr, zwiększając tym samym popyt na nie, co z kolei prowadzi do powstawania dodatkowego popytu na pracę. Trzeci efekt wynika z faktu, że wzrost popytu na produkty zwiększa dochody, które są wydawane częściowo na dobra i usługi niehandlowe, tworząc lokalny popyt na siłę roboczą. Są to przeciwstawne efekty, dlatego trudno mówić o jednoznacznym wpływie robotyzacji na popyt na pracę. Największym wyzwaniem związanym z robotyzacją pozostaje jednak nie kwestia substytucji zatrudnienia, ale podziału dochodu i potencjalnego wzrostu nierówności.

Świat, w którym o podziale zadań decydują przewagi komparatywne, nie jest światem bez pracy, ale takim, w którym ewentualne zagrożenie to zmniejszanie wynagrodzeń pracowników, gdy roboty przejmują coraz większy udział prac wymagających wysokiej produktywności, a coraz większy udział dochodu przypada właścicielom maszyn. Z uwagi na fakt, że kapitał jest bardziej skoncentrowany niż praca, trend ten prowadziłby do pogłębiania nierówności.

Rozprawa jest próbą poszukiwania odpowiedzi na pytanie o to **czy rozwój robotyzacji produkcji wiąże się ze wzrostem nierówności w związku z tym, że wpływa on na spadek udziału pracy w dochodzie narodowym bądź na rozwarstwienie dochodów z pracy**. Za cel główny przyjęto określenie tego w jaki sposób robotyzacja produkcji wpływała na udział pracy w dochodzie narodowym w wybranych krajach Europy w latach 2005-2019. Przyjęto, że jego realizacja będzie możliwa pod warunkiem osiągnięcia czterech celów cząstkowych:

1. Ustalenie roli robotyzacji produkcji w zmienianiu siły przetargowej pracy oraz kapitału w procesie produkcji poprzez zbadanie czy jest ona czynnikiem istotnie wpływającym na udział pracy w dochodzie narodowym.
2. Określenie wpływu robotyzacji na udział poszczególnych grup pracowników w podziale dochodu z pracy (według grup uzyskujących różne dochody).
3. Identyfikacja przyczyn występowania różnic w zagęszczeniu robotów przemysłowych między krajami o zbliżonych cechach w kontekście zmian zachodzących na ich rynkach pracy.

4. Stworzenie instrumentów ekonomicznej analizy oddziaływania robotyzacji na pracę i jej udział w dochodzie narodowym badanych krajów - skonstruowanie modeli badających zależności między udziałem pracy w dochodzie narodowym, podziałem dochodu z pracy i zagęszczeniem robotów przemysłowych w produkcji.

W związku z przyjętymi celami weryfikacji zostanie poddana hipoteza główna, w której stwierdza się, że **w związku ze wzrostem zagęszczenia robotów przemysłowych w produkcji obserwuje się podobne zmiany w udziale pracy w dochodzie narodowym oraz w podziale dochodu z pracy w krajach o zbliżonych charakterystykach. Łącznie mogą one prowadzić do wzrostu nierówności i zwiększania różnic między krajami.** Dla ułatwienia jej weryfikacji proponuje się rozważenie trzech hipotez pomocniczych:

- Wzrost zagęszczenia robotów przemysłowych w produkcji wpływa negatywnie na zmiany w udziale pracy w dochodzie narodowym, prowadzi także do spadku udziału pracowników o niskich zarobkach w łącznych dochodach z pracy.
- Oddziaływanie czynników różnicujących na poziomie państw implikuje istotne rozbieżności w zagęszczeniu robotów przemysłowych w produkcji, przede wszystkim w krajach o różnych charakterystykach rynków pracy.
- Robotyzacja w kontekście wpływu na pracę i jej udział w dochodzie narodowym może być traktowana jako szczególny przypadek technologii.

W niniejszej rozprawie proponuje się podejście do problemu zależności między robotyzacją produkcji i podziałem dochodu narodowego z perspektywy pracy, a więc tego jak zmienia się ona w ostatnich latach, jakie czynniki na to wpłynęły i czy można zakładać, że rozwój robotyzacji był jednym z nich. Umieszczenie badanych powiązań w szerokim kontekście ma na celu podkreślenie złożoności analizowanych problemów. Przyjęcie takiej perspektywy niejako wymusiło zawężenie obszaru analizy do wybranych krajów europejskich. Europa, drugi pod względem wielkości rynek robotów przemysłowych na świecie, jest równocześnie rynkiem różniącym się od pozostałych pod wieloma względami, w tym między innymi ze względu na charakterystyki tutejszych rynków pracy. Jest ona także zróżnicowana wewnętrznie, to jest poszczególne kraje Starego Kontynentu w innym tempie adaptują rozwiązania z zakresu robotyki. Stwarza to możliwość poszukiwania powiązań między zagęszczeniem robotów w produkcji oraz udziałem pracy w dochodzie narodowym i podziałem tego dochodu z pracy ze znacznie mniejszym prawdopodobieństwem nieuwzględnienia innych czynników wpływających na udział pracy niż w przypadku

dokonywania porównań o szerszym zasięgu geograficznym, na przykład w skali całego świata. Z tego samego względu okres analizy został ograniczony do lat 2005-2019. Jest to stosunkowo krótki przedział, pozwalający jednak na badanie zmian w zagęszczeniu robotów i związanych z nimi przeobrażeń rynków pracy (*przedziały podobnej długości wykorzystali w badaniach wpływu robotyzacji na pracę między innymi: Graetz i Michaels (2018), Chiacchio, Petropoulos, Pichler (2018), Acemoglu i Restrepo (2018)*). Ważnym uzasadnieniem dokonywania podobnych zawężeń wydaje się fakt wprowadzania zmian w metodologii szacowania rocznych instalacji oraz zagęszczenia robotów (*ostatnia zmiana została wprowadzona w roku 2004*), a więc wielkości, na których opierane są analizy. Statystyki te są dostarczane przez Międzynarodową Federację Robotyki i stanowią one źródło zdecydowanej większości badań o wpływie robotyzacji na gospodarkę.

Decyzja o wykorzystaniu w badaniach danych panelowych umożliwia szersze spojrzenie na wybrane zagadnienia, z drugiej strony wiąże się jednak z komplikacjami, które nie występują, gdy pod uwagę bierze się dane wyłącznie przekrojowe lub czasowe. Postanowiono więc o zastosowaniu modeli panelowych, biorąc jednak pod uwagę komplikacje natury metodologicznej, zdecydowano o wprowadzeniu dodatkowego kroku, który polega na sprawdzeniu czy rzeczywiście w badanych przypadkach dostarczają one dodatkowych informacji.

Realizacja badań pozwoli na osadzenie robotyzacji produkcji w kontekście zjawisk kształtujących udział pracy w dochodzie narodowym (a także podział dochodu z pracy ze względu na zarobki), takich jak zmiany w zatrudnieniu, ceny sprzętu, stopień uzwiązkowienia czy ekspozycja na import.

Kolejne rozdziały rozprawy zostały podzielone w następujący sposób: **w rozdziale pierwszym** zawarto rozważania na temat postępu technicznego, przede wszystkim jego charakterystyk i tego w jaki sposób wpływa on na produkcję. Wreszcie podjęto próbę wpisania w tę tematykę kwestii robotów przemysłowych, ich znaczenia w kształtowaniu współczesnych procesów produkcyjnych, podobieństw do innych technologii i cech wyróżniających. Podstawowym zamierzeniem tej części jest podkreślenie, że wiele pytań, które zadawano sobie choćby w czasach rewolucji przemysłowej, pozostaje aktualnych w kontekście rozwoju robotyzacji (Czy zmiany będące skutkiem postępu technicznego z zasady prowadzą do zmniejszania zatrudnienia i zwiększają produktywność? Czy możliwe

jest, by pod ich wpływem zwiększać całkowite bogactwo bez zwiększania dystansu między bogatymi oraz biednymi?).

Rozdział drugi z kolei stanowi próbę spojrzenia na ten sam problem z perspektywy dochodu, który jest efektem wspomnianej już produkcji. Zgłębia się w nim problematykę podziału dochodu między pracę i kapitał. W szczególności ma on pomóc w znalezieniu odpowiedzi na pytanie o to czy możliwe jest występowanie związku między rozwojem robotyzacji i zmianami w udziale pracy w dochodzie narodowym. Przybliżane są wyniki dotychczasowych badań w tym zakresie, a także proponowane w literaturze przedmiotu koncepcje odnoszące się do możliwości sterowania ewentualnym negatywnym wpływem robotyzacji na pracę i jej udział w dochodzie.

Rozdział trzeci określa założenia, a także plan badań empirycznych. Przedstawiono w nim narzędzia wykorzystane w części badawczej pracy. Omówiono własności danych panelowych, umożliwiających wyjaśnianie różnic na poziomie krajów w danym okresie i równocześnie dla jednego kraju w różnych okresach. Podkreślono, że wielowymiarowość z jednej strony stanowi o ich przewadze i jest powodem wykorzystania tego typu statystyk w rozprawie, natomiast z drugiej powoduje komplikacje metodologiczne wymagające uwzględnienia. W rozdziale przedstawiono podstawy konstrukcji modeli z wykorzystaniem danych panelowych, a także wybrane metody estymacji, ze wskazaniem ich mocnych stron oraz ograniczeń. Część ta obejmuje również uzasadnienie wyboru źródeł danych, przyjętych ram czasowych i krajów do analizy.

Rozdział czwarty rozpoczyna prezentacja danych odnoszących się do stanu robotyzacji produkcji w Europie i na świecie, a także tego jak w wybranych krajach kształtuje się udział pracy w dochodzie narodowym oraz rozwarstwienie dochodów z pracy. Wskazane statystyki zostały następnie wykorzystane do przeprowadzenia analiz, w wyniku których spodziewano się osiągnąć dwa rezultaty. Pierwszym z nich miała być identyfikacja różnic między krajami pod względem zagęszczenia robotów przemysłowych w produkcji, a także charakterystyk, które są potencjalnie przyczynami tych różnic. Drugim natomiast było określenie tego jak kształtuje się udział pracy w dochodzie narodowym dla wskazanych państw i jakie uwarunkowania mogą wpływać na jego wielkość. Ustalenia te mają posłużyć za punkt wyjścia przy formułowaniu odpowiedzi na pytanie o to czy robotyzacja produkcji jest jednym z czynników określających to jaki udział dochodu narodowego przypada pracy oraz w dalszej kolejności - jak ten dochód z pracy jest dzielony.

Zebrane wcześniej informacje zostaną wykorzystane w **rozdziale piątym** przy konstrukcji modeli mających zweryfikować występowanie zależności między udziałem pracy w dochodzie narodowym i podziałem dochodu z pracy oraz zagęszczeniem robotów przemysłowych. Po omówieniu wyników przeprowadzonych badań zostaną przedstawione propozycje wniosków, z uwzględnieniem postawionych w pracy hipotez badawczych oraz przyjętych celów. Uzupełnieniem wykonanych analiz będzie prezentacja możliwych implikacji teoretycznych oraz praktycznych, jak i również propozycji dalszych badań ekonomicznych w zaproponowanym temacie.

Przeгляд literatury umożliwi określenie charakterystyk rynków pracy, które potencjalnie oddziałują na rozwój rynku robotów przemysłowych, a także osadzenie tego zagadnienia w szerszym kontekście ogólnych przeobrażeń pracy i jej udziału w dochodzie narodowym. Posłuży on więc jako przygotowanie do przeprowadzenia badań empirycznych. Z drugiej strony jego celem jest uwypuklenie różnic we wnioskach z dotychczasowych badań na temat wpływu robotów na pracę w zależności od przyjętego podejścia, analizowanego okresu czy kraju. Ich występowanie jest jednym z powodów, dla których warto ciągle wracać do problematyki robotyzacji i jej oddziaływania na pracę.

ROZDZIAŁ 1. ZNACZENIE ROZWOJU TECHNOLOGII ORAZ WYKORZYSTYWANIA ROBOTÓW W PRODUKCJI

1.1 Ewolucja procesów produkcyjnych pod wpływem intensyfikacji wykorzystania technologii

Kwestia maszyn (*“the machinery question”*), ich wpływu na gospodarkę i społeczeństwo, nie istniała jeszcze w wieku osiemnastym. Maszyny stanowiły jedną z wielu nowości w przemyśle. Innowacje techniczne w tamtym czasie budziły raczej zainteresowanie i powodowały wzrost wiary w możliwości, jakie daje postęp. Intelktualiści dzielili przekonanie, że rozwój technologii przyczyni się do ogólnej poprawy sytuacji, na której skorzystają wszyscy. Już na początku dziewiętnastego wieku jednak stanowisko to zostało zakwestionowane. Maszyny wydawały się być odpowiedzialne za dysharmonię panującą w szybko rozwijających się miastach bawełny, bezprecedensowy wzrost liczby ludności i wreszcie kryzys gospodarczy¹. W ten sposób osiemnastowieczna wizja ulepszeń chwilę później stała się potencjalnym problemem.

Rewolucja przemysłowa, możliwa dzięki wdrożeniu nowych wynalazków i innowacji do produkcji, rozpoczęła się w Anglii i Szkocji około roku 1750. Charakteryzowały ją przede wszystkim postępująca industrializacja, a także urbanizacja. Powstawał świat, w którym praca odbywa się w fabrykach wyposażonych w maszyny. Mechanizacja przy użyciu pary i wody uczyniła produkcję prostszą, tańszą i szybszą od tej rzemieślniczej, wykonywanej ręcznie. Zmiany wprowadzono w przemyśle włókienniczym, hutniczym, metalurgicznym oraz tekstylnym. Było to możliwe dzięki wynalazkom takim jak uniwersalny silnik na parę skonstruowany przez Watta. Nowa maszyna zmniejszyła zużycie paliwa, co podnosiło opłacalność produkcji, stała się tym samym źródłem napędu w różnych gałęziach przemysłu. W przemyśle tkackim tymczasem krosno mechaniczne Cartwrighta zwiększyło wydajność czterdziestokrotnie². W tradycyjnym ujęciu rewolucja przemysłowa przedstawiana jest jako nieunikniony triumf nowych technik i wynalazków.

¹ Berg M., *The Machinery Question and the Making of Political Economy 1815-1848*, Cambridge University Press, Cambridge 1980.

² Zamorska K., *Pięć rewolucji przemysłowych – przyczyny, przebieg i skutki (ujęcie historyczno-analityczne)*, "STUDIA. Biuro Analiz Sejmowych" 2020, nr 3 (63).

Konsekwencją wszystkich tych przeobrażeń była koncentracja ludzi w miastach, coraz więcej osób szukało zatrudnienia w fabrykach. Miasto przemysłowe stało się symbolem tej epoki. Nowe, odmienione społeczeństwo także zostało określone przemysłowym. Wielka Brytania początkowo zmonopolizowała rynek maszyn, wprowadzając zakaz ich eksportu, a także zatrzymując u siebie wiedzę na temat technik produkcyjnych i wykwalifikowanych pracowników. Proces mechanizacji na kontynencie zaczął się więc później.

Co istotne, mechanizacja pojawiła się tylko w części gałęzi przemysłu i regionów. Jak stwierdza Berg, szybka zmiana techniczna nie była doświadczeniem powszechnym rewolucji przemysłowej. W pozostałych obszarach można było obserwować ekspansję, ale w oparciu o tradycyjnie zorganizowane rzemiosło i pracę fizyczną, które trwały nadal, jednak w obiegu kapitału przemysłowego. Wymuszało to racjonalizację produkcji, jak i również standaryzację produktu. Stale rosnąca podaż pracy umożliwiała wprowadzanie podziału pracy i w dalszej kolejności redukcję umiejętności. Żadna z tych zmian nie wydawała się jednak tak ostateczną, ekscytującą i równocześnie zagrażającą człowiekowi jak ta najważniejsza - możliwość zastąpienia go przez maszynę. Niepewność, jaka towarzyszyła temu okresowi, odnosiła się przede wszystkim do kwestii mechanizacji. Stawiano pytania o to czy jest to tylko jeden z kierunków rozwoju, który może zostać przyjęty lub odrzucony w zależności od potrzeb, czy może jedyna droga. Niejasne były przede wszystkim jej możliwe konsekwencje: czy przyniesie dobrobyt całemu społeczeństwu, a może tylko właścicielom fabryk? Stworzy dodatkowe miejsca pracy czy raczej wykreuje nowy typ technologicznego bezrobocia?³. Pytania te powtarzane są również współcześnie w kontekście rozwoju robotyzacji, warto więc podkreślić, że ekonomiści mierzą się z nimi już od wieków, a odpowiedzi nadal nie są oczywiste.

Maszyna sama w sobie nie była niezaprzeczalnym osiągnięciem dla wszystkich, którzy żyli w czasach rewolucji przemysłowej, stanowiła ona raczej dylemat, przedmiot sporów. Dotyczyły one zarówno źródeł postępu technicznego, jak i jego wpływu na gospodarkę, a także społeczeństwo. Można stwierdzić, że kwestia maszyn kształtowała codzienne relacje między panem i robotnikiem, a równocześnie była przedmiotem dużego zainteresowania teoretycznego oraz ideologicznego. Dotyczyło to w takim samym stopniu

³ Berg M., *The Machinery Question and the Making of Political Economy 1815-1848*, Cambridge University Press, Cambridge 1980.

polityków, reformatorów, naukowców, wynalazców, pracodawców i pracowników. Grupy te walczyły o podział korzyści i kosztów wynikających z wprowadzania nowych technologii. Nie zgadzały się one co do wpływu, jaki zmiany mogą mieć na wysokość płac, zatrudnienie, jak i również aktualność i przydatność umiejętności. Spekulowano na temat tego jakie zmiany w stosunkach społecznych przyniesie wprowadzenie maszyn i wreszcie dyskutowano nad kwestią ich własności. Był to czas ekscytacji i strachu przed nieznanym.

Kwestia maszyn stała się więc niejako odbiciem stosunków pomiędzy klasami - nowej burżuazji oraz robotników - określając wyraźnie linię podziału. Odbiór maszyn przez klasę robotniczą był dwuznaczny. Pierwsze pokolenie robotników fabrycznych i odrzuconych rzemieślników to ludzie, którzy uważali maszyny za nienaturalne. W czasach tak dużej niepewności wydawało im się jeszcze, że można zatrzymać ten proces szybkich zmian technicznych pod warunkiem stawiania oporu. Burżuazja przemysłowa tymczasem w obliczu tego sceptycyzmu przyjmowała postawę agresywnego determinizmu. Aksjomatem stało się dla nich stwierdzenie, że mechanizacja jest zmianą naturalną, ewolucyjną⁴.

Jak ujął to J.S. Mill, owoce postępu naukowego, takie jak ulepszenia mechaniczne czy silnik parowy, niosły ze sobą uczucie podziwu dla nowoczesności, nawet wśród całkowicie niewykształconych klas⁵. Jednak ta reakcja musiała się zderzać z niepewnością. Maszyna była symbolem postępu, ale wywoływała też poczucie strachu i bezsilności. Nawet Charles Babbage, nazywany "ojcem komputerów", tak wspominał swoją wizytę w hucie, gdzie pracował silnik o mocy stu koni mechanicznych: "Intensywność tego ognia była szczególnie imponująca. Przypominał przeszłość, zakłócał teraźniejszość i sugerował przyszłość" i dalej: "Szczerość zobowiązuje mnie do przyznania, że moje spekulacje na temat przyszłości nie były całkowicie pozbawione niepokoju"⁶.

Odbiciem nastrojów społeczeństwa względem zachodzących zmian była krytyka maszyn w literaturze, gdzie można znaleźć opisy tego jak wraz z nimi do nowych miast przemysłowych Anglii sprowadzono ilościowe, utilitarne społeczeństwo. Charles Dickens opisywał świat, w którym wszystko jest już policzone i zmechanizowane: "Oto tyle a tyle setek rąk przy tej maszynie; oto w sile jej pary tyle a tyle setek sił końskich. Wyliczono na

⁴ Berg M., *The Machinery Question and the Making of Political Economy 1815-1848*, Cambridge University Press, Cambridge 1980.

⁵ Mill J.S., *M. de Tocqueville on democracy in America*, "Edinburgh Review" 1840, vol. 25, nr 2.

⁶ Babbage C., *Passages in the Life of a Philosopher*, Cambridge University Press, Cambridge 2012.

wagę co do funta, ile ona wyrobić może”⁷. Podkreślał jego bezduszość i odczłowieczenie: “Kłęby dymu obojętnie wlokły się w powietrzu, nie dbając, kto zginął bez wieści, a kogo odszukano; kto okazał się dobrym lub złym. Rozszalałe maszyny nie ustawały w swoim monotonnym ruchu, jak nie ustawali w czynności ludzie twardego faktu, nie oglądając się na żadne nieszczęścia i katastrofy. Jeszcze dzień i noc jedna!”⁸. Brontë przedstawiła z kolei maszynę jako obcą siłę wywołującą frustrację: “Nędza rodzi nienawiść: ci cierpiący nienawidzili maszyn, które, jak wierzyli, odbierały im chleb; nienawidzili budynków, w których znajdowały się te maszyny; nienawidzili producentów, którzy byli właścicielami tych budynków”⁹. Podczas gdy Brontë sympatyzowała z przekonanymi, że zmiany przyniosą im straty, Gaskell często przedstawiała ich postawy jako przykład ignorancji. Także ona pisała jednak: “(...) Hale był wręcz oszołomiony energią, z jaką pokonywano tu wszelkie trudności - moc urządzeń fabrycznych w połączeniu z siłą człowieka, jaką obserwował w Milton, imponowała mu swym ogromem, któremu się bez reszty oddawał. Margaret mniej wychodziła z domu, miała mniejszy kontakt z ową maszyną i pracującymi przy niej ludźmi, nie poddała się zatem sile ich oddziaływania. Zetknęła się jednak z niektórymi spośród tych, którzy ulegając fascynacji tą siłą, dotkliwie cierpieli. Zawsze w takich sytuacjach powstaje pytanie, czy uczyniono wszystko, by zminimalizować ich cierpienia”¹⁰. Opis ten jest dobrym podsumowaniem dylematów, jakie przyniosła ze sobą rewolucja przemysłowa: czy istnieje sposób na bardziej sprawiedliwą dystrybucję dochodów z produkcji maszynowej? Czy możliwe jest w tym kontekście zwiększenie całkowitego bogactwa bez zwiększania dystansu między bogatymi i biednymi?

Klasa robotnicza przeszła do czynów, gdy rozpoczęły się protesty przeciwko mechanizacji fabryk. Incydenty tego typu uwypukliły istniejący już wcześniej opór wobec maszyn, który można było zaobserwować w wielu miejscach pracy. Pracownicy krytykowali nieplanowane wprowadzanie nowych technik, które skutkowało pojawieniem się bezrobocia technologicznego. Wyszli też poza to, kwestionując relacje własności technologii. Uważali, że podział zysków w postępu technicznego jest niesprawiedliwy i żądali zmian w tym temacie. W ich przekonaniu maszyna powinna zwiększać czas wolny wielu zamiast jedynie podnosić zyski nielicznych. Walczyli oni również o większą kontrolę nad kierunkiem zmian

⁷ Dickens C., *Ciężkie czasy*, Wydawnictwo „Tower Press”, Gdańsk 2001

⁸ Ibidem.

⁹ Brontë C., *Shirley*, Everyman, Londyn 1970.

¹⁰ Gaskell E., *Północ i południe*. Wydawnictwo Świat Książki, Warszawa 2011.

technologicznych. W ich przekonaniu mechanizacja nie była potrzebna w branżach, gdzie było wystarczająco dużo siły roboczej, gdyż zmiany dodatkowo obniżały płace i prowadziły do większego przepełnienia rynków pracy w innych branżach. Techniczny podział pracy nie powinien prowadzić do degradacji i alienacji pracy, jego rolą jest raczej dawanie człowiekowi możliwości rozwijania jego potencjału na wielu polach. Przywódcy klasy robotniczej zajmowali różne, także sprzeczne stanowiska w kwestii maszyn. Niektórzy uznawali je za realizację utopijnych marzeń, jednak dla większości stanowiły one przyczynę problemów takich jak bezrobocie technologiczne, długie godziny wyalienowanej pracy w fabrykach czy wreszcie dymiąca zgnilizna miast przemysłowych¹¹.

Współcześnie, kiedy możemy spojrzeć na skutki rewolucji przemysłowej z perspektywy czasu, widzimy które przewidywania się nie sprawdziły. Uprzemysłowienie i urbanizacja przyniosły jeszcze większą specjalizację siły roboczej i rozbieżność wszechstronności. Doprowadziło to do utworzenia całego wachlarza zawodów, a także wzrostu konsumpcji, co z kolei miało wpływ na ożywienie handlu - zarówno tego zmechanizowanego, jak i tradycyjnie zorganizowanego. Zaobserwować można nawet powstanie rzemiosła i przemysłu krajowego tam, gdzie wcześniej one nie istniały lub przynajmniej nie działały na tak szeroką skalę. W niektórych przypadkach było to dość nieoczekiwane, na przykład oceniano, że postęp jeśli chodzi o koleje umożliwi zastąpienie pracy miliona koni, tymczasem popyt na nie wzrósł. Szacuje się, że pomiędzy rokiem 1834 i 1850 liczba pracowników przędzalni wzrosła z około 221 tysięcy do 331 tysięcy pomimo wzrostu wydajności. Zatrudnienie w fabrykach rosło w przemyśle papierniczym, skórzanym i metalowym. W pierwszej połowie XIX wieku nie było już wątpliwości, że maszyny zostaną w fabrykach i opinia publiczna wydawała się to zauważać. Badania dotyczące wpływu maszyn parowych i pieców na zdrowie publiczne albo rządowa promocja badań nad zmniejszaniem ilości dymu wytwarzanego przez piece wskazują na akceptację funkcjonowania maszyn w przestrzeni fabrycznej i pierwsze próby radzenia sobie z ich negatywnymi skutkami. Maszyna i fabryka zaczęły wyznaczać kierunki dalszego rozwoju¹².

Następnych kilkadziesiąt lat (rozpoczynając od roku 1870) to czas pojawiania się nowych możliwości technicznych, które wymusiły zmiany w sposobach produkcji

¹¹ Berg M., *The Machinery Question and the Making of Political Economy 1815-1848*, Cambridge University Press, Cambridge 1980.

¹² Landes D.S., *The Unbound Prometheus. Technological Change and Industrial Development in Western Europe from 1750 to the Present*, Cambridge University Press, Cambridge 2003.

w niektórych gałęziach przemysłu i równocześnie przyczyniały się do powstawania nowych dziedzin - okres ten nazywamy drugą rewolucją przemysłową. Stała się ona faktem dzięki pojawieniu się możliwości taniej i powszechnej produkcji stali. Co istotne, tym razem można było obserwować rozwój nowych technologii nie tylko w Anglii, ale także we Francji, w Niemczech czy wreszcie w Stanach Zjednoczonych. Najważniejszym udoskonaleniem było wykorzystanie energii elektrycznej, co doprowadziło do umasowienia produkcji. Pierwsza linia działająca na bazie tego źródła ruszyła już w roku 1870. Zaczęto też wykorzystywać na dużą skalę zasoby naturalne, przede wszystkim gaz i ropę naftową. Zmiany dokonywały się również w przechowywaniu żywności. Wreszcie zrewolucjonizowano komunikację, a więc łączność i transport, co znacząco zmieniło relacje międzyludzkie, umożliwiając szybsze przemieszczanie się i utrzymywanie kontaktów na odległość. Najważniejszym symbolem tamtej epoki jest bez wątpienia taśma produkcyjna, której wprowadzenie przyczyniło się do reorganizacji pracy w fabrykach, standaryzacji produkcji¹³.

Znakiem trzeciej rewolucji przemysłowej są przemiany naukowo-techniczne, jakie zostały zainicjowane w USA oraz w Japonii. Wyzwaniem tego czasu była konieczność poszukiwania różnorodnych, odnawialnych źródeł energii. Jak stwierdza Rifkin, ta rewolucja (nazywana komputerową lub cyfrową) nastąpiła zaraz po II wojnie światowej i od lat 90. ma istotny wpływ na organizację działalności gospodarczej. Zmienia ona nie tylko sposób wytwarzania produktów, ale także samą pracę, pozwalając na mniejszą centralizację, większą elastyczność i outsourcing¹⁴.

Cechą charakterystyczną Przemysłu 3.0 jest cyfryzacja. Wzrost wydajności komputerów oraz układów przetwarzania danych przełożył się na zwiększone możliwości sterowania maszynami z wykorzystaniem oprogramowania. Maszyny zyskały tym samym większą precyzję i elastyczność, a przede wszystkim wydajność. Rozwój cyfryzacji umożliwił osiągnięcie coraz wyższych poziomów automatyzacji. Pojawiły się systemy planowania oraz kontroli pozwalające na koordynację działań produkcyjnych¹⁵.

¹³ Zamorska K., *Pięć rewolucji przemysłowych – przyczyny, przebieg i skutki (ujęcie historyczno-analityczne)*, "STUDIA. Biuro Analiz Sejmowych" 2020, nr 3 (63).

¹⁴ Ibidem.

¹⁵ Czym jest Przemysł 4.0?, <https://przemysl-40.pl/index.php/2017/03/22/czym-jest-przemysl-4-0/> [dostęp: 05.03.2021].

Kwestią dyskusyjną jest to, czy trzecia rewolucja przemysłowa się zakończyła. Zdaniem części ekspertów zmiany, jakie dokonują się w ostatnim czasie, są jej częścią, podczas gdy inni mówią o czwartej rewolucji przemysłowej. Przemysł 4.0 ma integrować ludzi i sterowane cyfrowo maszyny z technologiami informacyjnymi. Pojęcie to odnosi się nie tylko do technologii, ale też sposobu pracy oraz roli człowieka w przemyśle. Chodzi więc o unifikację świata maszyn produkcyjnych ze światem Internetu. Ludzie, maszyny i systemy IT wymieniają informacje w toku produkcji. Dzięki temu możliwy jest stały dostęp do informacji, co daje możliwość ekonomicznej produkcji produktów, które są zindywidualizowane (*mass customization*). Producenci obniżają więc koszty, a równocześnie mogą bardziej elastycznie reagować na potrzeby klientów. Przemysł 4.0 w praktyce integruje więc człowieka, maszynę oraz proces¹⁶.

Historia rewolucji przemysłowych pokazuje, że maszyny nie zawsze były postrzegane jako zagrożenie dla pracowników, początkowo podzielano przekonanie, że intensyfikacja ich wykorzystania będzie korzystna dla wszystkich. Z czasem jednak obok ciekawości zmian pojawiła się niepewność jutra i rozpoczęła się walka o podział korzyści oraz kosztów wynikających z wprowadzania technologii - można powiedzieć, że toczy się ona także współcześnie.

1.2 Istota postępu technicznego oraz zmian technologicznych produkcji

Po prześledzeniu historii technologicznych przełomów w sposób intuicyjny można stwierdzić, że nazwanie tego czym jest postęp techniczny oraz zmierzenie w jakim stopniu zmienia on produkcję, nie jest zadaniem łatwym. Istota tego problemu zostanie przedstawiona w rozbiciu na trzy pytania: co charakteryzuje postęp techniczny? W jaki sposób postęp techniczny zmienia produkcję? Jakie podejścia są wykorzystywane w ekonomii do mierzenia zmian technologicznych?

1.2.1 Charakterystyki postępu technicznego

Początkowo pojęcie postępu technicznego wiązane było przede wszystkim z mechanizacją. Z czasem zaczęto wyróżniać postęp wydajności, polegający na zwiększaniu wydajności czynników produkcji, a także postęp nowości, umożliwiający tworzenie nowych, nieznanych dotąd dóbr (lub znanych w innej postaci). Generalnie jednak postęp techniczny można rozumieć jako przemiany w zakresie wykorzystania narzędzi i metod wytwórczych,

¹⁶ Ibidem.

które pozwalają rozszerzyć zakres zaspokajanych potrzeb człowieka i społeczeństwa albo ułatwiają bądź oszczędzają pracę. Zgodnie z definicją OECD jest to zastosowanie nauki oraz techniki w sposób nowy, przynoszący korzyści ekonomiczne. Postęp techniczny uznawany jest za nieograniczony czynnik rozwoju gospodarczego. Nie tylko zwiększa on możliwości produkcyjne, ale też wywołuje zmiany w strukturze wykorzystania zasobów. Do jego charakterystyk zaliczyć można¹⁷:

1. Wpływanie na równoczesną oszczędność kapitału oraz pracy (wzrost efektywności czynników produkcji obrazuje przesunięcie krzywej produkcji w kierunku początku układu współrzędnych; tempo tego przesunięcia odzwierciedla tempo postępu technicznego, a jego konsekwencją jest obniżenie kosztów, z czego wynika, że tempo postępu technicznego można definiować w kategoriach kosztów - zgodnie z procedurą Laspeyresa lub Paaschego).
2. Skłonność do oszczędzania czynników produkcji w sposób nieproporcjonalny (wspomniane wcześniej przesunięcie może być proporcjonalne, gdy mowa o postępie neutralnym, jak i również nieproporcjonalne - w przypadku postępu kapitało- lub pracooszczędnych, co można zaobserwować jako większe przesunięcie krzywej produkcji w kierunku jednej z osi).
3. Możliwość wpływania na elastyczność substytucji czynników wytwórczych (zmiany relacji kosztów są widoczne jako zmiany nachylenia krzywej produkcji).

Można więc stwierdzić, że postęp techniczny przede wszystkim pozwala ograniczać nakłady czynników produkcji w procesie produkcyjnym. Stopień tych ograniczeń jest być różny¹⁸:

- gdy rośnie stosunek nakładów kapitału do pracy, mówimy o postępie pracooszczędnym,
- gdy zwiększa się stosunek pracy do kapitału, mamy do czynienia z postępem kapitałoszczędnym,
- gdy stosunek między pracą i kapitałem nie ulega zmianie, obserwowany postęp jest neutralny.

¹⁷ Mazur K.P., *Istota i sprzeczności postępu technicznego*, "Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego" T. 16, nr 1, 2006.

¹⁸ Red. Milewski R., Kwiatkowski E., *Podstawy ekonomii*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2018.

Tendencje, jakie możemy obserwować w krajach rozwiniętych, wskazują na to, że najczęściej mamy do czynienia z postępowo-pracooszczędnym, gdzie obserwowanym efektem jest wzrost wydajności pracy. Taki efekt jest możliwy bez zmiany kapitałochłonności.

Dynamika postępu technicznego jest uwarunkowana wieloma czynnikami. Przede wszystkim można do nich zaliczyć poziom rozwoju badań naukowych oraz wynalazczości. Te z kolei zależą między innymi od wydatków na badania. Również stopień rozwoju kwalifikacji zawodowych ma istotne znaczenie dla dynamiki postępu technicznego. Z tego względu znaczenia nabierają czynniki takie jak poziom edukacji, a także szkoleń zawodowych. Jeszcze jednym motorem postępu technicznego są inwestycje w nowe maszyny i urządzenia, a więc postęp techniczny ucieleśniony¹⁹.

Przemiany, jakie wiążą się z postępowo-technicznym, od wieków są przedmiotem zainteresowania ekonomistów. Już Smith w rozwoju specjalizacji widział źródło wzrostu bogactwa narodów. Schumpeter proces rozwoju społecznego sprowadził wręcz do historii innowacji. Keynes także widział postęp techniczny jako jedno ze źródeł rozwoju. Jak stwierdza Oryl, to ujmowanie postępu w czynnikach wzrostu wynikało z dwóch przyczyn²⁰:

1. Postęp techniczny sam w sobie związany jest z postępowo - jego bezpośrednim skutkiem są zmiany w ilości oraz jakości produkcji.
2. W gospodarce kapitalistycznej, gdzie produkcja nastawiona jest na pomnażanie zysków, postęp techniczny rodzi perturbacje. Wynikają one z faktu, że czynniki produkcji nie zmieniają w tym samym stopniu swojej efektywności. Skoro więc o zastosowaniu czynników decyduje ich krańcowa wydajność, postęp stwarza nadmiar lub niedobór jednych czynników w stosunku do drugich.

Schumpeter (1962), który twierdził, że podstawowym impulsem postępu są nowe rynki i dobra, nowe metody produkcji czy transportu i nowe formy organizacji produkcji, podkreślał również, że granice rozwoju gospodarczego wyznaczone są nie liczbą innowacyjnych pomysłów, ale raczej interesami promującymi technologiczny status quo²¹. Chęć jego utrzymania wynika z historycznie potwierdzonego przekonania, że proces twórczej destrukcji, jako następstwo zmian technologicznych, przynosi zarówno dobrobyt, jak i niepożądane zakłócenia. Wśród przykładów niechęci do nowych wynalazków wymienić

¹⁹ Red. Milewski R., Kwiatkowski E., *Podstawy ekonomii*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2018.

²⁰ Oryl K., *Postęp techniczny i bezrobocie w ujęciu szkoły klasycznej i neoklasycznej*, "Ruch Prawniczy, Ekonomiczny i Socjologiczny" 1964, nr 26.

²¹ Schumpeter J.A., *Capitalism, socialism, and democracy*, HarperCollins, New York 1962.

można choćby reakcję Elżbiety I na zaproponowaną przez Williama Lee maszynę dziewiarską do pończoch. W roku 1589 mężczyzna szukał ochrony patentowej dla swojego wynalazku wierząc, że odciąży on pracowników wykonujących pracę na drutach ręcznie. Królowa była zaniepokojona potencjalnym wpływem wynalazku na zatrudnienie i odmówiła przyznania patentu stwierdzając, że pozostawiłby on część ludzi bez pracy, czyniąc z nich żebraków²².

Mokyr (1998) zauważył, że decyzja prowadząca do wdrożenia lub odrzucenia danej technologii nie zależy wyłącznie od tego czy potencjalnie zwiększa ona wydajność oraz podnosi zyski. W rzeczywistości nieczęsto jest ona pozostawiona całkowicie zdecentralizowanym procesom decyzyjnym konkurencyjnych przedsiębiorstw. Zwykle istnieje nierynkowa instytucja, która musi zatwierdzić, licencjonować zmianę metody produkcji (jak królowa w przypadku maszyny Williama Lee). Sam test rynkowy nie jest więc wystarczający. Akceptacja innowacji okazuje się być czymś więcej niż tylko zjawiskiem ekonomicznym i z całą pewnością nie wynika jedynie z postępów w produktywnej wiedzy. Nowe technologie niejednokrotnie pozostawały niezauważone pomimo ich ekonomicznej przewagi nad dotychczasowymi rozwiązaniami²³. Przekonanie, że potencjalnie lepsze wynalazki są odrzucane, już wtedy nie było nowością. Wcześniej w 1679 roku William Petty pisał o praktykach, które nie zostały jeszcze wypróbowane, podkreślając, że wynalazca rzadko jest zatrudniony do ich zastosowania. Na początku trafia więc on na sprzeciw, zdaniem Petty'ego zwykle trwający tak długo, że kiedy wreszcie udaje się osiągnąć cel, wynalazca jest już martwy lub niezdolny do realizacji projektu z powodu zaciągniętych długów²⁴. Kiedy przedstawiane są nowatorskie rozwiązania, naturalną reakcją jest stwierdzenie, że to nie zadziała, w przeciwnym razie pomyślelibyśmy o tym wcześniej. Mokyr przekonuje jednak, że istnieje jeszcze jeden, bardziej potężny mechanizm hamowania postępu technologicznego: celowy opór wynikający z kierowania się interesem własnym jednostek i grup społecznych. Wynika to z faktu, że każda zmiana tak radykalna jak ta związana z technologią produkcji niemal nieuchronnie prowadzi do poprawy dobrobytu

²² Frey C.B., Osborne M.A., *The future of employment: how susceptible are jobs to computerisation?*, Oxford Martin School, Oxford 2013.

²³ Mokyr J., *The Political Economy of Technological Change: Resistance and Innovation in Economic History*. W: *Technological Revolutions in Europe*, red. Berg M., Bruland K., Edward Elgar Publishers, Cheltenham 1998.

²⁴ Petty W., *A Treatise of Taxes and Contributions*, Obadiah Blagrove, London 1679.

jednych kosztem drugich. Teoretycznie możliwe jest wprowadzenie zmiany optymalnej w sensie Pareto, jednak w praktyce takie sytuacje są rzadkie²⁵.

Jak stwierdził Mokyr (1998), jeśli nie wszyscy akceptują wynik rynkowy, przegrani mają jeszcze możliwość sprzeciwienia się decyzji o przyjęciu innowacji poprzez mechanizm pozarynkowy i aktywizm polityczny. Prowadzi to do wniosku, że pracownicy opierają się nowym technologiom, gdy te sprawiają, że ich umiejętności stają się przestarzałe, a w konsekwencji zmniejszają oczekiwane zarobki. Zatem równowaga między technologicznym postępowaniem oraz zmianami w zatrudnieniu jest odbiciem równowagi sił w danym społeczeństwie, jak i również sposobów dystrybucji korzyści z postępu²⁶. Można więc oczekiwać, że zrównoważona dystrybucja przyspiesza postęp, a ta niewłaściwa go hamuje. Reasumując, niepowodzenia we wdrażaniu nowych technologii to często obserwowane zjawisko, które może mieć wiele przyczyn. Brak inicjatywy w tym zakresie nie wynika jedynie z chęci utrzymania statusu quo, ale bywa też wynikiem braku funduszy (nowa technologia często zawarta jest w drogich dobrach kapitałowych) i odpowiednio wykwalifikowanej siły roboczej. Wreszcie trudność mogą sprawiać nie tylko wspomniane wdrożenia, ale nawet ocena ich efektów, gdyż mamy do czynienia z procesem, który wymaga czasu i ocena jego skutków w danym momencie może nie mieć sensu. Co więcej, jest on organiczny, a więc analiza tego, co dzieje się z dowolnej jego części (w konkretnym przedsiębiorstwie lub nawet całej branży) może dać niepełne, niejednoznaczne, a nawet nieprawdziwe wnioski²⁷.

Warto zaznaczyć, że wraz z upływem czasu ewoluuje nie tylko technologia, ale też instytucje, zwyczaje i inne zachowania nieformalne. Stało się tak na przykład, gdy po Wojnie Secesyjnej pojawił się amerykański kapitalizm przemysłowy, w którym technologia części wymiennych i wprowadzenie linii montażowych do masowej produkcji doprowadziły do wzrostu skali produkcji w wielu branżach. Technologia rozwijała się i równocześnie można było obserwować przeobrażenia w strukturze instytucji biznesowych, w tym pojawienie się nowoczesnej hierarchicznej korporacji biznesowej związków zawodowych czy wzrost efektywności rynków pracy i kapitału. Występowanie podobnych interakcji jest konieczne dla zaadaptowania technologii, a jeśli one nie występują, może to prowadzić do niezgodności

²⁵ Mokyr J., *The Political Economy of Technological Change: Resistance and Innovation in Economic History*. W: *Technological Revolutions in Europe*, red. Berg M., Bruland K., Edward Elgar Publishers, Cheltenham 1998.

²⁶ Ibidem.

²⁷ Schumpeter J.A., *Capitalism, socialism, and democracy*, HarperCollins, New York 1962.

oraz zakłócić²⁸. Można pokusić się o stwierdzenie, że istnieje coś takiego jak “dobry czas” dla konkretnej technologii wynikający z warunków niezależnych od niej samej, a koniecznych dla jej sukcesu.

Tym, co sprawia, że postęp techniczny może mieć miejsce, nie są więc jedynie czynniki takie jak poziom rozwoju badań naukowych oraz wynalazczości czy wielkość dokonywanych inwestycji, ale też to, co Schumpeter nazwał “interesami promującymi technologiczny status quo”, a Mokyr - celowym oporem wynikającym z kierowania się interesem własnym przez jednostki czy grupy społeczne. Trzeba jeszcze raz podkreślić, że równowaga między postępem i zmianami w zatrudnieniu odzwierciedla rozkład sił w społeczeństwie, możliwe jest więc, że właściwa dystrybucja przyspiesza postęp.

1.2.2 Zmiany w produkcji wynikające z postępu technicznego

Charakterystyki postępu technicznego dostarczyły już częściowej odpowiedzi na pytanie o to w jaki sposób postęp techniczny zmienia produkcję. Przede wszystkim umożliwia on oszczędzanie czynników produkcji, a więc wytwarzanie tej samej liczby produktów mniejszym kosztem. Taka zależność przyczynowo-skutkowa (gdzie w wyniku wykorzystania czynników uzyskuje się produkty) wyrażana jest w postaci funkcji produkcji²⁹. Samą produkcją z kolei nazywamy proces, w którym łączone są czynniki produkcji celem otrzymania określonych produktów. Chcąc maksymalizować zysk, przedsiębiorca dąży do tego, by w racjonalny sposób wykorzystywać wspomniane czynniki produkcji.

Podstawowym rozgraniczeniem, jakie wprowadza się w analizie funkcji produkcji, jest podział czynników produkcji na stałe oraz zmienne. Stałymi nazywa się takie, których nakłady nie mogą zostać zwiększone w analizowanym okresie (dotyczy to na przykład gruntów), z kolei zmienne charakteryzuje możliwość zwiększania podaży w tym samym czasie. Podział ten prowadzi w kolejnym kroku do rozróżnienia między okresem krótkim oraz długim, których czas trwania zależy od specyfiki gałęzi czy długości cyklu inwestycyjnego:

- w krótkim okresie przynajmniej jeden z czynników produkcji jest stały, produkcja może więc wzrastać w sposób ograniczony, w wyniku zwiększonego zużycia

²⁸ Mokyr J., *The Political Economy of Technological Change: Resistance and Innovation in Economic History*. W: *Technological Revolutions in Europe*, red. Berg M., Bruland K., Edward Elgar Publishers, Cheltenham 1998.

²⁹ Krajewska, A., *Produkcja i koszty w przedsiębiorstwie* [W] red. Milewski R., Kwiatkowski E., Podstawy ekonomii, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2018.

pozostałych (zmiennych) czynników; technologia produkcji nie ulega zmianie, a więc nakłady na niektóre czynniki (na przykład maszyny i urządzenia) nie zmieniają się³⁰;

- w długim okresie wszystkie czynniki produkcji są uznawane za zmiennie, wiąże się to zazwyczaj z wprowadzaniem zmian technologicznych czy organizacyjnych; przedsiębiorstwo podejmuje w tym czasie wiele decyzji dotyczących między innymi skali prowadzonej działalności czy technik wytwarzania. Możliwy jest więc wybór nowych technologii, podjęcie decyzji o wprowadzeniu dodatkowych maszyn czy automatyzacji procesu produkcji. Decyzje tego typu mają przeważnie długookresowe konsekwencje.

W przypadku więc, gdy obserwowane są zmiany technologiczne produkcji wynikające z postępu technicznego, mowa jest o wymiarze długookresowym. Funkcję produkcji rozpatruje się wtedy nierozzerwalnie z kwestiami takimi jak postęp techniczny oraz problem decyzyjny odnoszący się do stopnia wykorzystania poszczególnych czynników produkcji³¹. Zakładając upraszczająco, że występują tylko dwa czynniki produkcji, funkcja ta ma postać: $Q = f[L, K]$.

1.2.3 Podejścia wykorzystywane w mierzeniu zmian technologicznych

Chcąc weryfikować intuicje na temat wpływu technologii na pracę, ekonomiści odnoszą się w badaniach do różnych miar zmiany technologicznej. W praktyce szacowanie takich zmian polega na określaniu stanu technologii w poszczególnych momentach. Ponieważ technologia zmienia się w sposób dynamiczny, a przy tym jest abstrakcyjna i niematerialna, śledzenie ciągłych zmian byłoby niemożliwe. Opisywanie stanów technologicznych jest więc bardziej realistyczne, nawet to wiąże się jednak z koniecznością sprostania wielu wyzwaniom. Istnieje kilka metod szacowania takich wielkości, z których część jest bardziej skomplikowana, a równocześnie trudna do zastosowania w praktyce, z kolei resztę charakteryzuje mniejszy stopień skomplikowania i większa użyteczność praktyczna. Metody te można podzielić na pięć typów: modele scoringowe (scoring models), analiza danych (data analyses), ankiety (surveys), modele wzrostu (growth models) i wskaźniki (indicators)³².

³⁰ Stachowiak Z., Stachowiak B., *Ekonomia gospodarki rynkowej. Ujęcie instytucjonalne*, Akademia Obrony Narodowej, Warszawa 2015.

³¹ Stachowiak Z., Stachowiak B., *Ekonomia gospodarki rynkowej. Ujęcie instytucjonalne*, Akademia Obrony Narodowej, Warszawa 2015.

³² Kim B. S., *Measuring Technological Change – Concept, Methods, and Implications* [W:] red. Aurora A.C. Teixeira, *Technological Change*, IntechOpen, Rijeka 2012.

Modele scoringowe pozwalają na określenie stanu technologicznego przy użyciu określonych parametrów, które są mierzalne ilościowo. Ich wykorzystanie jest zasadne, gdy możliwe jest wyodrębnienie odpowiednich czynników, reprezentatywnych dla aktualnego stanu techniki, a dane do ich pomiaru są dostępne. Nie jest to jednak łatwym zadaniem ze względu na to, że sama koncepcja technologii jest dość abstrakcyjna.

Analiza danych umożliwia oparcie się na statystykach dotyczących opublikowanych artykułów (dotyczy to na przykład cytowań) czy patentów. Metoda ta jest użyteczna, gdy dana technologia może być sklasyfikowana według przyjętych standardów. Z jednej strony dostarcza ona ilościowych wyników, natomiast z drugiej korzystając z niej można narazić się na szereg problemów takich jak porównywalność poszczególnych systemów badawczych, wiarygodność statystyczna i inne³³.

Z kolei metoda ankietowa jest uznawana za łatwiejszą niż inne. Korzysta się z niej bazując na przekonaniu, że eksperci posiadają najlepszą możliwą znajomość stanu techniki. Oznacza to jednak, że z natury jest ona jakościowa oraz bardziej subiektywna, a więc i bardziej kontrowersyjna. Woudenberg stwierdził, że metoda delficka nie jest nauką lecz sztuką tworzenia konsensusu³⁴ a Kim, że wyniki takich badań należy rozumieć jako łączną intuicję ekspertów³⁵.

Z biegiem czasu technologia zaczęła być ujmowana przez ekonomistów w modelach wzrostu gospodarczego. Pojawiła się ona u Solowa jako tzw. „*reszta Solowa*”. Punktem wyjścia do tych rozważań była funkcja produkcji: $Y=F(K,AL)$, gdzie Y oznacza produkcję rzeczywistą, K odnosi się do kapitału, L to siła robocza, natomiast A jest miarą technologii, co można rozumieć jako sposób poddawania czynników wytwórczych procesom produkcyjnym. AL oznacza więc nakład efektywnej siły roboczej. Dotyczy to ilości tej siły, jak i jej produktywności uzależnionej od technologii. W tym przypadku zakładamy więc, że postęp techniczny zasila pracę. Jeśli przychody względem skali są stałe, wskazaną wyżej funkcję produkcji można zapisać w następującej postaci: $y=f(k)$. Oznacza to, że produkcja w przeliczeniu na jednostkę efektywnej siły roboczej jest dodatnią funkcją wielkości kapitału przypadającego na jednostkę efektywnej pracy. Akumulację kapitału przedstawia równanie: $k = sf(k) - (n+g+\delta)k$, gdzie k to stopa zmian zasobów kapitału w przeliczeniu na jednostkę

³³ Geisler E., *The Metrics of Science and Technology*, Quorum Books, Westport 2000.

³⁴ Woudenberg F., *An Evaluation of Delphi*, „*Technological Forecasting & Social Change*” nr 40, 1991.

³⁵ Kim B. S., *A Case of Forecast-Based Technology Evaluation and Its Implications*, „*International Journal of Technology Intelligence and Planning*” vol. 6, nr 4, 2010.

efektywnej siły roboczej, s to stopa oszczędności, n oznacza stopę wzrostu siły roboczej, z kolei g jest stopą postępu technicznego, który zasila pracę, a δ odpowiada za stopę deprecjacji kapitału. W modelu Solowa wszystkie te cztery parametry są wielkościami egzogenicznymi. Zapis $(n+g+\delta)k$ można traktować jako inwestycje progowe, a więc niezbędne do tego, by utrzymać na stałym poziomie wartość kapitału przypadającego na jednostkę efektywnej siły roboczej. Model pozwala stwierdzić, że gospodarka znajdzie się z czasem na ścieżce zrównoważonego wzrostu. Inwestycje faktyczne zrównają się wtedy z progowymi, a stopa wzrostu produkcji per capita będzie wyznaczona stopą postępu technicznego³⁶. Opierając się na funkcji produkcji Cobba-Douglasa³⁷, Solow uzyskał oszacowanie udziału postępu technicznego we wzroście gospodarczym: $\Delta A/A = \Delta Y/Y - (\alpha\Delta K/K + \beta\Delta L/L)$. Wyrażenie $\Delta A/A$ jest znane powszechnie jako “reszta Solowa”. Z badań Solowa wynikało, że czynnikiem, który powoduje wzrost dochodu per capita, jest wzrost całkowitej produktywności czynników produkcji. Jak podkreśla się w literaturze przedmiotu, słabością modelu Solowa było jednak to, że postęp techniczny potraktowany został jako czynnik egzogeniczny (wspomniana “reszta Solowa”). Nie koncentruje się on więc na przyczynach postępu, który ma prowadzić do wzrostu gospodarczego. Fagerberg stwierdził wręcz, że reszta Solowa jest “miarą naszej niewiedzy o procesach wzrostu gospodarczego”. Mierząc się z tym problemem, ekonomiści tacy jak Mankiw, Romer i Weil podjęli próbę rozszerzenia modelu, utrzymując jednak założenie o egzogeniczności postępu technicznego. Z modeli wzrostu egzogenicznego wynika, że gospodarki wykazują tendencje do wzrostu zrównoważonego, gdzie stopa wzrostu jest zdeterminowana stopą postępu technicznego. Romer rozwinął jednak swoje analizy, wykorzystując neoschumpeterowski model endogenicznego postępu technicznego. Opiera się on na trzech założeniach: (1) postęp techniczny jest główną siłą napędową wzrostu gospodarczego, (2) ma on charakter endogeniczny (a więc jest efektem działalności podmiotów gospodarczych, które podejmują zamierzone decyzje na podstawie bodźców ekonomicznych) i wreszcie (3) myśl innowacyjną

³⁶ Kawa P., *Rola państwa w stymulowaniu wzrostu gospodarczego w świetle nowych modeli wzrostu* [W] Modele i wzrost gospodarczy we współczesnych państwach, Kopycińska D. (red.), Wydawnictwo Printgroup, Szczecin 2006.

³⁷ Funkcja ma postać: $Y=AK^\alpha L^\beta$, gdzie K jest nakładem kapitału, L to nakład pracy, a α jest parametrem skalującym (mierzącym elastyczność produkcji względem kapitału; analogicznie β mierzy elastyczność produkcji względem pracy; α oraz β odpowiadają więc za udział pracy i kapitału w dochodzie, a ich suma wynosi 1). Z uwagi na fakt, że stopa wzrostu produkcji to suma ważona stóp wzrostu postępu technicznego, kapitału, a także pracy, powyższe równanie można zapisać w następujący sposób: $\Delta Y/Y = \Delta A/A + \alpha\Delta K/K + \beta\Delta L/L$.

charakteryzuje to, że “jeśli kiedyś podniesiono już koszt stworzenia nowego zestawu reguł postępowania, to mogą one być później wielokrotnie wykorzystywane, już bez dodatkowych kosztów”. Innowacje są niekonkurencyjne w konsumpcji, a więc fakt korzystania z nich przez jedno przedsiębiorstwo nie jest sam w sobie ograniczeniem dla innych. Pewne wykluczenia są jednak możliwe i są one, jak stwierdza Romer, funkcją technologii oraz systemu prawnego. Występują one, bo skoro postęp techniczny wynika ze świadomego działania podmiotów nastawionych na zysk to udoskonalenia muszą przynosić tym podmiotom korzyści, które w określonym stopniu nie są dostępne dla innych, poprzez zastrzeżenie praw patentowych. Romer zakwestionował w ten sposób model wzrostu Solowa, u którego technologia ma charakter egzogeniczny, a więc jest dostępna bez ograniczeń. Odrzucając to założenie, oparł się na dowodach przemawiających za tym, że technologia nie jest typowym dobrem publicznym³⁸. Reasumując, postęp techniczny w modelach wzrostu był początkowo traktowany jako czynnik egzogeniczny. Z czasem pojawiły się próby jego endogenizacji. Nowe teorie wzrostu dostarczyły modeli wzrostu endogenicznego, w których zmiany technologiczne wywodzą się z badań, a także akumulacji kapitału ludzkiego. Wreszcie, gdy zainteresowanie teorią wzrostu spadło, naukowcy zaczęli zastanawiać się nad pomiarem zmian technologicznych per se. Ponieważ modele wzrostu opisują zmiany stanu technologicznego, pozwalają na analizę trendów, jak i również są metodą ekstrapolacji. Wiąże się to jednak z pewnymi ograniczeniami, gdyż technologie nie zawsze zmieniają się w przewidywalny sposób (nieoczekiwane zmiany wywołują czynniki takie jak wprowadzanie “przełomowych innowacji”³⁹).

Ostatnią ze wspomnianych metod jest wykorzystanie indeksów i wskaźników. Opracowują je różne podmioty, a w procesie selekcji poszukiwane są najbardziej obiektywne kryteria oceny stanu technologii, które nadal nie dostarczają pełnej informacji na temat tego stanu. Statystyki odnoszące się do wydatków na badania i rozwój (R&D) są jednymi z najpowszechniej wykorzystywanych wskaźników wzrostu gospodarczego z perspektywy zmian technologicznych. Dają one możliwość porównywania stanu technologii

³⁸ Kawa P., *Rola państwa w stymulowaniu wzrostu gospodarczego w świetle nowych modeli wzrostu* [W] *Modele i wzrost gospodarczy we współczesnych państwach*, Kopycińska D. (red.), Wydawnictwo Printgroup, Szczecin 2006.

³⁹ Christensen C. M., *The Innovator's Dilemma: When New Technologies Cause Great Firms to Fail*, Harvard Business School Press, Cambridge 1997.

w określonym czasie w poszczególnych krajach, natomiast z drugiej strony mają ograniczenia jeśli chodzi o możliwość pomiaru określonych obszarów technologii.

Ponadto należy wspomnieć, że współcześnie wykorzystuje się także metody łączące kilka z wymienionych wcześniej podejść. Dla przykładu KISTEP stosuje metodę w której w celu oceny stanu technologii mieszane są metody: ankietowa, scoringowa, analiza danych oraz model wzrostu⁴⁰.

Tym, co wydaje się najbardziej interesujące z perspektywy problematyki podejmowanej w pracy, jest zdolność postępu technicznego do wprowadzania zmian w strukturze wykorzystania zasobów, a także potencjalnie ich wynagradzania. Ekonomiczny potencjał zdefiniowanego już postępu zostanie zbadany w kolejnym kroku.

1.3 Ekonomiczny potencjał technologicznych przełomów

Wprowadzenie maszyn oraz ich wpływ na produkcję stały się przedmiotem analiz wielu ekonomistów. Smith uznał umaszynowanie za jeden z czynników zwiększających produktywność. Pisał on o wprowadzaniu: “wielkiej liczby maszyn, które ułatwiają i skracają pracę i pozwalają jednemu człowiekowi wykonać pracę wielu ludzi”⁴¹. Smith wiązał proces umaszynowania produkcji z podziałem pracy. Dzięki temu, że poszczególne czynności są atomizowane, możliwe jest wytwarzanie narzędzi ułatwiających pracę oraz poprawiających jakość produkcji⁴².

1.3.1 Problem płac i zatrudnienia

Wkładem Smitha w tę problematykę było zauważenie interakcji pomiędzy akumulacją kapitału i postępowaniem technicznym. Pisał on o tym, że w celu zapewnienia stałego zatrudnienia równej liczby robotników przy większym zapasie materiałów i narzędzi oraz postępującym podziale pracy, konieczna jest wcześniejsza akumulacja. Związek, jaki zaproponował tym samym między akumulacją kapitału i postępowaniem technicznym pozwolił mu zignorować przesunięcia siły roboczej i stwierdzić, że liczba robotników generalnie rośnie

⁴⁰ Ryu J., Byeon S. C., *Technology level evaluation methodology based on the technology growth curve*, “Technological Forecasting & Social Change” nr 78, 2011.

⁴¹ Smith A., *Badania nad naturą i przyczynami bogactwa narodów*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 2015.

⁴² Kalita C., *Adam Smith: Podział pracy i jego konsekwencje etyczno-społeczne (użyteczność czy racjonalność?)*, “Doctrina. Studia społeczno-polityczne” 2015, nr 12.

wraz z podziałem w danej branży lub raczej wzrost umożliwia odpowiedni podział. Maszyny nie wypierają więc siły roboczej, ale różnicują tę pracę poprzez dzielenie jej na części⁴³.

Podczas gdy Smith widział możliwość ekspansji zatrudnienia w procesie tworzenia kapitału i podziału pracy, Lauderdale podkreślał, że mechanizacja produkcji jest procesem wypierającym zatrudnienie. Wyjaśnił to stwierdzeniem, że zysk z produkcji z użyciem maszyn jest wypłacany z funduszu, który w przeciwnym razie byłby przeznaczony na opłacenie wynagrodzenia pracy, którą zastępuje. Natomiast problemem dostrzeżonym zarówno przez Lauderdale'a, jak i Smitha, była możliwość zaniku pomysłowości. Wierzyli oni, że podział pracy pozbawia człowieka szerszego spojrzenia koniecznego dla opracowania nowych i udoskonalania już istniejących maszyn. Argumentowali oni, że podstawą wynalazku jest połączenie w jednym urządzeniu różnych operacji służących tworzeniu towarów, a skoro tak, podział pracy jest destrukcyjny dla rozumowania niezbędnego w tym procesie⁴⁴.

Oddziaływanie postępu technologicznego na zatrudnienie nie było kwestią oczywistą dla Ricarda, który zauważył, że bezrobocie technologiczne nie występuje dlatego, że maszyny zastępują pracę ludzką, ale z powodu zmniejszenia zasobów kapitału obrotowego. Sytuacja taka ma miejsce wtedy, gdy zasoby kapitałowe są bardzo małe, a podjęcie decyzji o budowie maszyn wymaga mocnego zwrócenia się w kierunku majątku trwałego. Nie jest to jednak charakterystyka pasująca do sytuacji Wielkiej Brytanii w XIX wieku ani dowód na to, że technologiczne bezrobocie występujące na dużą skalę ma zawsze miejsce (choćby czasowo). Tymczasem przywódcy klasy robotniczej, jak twierdzi Berg, byli przeciwni umaszynowaniu fabryk z powodu problemów, które w ich przekonaniu były z tym związane - miało to być w szczególności bezrobocie technologiczne, "długie godziny osamotnionej pracy w fabryce" oraz "zaraza szybko rozwijających się miast przemysłowych"⁴⁵.

Dystrybucja przychodu stanowiła centrum ricardiańskich rozmyślań w teorii wzrostu. Jako że założył on, iż akumulacja jest pochodną przychodów, tempo akumulacji miał determinować ich podział między zyskami i pozostałymi udziałami w przychodach. Zmiana techniczna jest w tym kontekście istotna o tyle o ile równoważy skutki malejących zysków,

⁴³ Berg M., *The Machinery Question and the Making of Political Economy 1815-1848*, Cambridge University Press, Cambridge 1980.

⁴⁴ Lauderdale J.M., *An Inquiry into the Nature and Origin of Public Wealth, and into the Means and Causes of its Increase*, A.M. Kelley, New York 1962.

⁴⁵ Berg M., *The Machinery Question and the Making of Political Economy 1815-1848*, Cambridge University Press, Cambridge 1980.

zwiększa udział zysków, a tym samym stopę akumulacji. Niektórzy przyjmują, że Ricardo nie uważał zmian technicznych za istotny czynnik w swoich analizach systemu ekonomicznego. Jego model zakładał w końcu, że ziemia, którą możemy dysponować jako jednym z czynników produkcji, jest ograniczona, ale też że ulepszenia technologiczne czy handel międzynarodowy nie występują. To spojrzenie na gospodarkę zamkniętą umożliwiło mu zestawienie stopy akumulacji kapitału i wzrostu populacji. W efekcie w swoich analizach pokazał, że wraz z ekspansją “gospodarki naturalnej” płace realne pozostają bez zmian. Oddzielił przypadki zwiększenia kapitału, wzrostu liczby ludności oraz przeniesienia jej części na mniej żyzne ziemie, by pokazać jaki wpływ każdy z nich ma na gospodarkę, która nie może rozwijać się poprzez zastosowanie nowych rozwiązań, a także dzięki handlowi międzynarodowemu. Ricardo wnioskował więc, że w gospodarce zamkniętej, gdzie postęp technologiczny nie występuje, stopa zysku jest sukcesywnie obniżana aż do momentu, w którym nie ma już bodźców do dalszych inwestycji. Taki przypadek został nazwany przez Ricardo stanem stacjonarnym.

Jak przekonuje Berg, stworzenie modelu “naturalnych tendencji” miało na celu właśnie podkreślenie znaczenia czynników, które Ricardo świadomie pominął - wspomnianego już wolnego handlu i postępu technicznego. Umożliwiają one ucieczkę przed ograniczeniami świata skończonych możliwości akumulacji kapitału uzależnionych od dostępnej powierzchni ziemi, a także liczby ludności. Handel i technologia powodują zmiany społeczne, które modyfikują ten naturalny stan rzeczy. Ricardo zresztą w wielu miejscach podkreślał, że wpływ maszyn na gospodarkę można porównać do wpływu handlu zagranicznego. Argumentował on, że skoro wprowadzanie tanich towarów zagranicznych na rynek obniża koszty produkcji, a więc i wartość produktu, zmiana techniczna działa w ten sam sposób. Podobnie jeśli rozwój handlu zagranicznego prowadzi do wzrostu zysków poprzez redukcję udziału płac w dochodzie, wprowadzanie maszyn powinno dawać ten sam efekt. Z kolei w gospodarce bez ulepszeń wysoki poziom inwestycji powoduje napięcia na rynku pracy i ziemi. Ludzie zmuszeni są do uprawiania coraz mniej produktywnych gruntów i pokrywania coraz wyższych kosztów utrzymania pracowników. Zyski są zatem znacząco mniejsze⁴⁶.

⁴⁶ Berg M., *The Machinery Question and the Making of Political Economy 1815-1848*, Cambridge University Press, Cambridge 1980.

Ricardo wyróżniał więc dwa rodzaje akumulacji kapitału. Pierwszy, bez udziału zmian technicznych, prowadził do wzrostu kosztów pracy, a więc jego wartości. Względny udział płac rósł, udział w zyskach tymczasem spadał. Drugi, występujący w związku ze zmianami technicznymi, umożliwiał wzrost zasobów kapitału przy równoczesnym spadku jego wartości. Zmiana ta nie pociąga za sobą konieczności zwiększenia ilości wykorzystywanej ziemi, gdyż następuje w wyniku zaangażowania maszyn w proces produkcji. Zapobiega to wzrostowi udziału pracy. Podsumowując, naturalna cena towarów (ale nie surowców i pracy) ma zdaniem Ricardo tendencję do spadku wraz z postępem zamożności społeczeństwa oraz populacji. Z jednej strony wartość realna takich produktów rośnie, co wynika ze wzrostu naturalnej ceny surowca, z drugiej jednak jest to równoważone ulepszeniami maszynierii, lepszym podziałem oraz dystrybucją pracy i wreszcie wzrostem umiejętności producentów. Tam, gdzie zmiany techniczne nie występują, krańcowe koszty produkcji rosną, co prowadzi do wzrostu udziału dochodu, jaki jest wymagany przez płace naturalne. Występujące wcześniej zyski osiągnięte dzięki zwiększeniu różnicy między płacami naturalnymi oraz rynkowymi znikają w ten sposób. Jak podkreśla Berg, Ricardo mógł na tej podstawie wysnuć wniosek, że zmiana techniczna poprawia sytuację klasy pracującej, gdyż może zapobiegać wzrostowi udziału płac naturalnych⁴⁷. Warto jednak wspomnieć, że Ricardo nie uznawał wspomnianego wzrostu płac naturalnych za efekt jednoznacznie negatywny, gdyż może on wynikać nie tylko ze wzrostu liczby ludności albo kosztów produkcji, ale także poprawy jakości życia na poziomie minimum egzystencji. Ten rodzaj wzrostu płac naturalnych jest pozytywny dla klasy pracującej, stanowi więc kontrast dla podobnego wzrostu wywołanego zwiększeniem liczby ludności i wzrostem kosztów krańcowych. Zmiana techniczna wpływa zresztą nie tylko na poziom egzystencji społecznej, ale też jej skład. Ricardo odciął się od poglądu, który przypisywał Smithowi i Malthusowi, że koszyk dóbr i usług składa się wyłącznie z kukurydzy, co pozwalało wiązać zyski i wzrosty populacji z dostępnością żywności. Przekonywał on, że wraz z postępem robotnik jest w stanie zaspokajać coraz więcej potrzeb poświęcając małą ilość pożywienia⁴⁸.

Przemyslenia Ricardo na temat ulepszeń technologicznych były ściśle związane z kwestią płac. W tym ujęciu technologia nie wpływa bezpośrednio na stopę zysku. Zyski co

⁴⁷ Ibidem.

⁴⁸ Ricardo D., *Zasady ekonomii politycznej i opodatkowania*, Drukarnia Wydawnicza W. L. Anczyca i Spółki, Kraków 1929.

prawda rosną, jednak dzieje się to w odpowiedzi na zmiany w sektorach produkujących dobra przeznaczone na konsumpcję pracowników. Gdy więc mamy do czynienia z rozwojem technologii w branży produkującej dobra luksusowe, konsumowane wyłącznie przez kapitalistów czy właścicieli ziemskich, stopa zysku się nie zmienia⁴⁹. W “Zasadach ekonomii politycznej i opodatkowania” Ricardo pisał wprost, że stopa zysku nie wzrasta dzięki lepszemu podziałowi pracy, wynalezieniu maszyn czy skróceniu czasu produkcji i transportu dóbr - są to czynniki, które oddziałują na cenę, a więc są korzystne dla konsumentów.

Sceptycy uważali jednak, że model Ricardo nie zawierał w sobie koncepcji zmiany technicznej, która jest generowana samoistnie, co miało miejsce u Smitha, gdzie nowe techniki były ucieleśnieniem podziału pracy, jak i u Marksa, gdzie dążenie do zmiany było włączone w ogólną tendencję wzrostu organicznego składu kapitału. Dowodem na to miał być rozdział “Zasad...” poświęcony maszynom, którego ustalenia wydawały się sprzeczne z wcześniejszymi wywodami, dotyczyły bowiem kwestii negatywnego wpływu maszyn na sytuację klasy robotniczej. Ricardo wcześniej sceptycznie podchodził do kwestii bezrobocia technologicznego, pisząc o tym, że nie ma takiego stworzenia maszyn, które całkowicie zastępuje wykorzystanie pracy ludzkiej (dla przykładu silnik parowy wymaga stałej pracy człowieka związanej z jego obsługą, a także corocznymi naprawami)⁵⁰. W “O maszynach” stwierdził tymczasem, że wynalazki mogą przynosić oszczędność pracy nie tylko w ramach pojedynczego sektora czy branży, ale też całej gospodarki. Powodem, dla którego całkowite zatrudnienie miałyby spaść w fazie budowy maszyn, jest spadek wielkości kapitału obrotowego i produkcji - obydwa te czynniki miałyby prowadzić do zmniejszenia popytu na pracę. Ricardo pisze: “(...) wynalazki i stosowania maszyn mogą wywołać uszczuplenie przychodu surowego. Jeżeli zachodzi taki wypadek, dzieje się to z krzywdą dla klasy robotniczej, pewna bowiem liczba robotników zostaje wydalona, a ludność okazuje się nadmierną w zestawieniu z funduszami przeznaczonymi na jej zatrudnienie”. Dalej dodaje on: “(...) rozpowszechniony wśród klasy robotniczej pogląd, jakoby stosowanie maszyn częstokroć przynosiło uszczerbek jej interesom, nie opiera się na przesądzie ani błędzie i odpowiada prawdziwym zasadom ekonomii politycznej”⁵¹. Bezrobocie występuje więc

⁴⁹ Berg M., *The Machinery Question and the Making of Political Economy 1815-1848*, Cambridge University Press, Cambridge 1980.

⁵⁰ Ricardo D., *Letters 1816-1818 (The Works and Correspondence of David Ricardo)*, Cambridge University Press, Cambridge 1951.

⁵¹ Ricardo D., *Zasady ekonomii politycznej i opodatkowania*, Drukarnia Wydawnicza W. L. Anczyca i Spółki, Kraków 1929.

dlatego, że inwestycja ma pierwszeństwo przed produkcją końcową. Dzieje się tak w sytuacji, gdy kapitał kraju jest mocno ograniczony i budowa maszyn wymaga zdecydowanego przejścia na kapitał stały. Gdy jednak kończy się etap budowy i nowa maszyna zostaje uruchomiona, wysokie koszty akumulacji rekompensowane są niższym nakładem kapitału obrotowego koniecznego do jej obsługi. Mogłoby się wydawać, że to jeszcze jeden powód potencjalnego wzrostu bezrobocia, prowadzi to jednak do obniżenia kosztów produkcji, a więc powstania nadwyżki, która z kolei generuje środki niezbędne do zatrudnienia tej samej siły roboczej w innych sektorach: “(...) gdy ulepszone dzięki użyciu maszyn sposoby produkcji podnoszą czysty przychód kraju w takim stopniu, iż przychód surowy przestaje się zmniejszać (mam na uwadze zawsze ilość, nie zaś wartość dóbr), wówczas polepsza się położenie wszystkich klas”. Wreszcie konkluduje on: “Maszyny i praca znajdują się w ustawicznym współzawodnictwie ze sobą: pierwszych z nich niejednokrotnie nie można wprowadzić, dopóki praca nie zdrożeje”⁵². Blaug twierdzi, że rozdział o maszynach nie zaprzecza wcześniejszym założeniom ricardiańskiego modelu, ale raczej jest szczerym wskazaniem granic przedstawionej teorii. Zdaniem Blauga przyczyną, dla której Ricardo nie zagłębiał się w analizę zmiany technicznej ograniczającej pracę był fakt, że mogłoby to zniekształcić prosty model, przy użyciu którego chciał pokazać niechciane konsekwencje wprowadzenia ustaw zbożowych⁵³.

Pierwszym, który rozróżnił kapitał stały od obrotowego ze względu na ich wpływ na rynek pracy, był John Barton. Poddał on w wątpliwość stwierdzenie, że każdy wzrost kapitału wprawia w ruch automatycznie dodatkową ilość pracy. W jego przekonaniu popyt na pracę zależy wyłącznie od wzrostu kapitału obrotowego. Argumentował, że gdyby faktycznie oddziaływanie obydwóch rodzajów kapitału było podobne w każdym czasie oraz we wszystkich krajach, liczba zatrudnionych rosłaby zawsze wprost proporcjonalnie do bogactwa danego państwa. Tak bezpośrednia zależność nie jest jednak obserwowana. Wraz z postępowaniem cywilizacji udział kapitału stałego rośnie. W skrajnych przypadkach nawet całość rocznej produkcji może zostać dodana właśnie do kapitału trwałego i nie mieć wpływu na wzrost popytu na siłę roboczą. Zdaniem Bartona istnieje tendencja do zwiększania kapitałochłonności. Z czasem, gdy zasoby kapitału rosną, jest on inwestowany w budowę maszyn, dróg i inne ulepszenia, których istnienie w dalszej kolejności wpływa na

⁵² Ibidem.

⁵³ Blaug M., *Ricardian Economics: A Historical Study*, Literary Licensing, LLC, Whitefish 2012.

zmniejszenie zapotrzebowania na pracę. Równocześnie jednak Barton podkreślił, że dopóki akumulacja kapitału oraz zmiany techniczne mają miejsce, nie ma obaw o popyt na pracę. Proces tworzenia kapitału stałego sam w sobie jest pracodawcą siły roboczej⁵⁴.

Z przekonaniem, że popyt na pracę jest ściśle związany z kapitałem obrotowym, nie zgadzał się Malthus. Nie miał on obaw co do wzrostu wykorzystania maszyn w produkcji per se, ale zastanawiał się co w sytuacji, gdy popyt nie nadąży za zwiększoną w ten sposób produktywnością. W kwestii kapitału stałego uważał, że jakkolwiek jego wzrost jest generalnie korzystny dla kapitału obrotowego. Argumentował, że gdy zwiększanie się zasobów kapitału stałego następuje stopniowo, prowadzi to do wzrostu produktywności. Wyższy odsetek ludności zostaje uwolniony i może przejść do przemysłu, wzrasta więc produkcja ogólna, a wraz z nią całkowity popyt na pracę. Maszyny miałyby w naturalny sposób wpływać na obniżanie cen towarów, a tym samym rozszerzanie rynków. W praktyce występowały też jednak straty związane z transferowaniem kapitału z jednego miejsca zatrudnienia do innego. W "Zasadach..." Malthus pisał o tym, że zdolność całego kapitału do angażowania takiej samej ilości pracy zależy od tego czy wolne kapitały z istniejących dotychczas zawodów zostałyby niezmnieszone, a także od możliwości znalezienia równoważnego zatrudnienia w innych⁵⁵.

Malthus zdawał sobie sprawę z tego, że produkcja przemysłowa z wykorzystaniem maszyn stwarza większe ryzyko bezrobocia przynajmniej dla części pracowników, bagatelizował jednak ten problem jako nieuniknione zmiany w charakterze pracy wytwórczej, które należy zaakceptować. Dostrzegał, że w niektórych sytuacjach oszczędności pojawiające się dzięki wykorzystaniu maszyn mogą nie zostać wydane czy zainwestowane, nie widział jednak w tym niebezpieczeństwa na dłuższą metę⁵⁶.

Do początków XIX wieku kwestia maszyn była sprawą narodową. Nie można powiedzieć, że później została odsunięta na bok, zmienił się jednak jej kontekst, a także znaczenie. Maszyny nadal były uważane za problem w poszczególnych branżach, jednak te doświadczenia nie przyniosły wielu uogólnień, co miało miejsce wcześniej, a różne grupy społeczne przestały postrzegać maszyny same w sobie jako atak na ich pozycję

⁵⁴ Barton J., *Observations on the circumstances which influence the condition of the labouring classes of society*, Printed for John and Arthur Arch ..., by W. Mason, Chichester, London 1817.

⁵⁵ Malthus T.R., *Principles of Political Economy Considered with a View to their Applications*, William Pickering, London 1836.

⁵⁶ Sherwood J.M., *Engels, Marx, Malthus, and the Machine*, "The American Historical Review" 1985, vol. 90, no. 4.

w społeczeństwie. Wiktoriański boom przyniósł w końcu nie tylko mechanizację, ale też rozwój. Wzrost zatrudnienia pracującej manualnie i wykwalifikowanej siły roboczej był w równym stopniu charakterystyką ówczesnej gospodarki co tworzenie kapitału na niespotykaną wcześniej skalę oraz gwałtowna mechanizacja⁵⁷.

Friedrich Engels oraz John Stuart Mill reprezentowali w tym czasie sprzeczne kierunki jeśli chodzi o społeczno-gospodarczą debatę na temat kwestii maszyn. Podczas gdy Mill przejął tradycje klasycznej ekonomii politycznej, Engels stał się głosem krytyki płynącym ze strony klasy robotniczej.

W "Zasadach ekonomii politycznej" Mill dążył do określenia warunków, w których postęp techniczny wiąże się z pełnym zatrudnieniem. Jak zauważa Oryl, na analizie tej zaważyło stwierdzenie Ricarda, że postęp techniczny wpływa na tempo wzrostu, nie modyfikuje zaś samego procesu. W przypadku więc gdy na skutek postępu technicznego dojdzie do spadku cen rzeczowych czynników produkcji, siła robocza będzie wyeliminowana z procesu produkcji, a więc bezpośrednim rezultatem będzie zmniejszenie zatrudnienia, jak i obniżka płac. W tym sensie postęp techniczny miał szkodzić przez jakiś czas interesom pracowników, gdyż część z nich trafiła pracę lub część płacy, jednak zdaniem Milla tylko czasowo. W dłuższej perspektywie mogły wydarzyć się dwa scenariusze. Pierwszy zakłada, że zmniejszenie płac oraz zatrudnienia nie prowadzi do obniżki cen. Następuje więc wzrost zysków, który jest równy różnicy między poprzednim i aktualnym poziomem płac. Prowadzi to do wzrostu inwestycji (pod warunkiem utrzymania skłonności do akumulacji) i zatrudnienia tak, że zwolniona wcześniej siła robocza znajduje ponownie miejsca pracy. Kompensacja jest możliwa, gdyż wzrost inwestycji prowadzi do wzrostu zapotrzebowania dóbr inwestycyjnych, na które popyt zwiększa się wraz z postępowem technicznym. Drugi scenariusz zakłada, że wprowadzenie ulepszeń przyczynia się do obniżki płac, ale równocześnie też i cen, czego skutkiem jest wzrost popytu, a to z kolei powoduje wzrost inwestycji i zatrudnienia. W obydwóch przypadkach obserwuje się więc neutralny lub pozytywny wpływ na zatrudnienie, wyzwaniem może być jedynie przesunięcie siły roboczej z jednych przedsiębiorstw albo gałęzi przemysłu do innych. Wnioski te są konsekwencją prawa rynków Saya, u którego warunkiem osiągnięcia pełnego zatrudnienia jest obniżka płac robotniczych. Nawet jeśli występuje ona równocześnie z obniżką cen, zapewnia

⁵⁷ Berg M., *The Machinery Question and the Making of Political Economy 1815-1848*, Cambridge University Press, Cambridge 1980.

przedsiębiorstwom zyski, prowadzi do akumulacji i pełnej kompensacji zwolnień. W takich warunkach organizowanie się robotników w związki zawodowe i walka o obronę poziomu zarobków, jak i ingerencja państwa w tym temacie są szkodliwe nie tylko dla gospodarki, ale też dla bezpośrednich interesów samej klasy robotniczej. Mill konkluduje, że gdyby pracownicy dążyli do otrzymywania wyższych płac niż to wynika ze stosunku żądania i zaofiarowania pracy, spełnienie ich roszczeń byłoby możliwe tylko pod warunkiem, że ich część przestałaby pracować⁵⁸.

Chociaż klasyczni ekonomiści nie postrzegali rozwijających się technologii jako szansy na bogacenie się jednych kosztem innych, w połowie dziewiętnastego wieku trudno było o dowody na poprawę standardu życia większości ludzi w Anglii. Wręcz przeciwnie, warunki, w jakich żyli pracownicy w miastach, uległy pogorszeniu. Właśnie wtedy, w latach czterdziestych, ukazała się książka Engelsa: „Położenie klasy robotniczej w Anglii”, w której opisał on warunki życia oraz pracy robotników żyjących w Manchesterze. Engels wydawał się zakładać, że wszystkie fabryki w tamtym czasie używały maszyn, a także że ich wprowadzenie całkowicie zniszczyło stary system produkcji opartej na pracy ręcznej. Przyjmując te stwierdzenia doszedł do wniosku, że wszyscy robotnicy w Wielkiej Brytanii stali się proletariuszami. W „Położeniu...” pokazywał więc dlaczego uważa, że maszyna jest odpowiedzialna za stworzenie proletariatu (do którego zaliczał wszystkich pracowników bez własności).

Pogląd, że maszyny opanowały przemysł, widoczny jest w całej książce Engelsa. Stwierdza on zwycięstwo pracy maszynowej nad ręczną w głównych gałęziach angielskiego przemysłu. Opisuje, w jaki sposób robotnicy przenoszeni byli z jednego stanowiska na drugie po wprowadzeniu maszyn. Wreszcie stwierdza, że pod wpływem opisywanych przez niego zmian wyeliminowana została niższa klasa średnia, przekształcając się w bogatych kapitalistów albo w biednych robotników. W narracji Engelsa praca ręczna jest powszechnie zastępowana maszynową, niemal wszystkie czynności wykonywane są przy pomocy pary lub wody, a kolejne ulepszenia pojawiają się z każdym rokiem. Engels przeszacował jednak stopień, w jakim tradycyjne rzemiosło zostało wyparte przez produkcję wspomaganą maszynami. Nie zdawał sobie też sprawy z tego, że ekspansja gospodarcza, którą obserwował, prowadziła do wzrostu liczby pracowników zatrudnionych przy produkcji oraz

⁵⁸ Oryl K., *Postęp techniczny i bezrobocie w ujęciu szkoły klasycznej i neoklasycznej*, „Ruch Prawniczy, Ekonomiczny i Socjologiczny” 1964, nr 26.

dystrybucji dóbr konsumpcyjnych, a także przy świadczeniu usług. Wzrost osób zatrudnionych przy bawelnie przełożył się na zwiększenie zapotrzebowania na produkty wytwarzane przez szewców, murarzy i wielu innych specjalistów. Postęp, zamiast zlikwidować niższą klasę średnią, przyczynił się więc do jej ekspansji drobnomieszczaństwa, a więc ludzi zatrudnionych przy zupełnie nowych rodzajach prac. Przeobrażenia te nazwano “rewolucją usługową”. Były one mniej gwałtowne, jednak równie ważne dla zmiany składu siły roboczej co rewolucja przemysłowa⁵⁹. O podobnych zmianach stosunków produkcji pisał Marks stwierdzając, że len czy płótno są w równym stopniu wytworem człowieka co określone stosunki społeczne, w jakich powstają. Stosunki te są powiązane z siłami wytwórczymi - kiedy więc powstają nowe siły wytwórcze, zmienia się sposób produkcji i zarabiania na życie, zmieniają się więc stosunki społeczne. Konkludował on: “Żarna dadzą nam społeczeństwo z panem feudalnym na czele, młyn parowy - społeczeństwo z kapitalistą przemysłowcem”⁶⁰. Dalej Marks przekonywał, że wraz ze wzrostem kapitału wytwórczego wzrasta podział pracy oraz zastosowanie maszyn. W konsekwencji zwiększa się rywalizacja pomiędzy robotnikami, co doprowadza do spadku płac⁶¹.

Wracając do Engelsa, twierdził on, że maszyny mogą wywoływać bezrobocie na dwa sposoby. Po pierwsze bezpośrednio, ponieważ oszczędzają pracę, a więc powodują zmniejszenie zapotrzebowania na pracowników. Po drugie pośrednio, gdyż stymulują wzrost technologiczny i gospodarczy, a tym samym pozwalają na wzrost liczby ludności (formułując ten wniosek, Engels oparł się na klasycznym malthusiańskim wytłumaczeniu korelacji pomiędzy przyrostem ludności oraz poziomem zamożności społeczeństwa). Każdy postęp w dziedzinie produkcji i wykorzystania maszyn może więc wywoływać efekt kryzysu gospodarczego u części pracowników, tworząc niedostatek i nędzę. Przędzarka, przy pomocy której możliwe jest sześciokrotne zwiększenie produkcji, jest w końcu powodem zwolnienia pięciu pracowników. W opublikowanym w 1844 roku artykule napisał: “Z pomocą maszyny ośmioletnie dziecko było teraz w stanie wyprodukować więcej niż dwudziestu dorosłych mężczyzn wcześniej”. Zdaniem Engelsa było to powodem, dla którego całe armie osób były wyrzucane z pracy zapewniającej im utrzymanie. Podobne stwierdzenia na temat konsekwencji wprowadzania maszyn, jak przekonuje Sherwood, często pojawiały się

⁵⁹ Sherwood J.M., *Engels, Marx, Malthus, and the Machine*, “The American Historical Review” 1985, vol. 90, no. 4.

⁶⁰ Marks K., *Nędza filozofii*, Wydawnictwo Książka, Warszawa 1948.

⁶¹ Ibidem.

w tamtym czasie w analizach produktywności maszyn, nie były jednak prawdziwe. Całkowite zatrudnienie w przemyśle bawełnianym, jeśli chodzi o pracowników ręcznych oraz tych zatrudnionych w fabrykach, rosło niemal nieprzerwanie. Przemyslenia Engelsa na temat efektów wprowadzania maszyn przyczyniły się do wytworzenia obrazu rewolucji przemysłowej, który funkcjonuje także dzisiaj: gwałtowne wprowadzenie maszyn na szeroką skalę w jego przekonaniu doprowadziło do ustanowienia systemu fabrycznego, w którym zatrudniano dużą liczbę kobiet oraz po raz pierwszy dzieci. Miały to być zarówno początki masowego bezrobocia technologicznego, jak i narodziny buntowniczego proletariatu. Ten determinizm technologiczny Engelsa nie był całkowicie oparty na faktach, stał się jednak podstawą teorii Marksa o nieuchronności powstawania rezerwowej armii pracowników, jak i również niezdolności gospodarki kapitalistycznej do poprawy panujących warunków pracy. W "Położeniu klasy robotniczej w Anglii" Marks miał znaleźć empiryczny fundament swojej wiary w nieuchronność rewolucji. Engels był więc tym, który zidentyfikował maszynę jako siłę napędową wytwarzającą nadwyżkę populacji oraz uniemożliwiającą poprawę warunków, a także przewidział rewolucyjny wynik tego procesu⁶².

Ricardo, Malthus, Mill czy Engels to ekonomiści, którzy żyli w czasach niespotykanego rozwoju gospodarczego. Nowe możliwości urealniały się na ich oczach. Równocześnie jednak widzieli oni codzienne zmagania o chleb całych mas pracowników. Klasycy, w przeciwieństwie do Engelsa, nie postrzegali technologii jako zagrożenia dla zatrudnienia. Uważali, że wprowadzenie maszyn, przyczyniając się do obniżenia kosztów produkcji, ostatecznie posłuży wszystkim - właścicielom kapitału i pracownikom. Jako że koszty towarów zaczęłyby spadać, zwiększyłaby się siła nabywcza, a więc produkcja mogłaby wzrosnąć nie tylko w branży, gdzie wprowadzono maszyny, ale także we wszystkich innych. Ogólna ekspansja produkcji we wszystkich gałęziach miałaby z nadwyżką rekompensować straty w zatrudnieniu, jakie pojawiało się zaraz po wprowadzeniu maszyn w danej branży. Chociaż więc należy spodziewać się opóźnienia czasowego, całe społeczeństwo powinno odnieść korzyść z obniżki kosztów produkcji oraz zwiększenia liczby dostępnych miejsc pracy⁶³.

⁶² Sherwood J.M., *Engels, Marx, Malthus, and the Machine*, "The American Historical Review" 1985, vol. 90, no. 4.

⁶³ Berg M., *The Machinery Question and the Making of Political Economy 1815-1848*, Cambridge University Press, Cambridge 1980.

Podczas gdy zwolennicy liberalizmu gospodarczego w szkole klasycznej twierdzili, że bezrobocie technologiczne występuje jedynie w przypadku odejścia od zasady *laissez-faire*, popierający interwencjonizm ekonomiści starali się wykazywać, że w warunkach gospodarki kapitalistycznej nie można mówić o wystarczającym zabezpieczeniu przed wspomnianym bezrobociem, dlatego konieczna jest ingerencja ze strony państwa i organizowanie się pracowników. Hobson dowodził, że chociaż na skutek ulepszeń technicznych rośnie siła produkcyjna, nie podąża za nią wystarczający rozwój rynków zbytu. Stan ten jest konsekwencją kapitalistycznego zastosowania techniki, co skutkuje zmniejszeniem zatrudnienia lub też zastępowaniem pracowników niewykwalifikowanych tymi posiadającymi wyższe kwalifikacje, co wiąże się z obniżeniem siły nabywczej społeczeństwa. Nierówność społeczna klas i idąca za nią nierówność korzyści kapitalistów oraz robotników z zastosowania postępu staje się zdaniem Hobsona przyczyną zubożenia tych drugich. Bezpośrednio po zastosowaniu wynalazków nie ma więc zbytu na wszystkie produkowane rzeczy, chyba że ich ceny zostają obniżone. Z kolei wymagana obniżka cen jest tak znaczna, że produkcja staje się nierentowna. Zarówno obniżka cen, jak i ich utrzymanie, prowadzą więc do zahamowania postępu technicznego i powstawania sytuacji kryzysowych. Rozwiązaniem, jakie proponuje Hobson, jest organizowanie obrony społecznej interesów robotników w celu podwyżek płac. Z tej perspektywy organizowanie się klasy robotniczej przeciwko wyzyskowi staje się czynnikiem rozwoju gospodarczego, a także rozwiązaniem problemu bezrobocia. Oryl zauważa, że wnioski te, będące następstwem myśli wyrażonych choćby przez Ricarda, wyrażają istotę postulatów Keynesa jeśli chodzi o konieczność interwencjonizmu państwowego⁶⁴.

W opozycji do tych wywodów Pigou staje na stanowisku, że skoro rozmiary zatrudnienia są funkcją krzywej popytu na siłę roboczą i poziomu płac realnych, a popyt na siłę roboczą określany jest krańcową produktywnością kapitału oraz pracy i popytem na dobra, o rozmiarach zatrudnienia decyduje przede wszystkim drugi czynnik, a więc poziom płac realnych. Przy niepełnym zatrudnieniu w gospodarce kapitalistycznej nastąpi obniżka tych płac, co doprowadzi do powstania różnicy między krańcową produktywnością pracy i płacą, a więc zainicjuje dodatkowe inwestycje, które przyniosą zyski, a w następnym kroku - wzrost popytu na pracę i pełne zatrudnienie. W ten sposób u Pigou, podobnie jak wcześniej

⁶⁴ Oryl K., *Postęp techniczny i bezrobocie w ujęciu szkoły klasycznej i neoklasycznej*, "Ruch Prawniczy, Ekonomiczny i Socjologiczny" 1964, nr 26.

u Milla, obniżka płac realnych staje się środkiem pozwalającym na osiągnięcie pełnego zatrudnienia. Definiując postęp techniczny jako zmiany w technologii prowadzące do wzrostu produkcji na “występującą ilość zatrudnionej pracy” Pigou dochodzi do wniosku, że bezrobocie może powstać jedynie tam, gdzie występuje niski stopień elastyczności popytu. Z kolei tam gdzie popyt rośnie szybciej niż krańcowa produktywność pracy, wzrasta zapotrzebowanie na siłę roboczą. Postęp może w tym ujęciu stwarzać bezrobocie, ale jedynie na krótką metę, gdyż bezrobotni ostatecznie znajdą zatrudnienie w gałęziach o wysokim stopniu elastyczności popytu. Hayek, przedstawiając zgodne poglądy, doszedł do wniosku, że postęp techniczny nie wywiera istotnego wpływu na zatrudnienie⁶⁵.

Keynes, krytykując Pigou i klasyków, stwierdza, że wzrost zatrudnienia spowodowany obniżką realnych płac jest możliwy, ale tylko gdy nastąpi w pojedynczych przedsiębiorstwach, nie zmieni się więc globalny popyt na dobra, a także ich ceny. Jeśli jednak płace zostaną obniżone powszechnie, zmniejszy się również ogólny popyt, a także ceny. Obniżka cen jest w takiej sytuacji konieczna, inaczej część produkcji nie miałaby zbytu. Skutkiem tego będzie też jednak spadek rentowności, stosunek produktu pracy do płacy nie ulegnie więc zmianie. W podobnych warunkach nie może być mowy o wzroście zatrudnienia. Ostatecznie zdaniem Keynesa jedynie podwyższenie płac może prowadzić do wzrostu zatrudnienia. Dzięki temu zwiększa się również popyt, co rodzi postęp gospodarczy, gdyż przedsiębiorcy są zmuszeni do zwiększenia wysiłków inwestycyjnych, które również wchłaniają nadmiar siły roboczej⁶⁶.

W rozważaniach na temat technologii w gospodarce i jej wpływu na bezrobocie ekonomiści zwracają uwagę przede wszystkim na płace. Źródłem bezrobocia technologicznego szukają więc w skutkach podziału dochodu społecznego i jego wykorzystania. W ten sposób najważniejszym problemem ogólnej teorii rozwoju gospodarczego staje się kwestia poziomu płac i zysków. Podczas gdy Mill czy Pigou twierdzili, że niskie płace są warunkiem wzrostu zatrudnienia, Keynes patrzył na to z zupełnie innej perspektywy. Ostatecznie problem sprowadza się do pytania: czy wzrost płac jest wynikiem czy też raczej przyczyną wzrostu dochodu społecznego. Jest on o tyle kluczowy, że na przestrzeni lat prowadził ekonomistów do zupełnie różnych wniosków. Popierający Keynesa i teorię niedostatecznego popytu

⁶⁵ Oryl K., *Postęp techniczny i bezrobocie w ujęciu szkoły klasycznej i neoklasycznej*, “Ruch Prawniczy, Ekonomiczny i Socjologiczny” 1964, nr 26.

⁶⁶ Ibidem.

skłaniali się ku stwierdzeniu, że bezrobocie występuje, ponieważ popyt na dobra i usługi jest niedostateczny, konieczne jest więc doprowadzenie do wzrostu popytu (poprzez wzrost płac). Z kolei zgadzający się z Millem czy Pigou i teorią niedostatecznej kapitalizacji przekonywali o konieczności stwarzania warunków do wzrostu akumulacji (poprzez obniżenie płac).

1.3.2 Kwestia wpływu technologii na produktywność

Przywołując Solowa, który stwierdził, że komputery widoczne są wszędzie z wyjątkiem statystyk dotyczących produktywności, Brynjolfsson w swoim artykule przeanalizował badania na temat technologii informacyjnych i ich wpływu na produktywność. Przypomniał on między innymi badanie przeprowadzone przez Lovemana (1988) będące jednym z pierwszych ekonometrycznych dowodów na istnienie potencjalnego problemu. Loveman oszacował, że wkład kapitału IT w wynik wynosił w przybliżeniu zero w okresie pięciu lat w niemal każdej z badanych przez niego podgrup. Podczas więc gdy przedsiębiorstwa coraz chętniej inwestowały w ciągle polepszającą się technologię, wzrosty produktywności wydawały się znacznie niższe od oczekiwanych. Morrison & Berndt (1990) z kolei przeprowadzili badania obejmujące cały amerykański sektor wytwórczy. Wynikało z nich, że każdy dolar wydany na IT przynosił średnio jedynie około 0.8 dolara marży, co wskazywało na przeinwestowanie w technologie informacyjne. Brynjolfsson wskazał cztery możliwe przyczyny występowania zjawiska, które nazwał “paradoksem produktywności”. Jego zdaniem jest on możliwy ze względu na istnienie⁶⁷:

- opóźnień dostosowawczych;
- możliwych błędów pomiaru;
- zjawiska redystrybucji i rozproszenia zysków;
- błędów w zakresie zarządzania technologią.

Pierwsze dwa powody wskazują na możliwe ograniczenia wykorzystywanych narzędzi pomiaru, które uniemożliwiają uchwycenie korzyści wynikających ze stosowania najnowszych technologii. Ze względu na istnienie opóźnień dostosowawczych realne zyski oraz straty wynikające z implementacji nowych rozwiązań w przedsiębiorstwach są trudne do zauważenia. Wynika to z potrzeby dostosowania dotychczasowych działań organizacji do nowych warunków, jak i również rozwoju kompetencji pracowników. Nawet jeśli wspomniane korzyści są znaczne, pomijając problem opóźnień, pozostaje jeszcze kwestia

⁶⁷ Brynjolfsson E., *The productivity paradox of information technology*, “Communications of the ACM” nr 12, 1993.

realnego odzwierciedlenia ich wpływu na produktywność w tworzonych modelach. Tradycyjne miary produktywności nie biorą pod uwagę wartości takich jak podnoszenie jakości, na przykład poprzez zmniejszenie liczby generowanych błędów. Istnieje więc ryzyko, że cały czas nie jesteśmy jeszcze w stanie określić rzeczywistego wpływu technologii na produktywność.

Dwa kolejne wyjaśnienia zaproponowane przez Brynjolfssona dotyczą możliwości, że wpływ technologii na produktywność jest powszechnie przeszacowywany. Należy wziąć pod uwagę zjawisko redystrybucji i rozproszenia zysków, które wskazywałoby, że dokonujący inwestycji korzystają prywatnie z ulepszeń, dzieje się to jednak kosztem innych, nie pojawiają się więc korzyści netto na poziomie globalnym. Jeszcze jednym proponowanym wyjaśnieniem paradoksu produktywności jest niewłaściwe zarządzanie wdrażając technologią. Istnieje szansa, że poszczególne przedsiębiorstwa, a nawet całe sektory inwestują w rozwiązania, które nie są optymalne. Środki są niewłaściwie lokowane lub wykorzystywane do tworzenia przerw w produkcji, a nie jej zwiększania. Przyjęcie jednego z dwóch ostatnich wyjaśnień mogłoby prowadzić do wniosku, że na poziomie całej gospodarki nie można mówić o korzyściach z wdrażania technologii.

Poglądy innych ekonomistów można uznać za spójne z tymi przedstawionymi przez Brynjolfssona. Rosenberg przypisał "paradoks produktywności" powolnej dyfuzji zmian technologicznych⁶⁸, natomiast Griliches wyzwaniom związanym z pomiarem zmian w produktywności sektora usługowego, gdzie zgodnie z przewidywaniami powinien on być największy⁶⁹.

Dotychczasowe dyskusje ekonomistów na temat potencjalnego wpływu zmian technologicznych na płace, zatrudnienie czy produktywność nie dostarczyły jasnej odpowiedzi w kwestii tego w jakich warunkach powinniśmy spodziewać się określonych skutków. Z tego względu wydaje się, że pytania o wpływ postępu technicznego na gospodarkę pozostają otwarte, a z czasem zyskują one na znaczeniu. Postępująca robotyzacja produkcji jest jednym z impulsów do zadawania ich na nowo, biorąc pod uwagę specyficzne cechy tej technologii.

⁶⁸ Rosenberg N., *Inside the black box: Technology and economics*, Cambridge University Press, Cambridge 1982.

⁶⁹ Griliches Z., *Productivity, R&D, and the Data Constraint*, "The American Economic Review" vol 84, nr 1, 1994.

1.4 Pojęcie robotyzacji i jej znaczenie w kształtowaniu współczesnych procesów produkcyjnych

Proces produkcyjny, który zostanie przedstawiony w kontekście szans na jego robotyzację, a także zagrożeń z tym związanych oraz możliwości pomiaru zjawiska, należy rozumieć jako proces przekształcania zasobów w dobra⁷⁰. Mówiąc dokładniej, jest to uporządkowany zbiór działań, w wyniku których koncepcje konstrukcyjne i technologiczne produktów są realizowane w postaci produkcji. W wyniku tego materiały wyjściowe zostają przetworzone za pomocą narzędzi pracy, takich jak maszyny, urządzenia, aparaty, w produkty gotowe⁷¹. Podstawową częścią procesu produkcyjnego, prowadzącego do wytworzenia gotowych wyrobów, jest proces technologiczny. Jest on oceniany przez pryzmat rosnących wymagań rynkowych. Jego realizacja we współczesnych zakładach jest coraz częściej dokonywana z wykorzystaniem robotów.

Roboty przemysłowe stanowią alternatywę dla pracy ludzkiej, najczęściej na stanowiskach uciążliwych oraz niebezpiecznych. Wykonują one zadania uznawane za niebezpieczne (takie jak obsługa prasy), powtarzalne (na przykład obsługa taśmy produkcyjnej), a także wymagające siły (zalicza się do nich rozładunek czy załadunek) i precyzji (zaawansowana obróbka materiałowa). Z założenia stosowanie robotów ma prowadzić do zwiększenia poziomu produkcji i równocześnie obniżania jej kosztów. Roboty przemysłowe znajdują zastosowanie w różnych przemysłach, w tym przede wszystkim w przemyśle elektromaszynowym i chemicznym, w rolnictwie, transporcie, łączności, budownictwie, górnictwie, leśnictwie czy kosmonautyce⁷².

1.4.1 Roboty przemysłowe

Pojęcie “robota” istnieje w kilku językach słowiańskich, odnosi się ono do ciężkiej pracy, wysiłku lub też pracy niewolniczej. Pochodzi od niego termin “robot”, który nabrał obecnego znaczenia po premierze sztuki R.U.R. (Roboty Uniwersalne Rossuma) autorstwa czeskiego pisarza, Karela Čapeka. W rzeczywistości jednak słowo zostało wymyślone przez jego brata Josefa. Najpierw oznaczało ono uproszczoną wersję człowieka, produkowaną sztucznie i przeznaczoną do ciężkiej pracy, podczas gdy obecnie nie odnosi się już do istot

⁷⁰ Kost G., Węsierski Ł., Łebkowski P., *Automatyzacja i robotyzacja procesów produkcyjnych*, Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa 2018.

⁷¹ Romanowska M., Trocki M., *Podejście procesowe w zarządzaniu*, Szkoła Główna Handlowa, Warszawa 2004.

⁷² Żurek J.: *Podstawy robotyzacji*. Poznań: Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, 2004, s. 11. ISBN 83-7143-431-6.

żywych, ale urządzeń mechanicznych. We wspomnianej sztuce roboty służą ludziom wykonując ich pracę, nie mają one uczuć oraz życia intelektualnego. Po czasie buntują się i zabijają swojego mistrza, Rossuma. Niszczą także całe życie na Ziemi, do czego są zdolne, gdyż posiadają nadludzką siłę i inteligencję. Podobne obrazy na wiele lat ukształtowały debatę na temat obecności robotów w świecie. Miał na nią wpływ również film *Modern Times*, w którym Charlie Chaplin pokazuje jak wygląda zautomatyzowany świat. Ludzie generalnie długo myśleli o robotach w kategorii zagrożenia, co jest zauważalne także w obecnie trwającej dyskusji na temat rozwoju zjawiska oraz jego wpływu na życie społeczne i gospodarcze⁷³.

Chociaż brakuje ogólnie przyjętej definicji robota, wszystkie jej propozycje odnoszą się do możliwości wykonywania zadań bez udziału człowieka⁷⁴. Oxford English Dictionary określa robota w następujący sposób: “maszyna zdolna do automatycznego wykonywania złożonej serii czynności, zwłaszcza ta programowalna przez komputer”. Automatyczne wykonywanie zadań jest kluczowym elementem w robotyce, ale stanowi też cechę wielu prostych maszyn, które nazywamy automatami. Różnica pomiędzy robotem a takim automatem (na przykład ekspresem do kawy) zawiera się w sformułowaniu “złożonej serii czynności”⁷⁵.

Tymczasem zgodnie z normą ISO/TR 8373:2012 robotem nazywamy taki mechanizm, który jest programowalny w dwóch lub więcej osiach, a także posiada pewien stopień autonomii i porusza się w swoim otoczeniu dla wykonywania zamierzonych zadań. Podział robotów na przemysłowe (*ang. industrial robots*) i usługowe (*ang. service robots*) wynika z ich zamierzonego wykorzystania. Podstawowe różnice między nimi zostały wyszczególnione w Tabeli 1.

Jeszcze jednym typem, o którym warto wspomnieć, są koboty, czyli roboty przemysłowe umożliwiające bezpieczną współpracę z człowiekiem dzięki wmontowanym systemom bezpieczeństwa, łatwości przeprogramowania oraz niedużej wielkości. Odrębnym zagadnieniem mieszczącym się w ramach robotyki są rozwiązania w obszarze oprogramowania (*ang. Robotic Process Automation, RPA*). Automatyzują one pracę

⁷³ Wallen J., *The history of the industrial robot*, Department of Electrical Engineering Linköpings universitet, Linköping 2008.

⁷⁴ International Federation of Robotics, *The Impact of Robots on Productivity, Employment and Jobs. A positioning paper*, 2017.

⁷⁵ Ben-Ari M., Mondada F., *Elements of Robotics*, Springer International Publishing AG, Cham 2018.

wykonywaną z wykorzystaniem komputerów, co sprawia, że także sektor usług zaczyna podlegać robotyzacji. Roboty tego typu nazywane są software'owymi, biznesowymi albo operacyjnymi⁷⁶.

Tabela 1. Różnice pomiędzy robotami przemysłowymi oraz usługowymi

Charakterystyka	Roboty przemysłowe	Roboty usługowe
Obszar zastosowania	Produkcja	Pozostałe
Rynek	Dojrzały	Rozwijający się
Marże	Niskie	Potencjalnie wysokie
Różnicowanie	Niskie	Wysokie
Design	Prosty	Wieloaspektowy
Decyzje zakupowe	Na podstawie ROI	Propozycja wartości i możliwość integracji
Cena	Wysoka	Niska

Źródło: Duch-Brown N., Rossetti F., Haarbuerger R., *AI Watch. Evolution of the EU market share of robotics: Data and Methodology*, Publications Office of the European Union, Luxembourg 2021.

Za robota przemysłowego uznaje się automatycznie sterowany, uniwersalny manipulator programowalny w trzech lub więcej osiach, który ma charakter stacjonarny albo mobilny i znajduje zastosowanie w automatyce przemysłowej. W definicji Międzynarodowej Organizacji Normalizacyjnej zwrócono uwagę na kilka kluczowych cech robotów przemysłowych:

- automatycznie sterowane - są w stanie wykonywać zadania bez otrzymywania zewnętrznych poleceń w trakcie procesu,
- reprogramowalne - ich zaprogramowane ruchy można zmieniać bez konieczności wprowadzania zmian fizycznych,
- uniwersalne - wykonują różne działania operacyjne po dokonaniu zmian fizycznych (takich jak wymiana narzędzi).

⁷⁶ Grzeszak J., Sarnowski J., Supera-Markowska M., *Drogi do przemysłu 4.0. Robotyzacja na świecie i lekcje dla Polski*, Polski Instytut Ekonomiczny, Warszawa 2019.

Roboty przemysłowe pracują w dobrze zdefiniowanych środowiskach przy wykonywaniu zadań produkcyjnych. Fakt ten sprawia, że ich projektowanie jest łatwiejsze. Tymczasem roboty usługowe co do zasady wymagają ulepszonych czujników oraz ściślejszej interakcji z użytkownikiem. Z uwagi na ten fakt w ostatnich dekadach dwudziestego wieku (od lat sześćdziesiątych do lat dziewięćdziesiątych) większość robotów i sama robotyka ograniczały się do zastosowań przemysłowych⁷⁷. Obecnie są one wdrażane także w innych branżach, jednak nadal ich wykorzystanie w przemyśle jest znaczące. Można wyróżnić cztery podstawowe typy robotów przemysłowych⁷⁸: (1) robota sekwencyjnego, z układem sterowania, w którym ruchy w osiach następują w określonej kolejności, gdzie zakończenie jednego ruchu jest sygnałem do rozpoczęcia kolejnego, (2) sterowanego według trajektorii, w przypadku którego wykonywana jest procedura sterowania regulująca ruch do następnej pozycji, (3) adaptacyjnego, mającego sterowanie sensoryczne, adaptacyjne bądź funkcję uczenia się z układem sensorycznym, (4) mobilnego, przenoszącego wszystkie środki niezbędne do jego ruchu, a także kontroli (układy zasilania, sterowania, napędu).

Pierwsze roboty były właśnie robotami przemysłowymi. Zastępowały one człowieka w realizowaniu prostych, powtarzalnych zadań (przykłady takich zadań zostały zamieszczone w Tabeli 2). Dzięki nim linie montażowe w fabrykach mogły działać bez obecności ludzi. Robot wykonywał czynności w określonej kolejności, oddziałując na obiekty umieszczone dokładnie przed nim. Jego konstrukcja mogła być uproszczona, ponieważ pracował zawsze w dostosowanym środowisku. Współczesne roboty potrzebują coraz większej elastyczności, dla przykładu zdolności rozpoznawania różnych obiektów, gdy muszą one być pakowane w odpowiedniej kolejności. Robot może być także wykorzystywany do transportu towarów z magazynu. Ciągłe jednak konieczna jest możliwość adaptacji środowiska na potrzeby robota⁷⁹. Dodatkowa elastyczność jest wymagana, gdy robot przemysłowy wchodzi w interakcje z ludźmi. Wpływa to na zwiększenie wymagań dotyczących bezpieczeństwa, z drugiej jednak strony praca może być wykonywana efektywniej, gdy robot odpowiada za realizację powtarzalnych i niebezpiecznych zadań, natomiast człowiek koncentruje się na

⁷⁷European Agency for Safety and Health at Work, *Przyszłość pracy: robotyka*, <https://osha.europa.eu/pl/publications/future-work-robotics> [dostęp: 25.10.2019].

⁷⁸Żurek J., *Podstawy robotyzacji*, Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań 2004.

⁷⁹Ben-Ari M., Mondada F., *Elements of Robotics*, Springer International Publishing AG, Cham 2018.

tych bardziej złożonych i określa ogólne zadania robota, jako że jest w stanie szybko rozpoznawać błędy, jak i również szukać sposobów na optymalizację⁸⁰.

Tabela 2. Obszary zastosowań robotów przemysłowych

Obszar	Przykłady zastosowania
Operacje przeładunkowe i obsługa maszyn	Operacje manipulacyjne przy odlewaniu metali, formowaniu z tworzyw sztucznych, tłoczeniu, gięciu, operacje manipulacyjne na obrabiarkach, obsługa maszyn dla innych procesów, operacje związane z pomiarami i kontrolą, operacje manipulacyjne do paletyzacji, operacje manipulacyjne przy pakowaniu i rozstawianiu
Spawanie i lutowanie	Spawanie łukowe, zgrzewanie punktowe, spawanie laserowe, lutowanie
Dozowanie	Malowanie oraz emaliowanie, nakładanie kleju, materiału uszczelniającego lub innego materiału, pozostałe dozowanie/natryskiwanie
Procesowanie	Cięcie laserowe, cięcie strumieniem wody, cięcie mechaniczne, szlifowanie, gratowanie, frezowanie, polerowanie
Montaż i demontaż	Montaż, demontaż
Inne	Pozostałe

Źródło: International Federation of Robotics, *World Robotics*, Frankfurt am Main 2021.

Interesujące mogą wydawać się roboty nazywane inteligentnymi. Są to maszyny elastyczne, zmieniają one zachowanie pod wpływem czynników zewnętrznych, a także są w stanie manipulować fizycznymi przedmiotami w środowisku, reagują więc tym samym na zewnętrzne zdarzenia. Najważniejszym kryterium inteligencji robota jest posiadanie przez niego różnych typów czujników⁸¹.

Warto podkreślić, że obecnie nie każda praca podlega robotyzacji. Aktualnie za opłacalne uznaje się zastępowanie człowieka przy wykonywaniu rutynowych czynności manualnych oraz tylko niektórych kognitywnych. Czynności nierutynowe ciągle nie

⁸⁰ Ibidem.

⁸¹ Kaczmarek W., Panasiuk J., *Robotyzacja procesów produkcyjnych*, Wydawnictwo Naukowe PWN S.A., Warszawa 2017.

podlegają robotyzacji⁸². Ocenia się, że podatność gospodarcza danej gałęzi jest tym większa im większy jej potencjał gospodarczy (a więc możliwości finansowe), a także im mniejsza efektywność procesów. Charakterystyki te mogą stać się silnymi bodźcami do zmian.

Podobnie jak “robot”, termin “robotyka” pochodzi z literatury. Został on wprowadzony przez Isaaca Asimova w opowiadaniu “Zabawa w berka”. Autor sformułował trzy prawa robotyki mówiące o tym, że robot nie może skrzywdzić ludzkości oraz musi być posłuszny rozkazom człowieka, zaprezentował więc perspektywę przeciwną tej przyjmowanej przez wcześniejszych twórców. Precyzyjniej mówiąc, robotyka jest dziedziną nauki i techniki, która zajmuje się teorią, budową, a także zastosowaniami robotów⁸³. Obejmuje więc zarówno naukę, jak i praktykę.

Badania nad robotami przemysłowymi nie są nową dziedziną nauki, znajdują się one raczej na styku kilku dziedzin. Inżynieria mechaniczna pozwala badać maszyny w warunkach statycznych oraz dynamicznych. Za pomocą matematyki możemy opisywać ruchy przestrzenne. Teoria sterowania zapewnia narzędzia do projektowania i oceny algorytmów niezbędnych do osiągnięcia ruchu. Z kolei inżynieria elektryczna umożliwia projektowanie czujników i interfejsów. Wreszcie informatyka jest pomocna przy programowaniu urządzenia do wykonywania zadania⁸⁴.

Robotyzacja rozumiana jest, zgodnie z definicją zawartą w Słowniku języka polskiego PWN, jako “zastępowanie pracy ludzkiej pracą robotów”. Nehmzow zdefiniował robotyzację poprzez rozwój automatyki przemysłowej z wykorzystaniem robotów przemysłowych⁸⁵. Robotykę przemysłową można więc rozumieć jako dziedzinę zajmującą się zastosowaniami robotów, a także manipulatorów przemysłowych w celu robotyzacji procesów produkcyjnych takich jak spawanie, malowanie, prasowanie, paletyzacja czy montaż, a także przenoszenie, testowanie produktów i innych. Poza wykorzystaniem w przemyśle, roboty są przeznaczane do zastosowań specjalnych. Maszyna pracuje w takich przypadkach w warunkach ekstremalnych, często niebezpiecznych dla człowieka. Dotyczy to wykorzystania w przestrzeni kosmicznej, medycynie, laboratoriach, produkcji

⁸² Lewandowski P., Hardy W., Park A., Yang D., *Technologia, umiejętności i globalizacja: wyjaśnienia międzynarodowych różnic w pracach rutynowych i nierutynowych w oparciu o dane ankietowe*, “IBS Working Paper” 2019, nr 04.

⁸³ Encyklopedia PWN, <https://encyklopedia.pwn.pl> [dostęp: 20.03.2020].

⁸⁴ Craig J.J., *Introduction to robotics: mechanics and control*, Pearson Education, Inc., New Jersey 2005.

⁸⁵ Nehmzow U., *Robot behaviour: design, description, analysis and modelling*, Springer Science & Business Media, Londyn 2008.

w pomieszczeniach sterylnych, zastosowań militarnych, a także specjalnych rozwiązań budowlanych i przemysłowych⁸⁶.

1.4.2 Mechanizacja, robotyzacja i automatyzacja

Pojęcie robotyzacji należy odróżnić od innych terminów, z którymi ma ona cechy wspólne. Pierwszym z nich jest mechanizacja, a więc wprowadzanie do przemysłu czy rolnictwa maszyn mających zastępować prace ręczne lub siłę pociągową zwierząt⁸⁷. Kolejnym, częściej zestawianym z robotyzacją, jest automatyzacja (*ang. automation*). Od czasu rewolucji przemysłowej automatyzacja była głównym czynnikiem racjonalizacji procesu produkcji⁸⁸. Parasuraman i Riley definiują automatyzację jako wykonywanie przez maszynę-agenta (zwykle jest to komputer) funkcji, którą wcześniej wykonywał człowiek. Ich zdaniem to co dzisiaj nazywamy automatyzacją po kompletnej realizacji staje się maszyną⁸⁹. Tymczasem Lee i See wskazują, że automatyzacja to technologia, która aktywnie selekcjonuje dane, przekształca informacje, podejmuje decyzje czy też kontroluje procesy, wykazując przy tym potencjał do zwiększania wydajności, jak i również do poprawy bezpieczeństwa⁹⁰. Zgodnie z definicją zawartą w Słowniku języka polskiego PWN automatyzacja to stosowanie urządzeń do zbierania, a także przetwarzania informacji. W wyniku automatyzacji przejmowane są działania poznawcze, intelektualne, decyzyjne wykonywane wcześniej przez człowieka w czasie użytkowania obiektu lub prac twórczych czy fizycznych. W przeciwieństwie do mechanizacji zastępuje nie tylko prace fizyczne. Uogólniając, automatyzacja łączy cztery elementy i cechy: platformę wykonawczą (maszyny, urządzenia, narzędzia, przyrządy, systemy, hipersystemy), procesy (ruchy, operacje, realizowane funkcje), autonomiczność w działaniu, źródło energii⁹¹.

W obszarze produkcji przemysłowej automatyzację charakteryzować powinny cztery elementy⁹²:

⁸⁶ Kaczmarek W., Panasiuk J., *Robotyzacja procesów produkcyjnych*, Wydawnictwo Naukowe PWN S.A., Warszawa 2017.

⁸⁷ *Słownik języka polskiego PWN*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2006.

⁸⁸ Wallen J., *The history of the industrial robot*, Department of Electrical Engineering Linköpings universitet, Linköping 2008.

⁸⁹ Parasuraman R., Riley V., *Humans and automation: Use, misuse, disuse, abuse*, "Human Factors" 1997, nr 39(2).

⁹⁰ Lee J. D., See K. A., *Trust in automation: Designing for appropriate reliance*, "Human Factors" 2004, nr 46(1).

⁹¹ Kost G., Węsierski Ł., Łebkowski P., *Automatyzacja i robotyzacja procesów produkcyjnych*, Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa 2018.

⁹² Wisskirchen G. i in., *Artificial Intelligence and Robotics and Their Impact on the Workplace*, IBA Global Employment Institute, Londyn 2017.

- 1) Produkcja jest kontrolowana przez maszyny. Prognozuje się, że w przyszłości procesy produkcyjne będą w pełni zautomatyzowane, a praca ludzi będzie wykorzystywana jako czynnik produkcji tylko w pojedynczych przypadkach.
- 2) Produkcja odbywa się w czasie rzeczywistym. Inteligentna maszyna oblicza optymalną użyteczność zakładu produkcyjnego. Czas realizacji procesu jest krótki, a przestoje - z wyjątkiem tych spowodowanych problemami technicznymi - mogą zostać uniknięte. Zapasy są ograniczone do minimum. Dotyczy to również produktów gotowych: produkowane są w zależności od przychodzących zamówień i ogólnego popytu, co umożliwi zmniejszenie kosztów magazynowania.
- 3) Produkcja jest zdecentralizowana. Maszyna organizuje własną pracę. Obsługa zamówień i planowanie produkcji są w pełni zautomatyzowane.
- 4) Produkcja jest zindywidualizowana. Maszyna powinna być w stanie dostosować poszczególne etapy produkcji do wymagań indywidualnych klientów bez konieczności jej modyfikacji przez człowieka.

Robotyzacja jest ważną częścią tak rozumianej automatyzacji. W jednym z podejść wyróżnia się: automatyzację bez wykorzystania robotów, automatyzację z wykorzystaniem robotów oraz robotyzację⁹³. Przykłady zastosowań w każdej z tych kategorii zostały zawarte w Tabeli 3.

Tabela 3. Automatyzacja a robotyzacja w zastosowaniach

Automatyzacja bez robotów	Automatyzacja z robotami	Robotyzacja
System wspomagania decyzji	Automat przeciwpożarowy	Roboty przemysłowe
Planowanie w przedsiębiorstwie	z robotem gaśniczym	Roboty montażowe
Automatyzacja czynności biurowych	Stacja kosmiczna z ramieniem robota	Roboty lakiernicze
Sterowanie procesami produkcji		

Źródło: Kost G., Węsierski Ł., Łebkowski P., *Automatyzacja i robotyzacja procesów produkcyjnych*, Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa 2018.

⁹³ Kost G., Węsierski Ł., Łebkowski P., *Automatyzacja i robotyzacja procesów produkcyjnych*, Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa 2018.

Do wspólnych cech automatyzacji i robotyzacji zaliczyć można komputeryzację oraz stosowanie automatycznego sterowania, a także rozwój możliwości komunikacyjnych. Podczas gdy robotyzacja polega przede wszystkim na automatyzacji ruchów i przemieszczeń, automatyzacja bez wykorzystania robotów obejmuje oprogramowanie, podejmowanie decyzji, optymalizację, a także planowanie procesów⁹⁴.

Do tej pory roboty wykorzystywano jako ściśle zaprogramowane maszyny, które wykonują prace zadane im przez człowieka. Zmiany w tym obszarze ma przynieść rozwój sztucznej inteligencji (*artificial intelligence, AI*), pozwalającej na funkcjonowanie urządzeń zdobywających wiedzę samodzielnie⁹⁵. Sztuczna inteligencja to termin odnoszący się do badania inteligentnych, zorientowanych na rozwiązywanie problemów zachowań, jak i również tworzenie inteligentnych systemów komputerowych. Jest to idea, nad którą badania rozpoczął John McCarthy. Założył on, że każdy aspekt uczenia się i innych domen inteligencji może zostać opisany w sposób precyzyjny, tak by następnie możliwe było jego symulowanie przez maszynę. Sztuczna inteligencja opisuje więc pracę maszyny, która wymagałaby inteligencji, gdyby była wykonywana przez człowieka. Ekonomiczne wykorzystanie AI można podzielić na pięć głównych kategorii, do których oprócz robotyzacji zalicza się uczenie głębokie (*deep learning*), gig economy, dematerializację (*dematerialisation*) oraz autonomiczną jazdę (*autonomous driving*)⁹⁶. Warto podkreślić, że wyróżniamy tak zwaną słabą i silną AI. Pierwsza, zwana również wąską AI, znajduje zastosowanie w wykonywaniu konkretnych zadań. Większość dotychczasowych osiągnięć w tej dziedzinie, takich jak Asystent Google, to przykłady słabej AI. Tymczasem silna AI, ogólna sztuczna inteligencja na poziomie ludzkim, z założenia sprawnie przetwarza wiele zadań⁹⁷.

Jeszcze jednym istotnym pojęciem przytaczanym w kontekście robotyzacji procesów produkcyjnych jest Przemysł 4.0 (*ang. Industry 4.0*). Termin ten należy rozumieć jako techniczną integrację systemów cyber-fizycznych (*ang. cyber-physical system, CPS*) z produkcją oraz logistyką, a także wykorzystanie "Internetu rzeczy" (połączeń między

⁹⁴ Ibidem.

⁹⁵ Grzeszak J., Sarnowski J., Supera-Markowska M., *Drogi do przemysłu 4.0. Robotyzacja na świecie i lekcje dla Polski*, Polski Instytut Ekonomiczny, Warszawa 2019.

⁹⁶ Wisskirchen G. i in., *Artificial Intelligence and Robotics and Their Impact on the Workplace*, IBA Global Employment Institute, Londyn 2017.

⁹⁷ Siau K., Wang W., *Artificial Intelligence, Machine Learning, Automation, Robotics, Future of Work and Future of Humanity: A Review and Research Agenda*, "Journal of Database Management" 2019, nr 30/1.

przedmiotami codziennego użytku) i usług w procesach (w tym przemysłowych) oraz konsekwencji, jakie to ze sobą niesie dla tworzenia wartości, modeli biznesowych, organizacji pracy⁹⁸.

Przedstawione pojęcia wyznaczają ramy przedmiotowe niniejszej pracy, pozwalając na wyodrębnienie procesów, z którymi robotyzacja ma cechy wspólne (automatyzacji, sztucznej inteligencji czy przemysłu 4.0), a które nie będą poddane dalszej analizie ze względu na brak wyczerpujących danych statystycznych na temat ich rozwoju, a także potencjalnie mniejszy wpływ na organizację pracy we współczesnych przedsiębiorstwach. Ponadto analiza zostanie zawężona wyłącznie do przemysłowych zastosowań robotów, gdyż do dzisiaj jest to główny obszar ich wykorzystywania w praktyce.

1.5 Determinanty rozwoju rynku robotów o zastosowaniach przemysłowych

Rynek robotów przemysłowych od swoich początków, które datuje się na lata 50. ubiegłego wieku, rozwija się dynamicznie, co można zauważyć śledząc jego historię. Miał na to wpływ szereg czynników technicznych, ale także społeczno-ekonomicznych, które zostaną omówione poniżej.

1.5.1 Historia rozwoju rynku robotów przemysłowych

Można wyróżnić trzy fazy rozwoju rynku robotów⁹⁹:

- 1) Rok 1954 - połowa lat 70. - Początki, w których pojawiły się pierwsze roboty wytwarzane przez firmy Unimation, Versatran i Prab.
- 2) Połowa lat 70. - koniec lat 70. - Na rynku funkcjonowało kilka firm amerykańskich, które zajmowały się przede wszystkim produkcją na potrzeby rynku motoryzacyjnego.
- 3) 1979 - obecnie. - Gwałtowny rozwój; rośnie liczba producentów, odbiorców, a także modeli i zastosowań oferowanych produktów.

Uważa się, że rozwój techniki robotyzacyjnej rozpoczął się w latach 50., chociaż już w roku 1937 Griffith Taylor skonstruował urządzenie, które spełnia definicję robota przemysłowego według norm ISO. Za pionierów robotyki przemysłowej uważa się George'a Devoe i Josepha Englebergera. Pierwszy z nich zaprojektował maszynę Unimate, z kolei

⁹⁸ Wisskirchen G. i in., *Artificial Intelligence and Robotics and Their Impact on the Workplace*, IBA Global Employment Institute, Londyn 2017.

⁹⁹ Żurek J.: *Podstawy robotyzacji*. Poznań: Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, 2004, s. 11. ISBN 83-7143-431-6.

drugi wykupił do niej prawa autorskie. Włączono ją do procesu produkcyjnego w fabryce General Motors w New Jersey. Pracą robota było przenoszenie odlewów ze stali za pomocą teleskopowego ramienia hydraulicznego z przegubem. Był to więc stosunkowo prosty robot, wykonujący jedno zadanie. Oczekiwana długość jego życia wynosiła 18 miesięcy, został on sprzedany za 18,000 dolarów, chociaż koszt jego produkcji wyniósł 65,000 dolarów¹⁰⁰. Cena była zaniżona, ponieważ na przykładzie GM chciano zwiększyć popyt na Unimate. Postanowiono również oferować maszyny na wynajem, co okazało się dobrym ruchem. Sukces wykorzystania robota będącego w stanie pracować całą dobę, bez operatora, potwierdził sens wyposażania fabryk w programowalne maszyny. Oznaczało to rozpoczęcie nowego rozdziału w historii przemysłu.

Od połowy lat 70. XX wieku efekty badań nad rozwojem robotów przemysłowych prowadzonych w dwóch ostatnich dekadach zaczęto komercjalizować. Technologia była rozwijana, a potencjalni użytkownicy mieli czas na zaznajomienie się z możliwościami jej wykorzystania. Zainteresowanie instalacją robotów w produkcji było również efektem czynników ekonomicznych, takich jak wzrost cen ropy, a także konkurencji ze strony firm z całego świata. W wyniku tego w drugiej połowie lat 70. średnia roczna dynamika sprzedaży robotów przemysłowych przekroczyła 30%. Duże firmy zaczęły również tworzyć roboty wewnętrznie na potrzeby własnej produkcji¹⁰¹. W roku 1973 istniało już 71 różnych przedsiębiorstw wytwarzających roboty przemysłowe, jednakże ich wykorzystanie w przemyśle rosło powoli w tym czasie¹⁰².

W latach 80. ubiegłego wieku zadania uznawane za proste, takie jak przenoszenie materiałów, malowanie czy spawanie mogły już być wykonywane przez roboty również z ekonomicznego punktu widzenia. Przemysłowcy, ale także badacze, politycy oraz dziennikarze zidentyfikowali w tym czasie robotykę jako kluczowy obszar wsparcia rozwoju przemysłu, a także zwiększania konkurencyjności¹⁰³.

Współcześnie wykorzystanie robotów przemysłowych charakteryzuje silna koncentracja. Niemal trzy czwarte wykorzystuje się w czterech grupach przemysłowych: komputery i produkty elektroniczne, sprzęt, urządzenia i komponenty elektryczne, sprzęt

¹⁰⁰ Westerlund L., *The Extended Arm of Man – A History of the Industrial Robot*, Informationsförlaget, Stockholm 2000.

¹⁰¹ Hunt D., *Industrial Robotics Handbook*, Industrial Press Inc, New York 1983.

¹⁰² Wallen J., *The history of the industrial robot*, Department of Electrical Engineering Linköpings universitet, Linköping 2008.

¹⁰³ Hunt D., *Industrial Robotics Handbook*, Industrial Press Inc, New York 1983.

transportowy oraz maszyny. Równocześnie 80% sprzedawanych robotów każdego roku rozmieszczonych jest w pięciu państwach: Chinach, Niemczech, Japonii, Korei Południowej, a także w Stanach Zjednoczonych. Z uwagi na fakt, że roboty w przeszłości były drogie zarówno jeśli chodzi o zakup, jak i ich eksploatację, zlokalizowane są przede wszystkim w dużych fabrykach, które należą do międzynarodowych korporacji dysponujących znacznymi budżetami¹⁰⁴.

Nie tylko technologia zmieniała się na przestrzeni lat, również wizja robotyki, jej miejsca w zakładach pracy, uległa z czasem transformacji. We wczesnych latach osiemdziesiątych roboty były postrzegane jako ostateczne rozwiązanie. Były one symbolem automatyzacji fabryk, których przyszłość miała polegać na wykluczeniu pracy ludzkiej jako czynnika produkcji lub znacznym jej ograniczeniu. Z czasem zaczęto zauważać, że mogły to być zbyt śmiałe wizje. Trudność w ich realizacji wynikała między innymi z faktu złożoności procesu projektowania i wdrażania robotów, a także konkurencyjności pracy ludzkiej. Nie polega ona bowiem tylko na usunięciu pracownika i zastąpieniu go maszyną na linii montażowej. W dużym stopniu wiąże się z wyzwaniem z integracją złożonych systemów. Koszty projektowania i rozwoju całej komórki roboczej mogą przekraczać koszty samego pracownika, gdy nie chodzi o wykonywanie prostych zadań, takich jak paletyzacja. Dylematy te przyczyniły się do zmniejszenia zainteresowania robotyką pod koniec lat osiemdziesiątych ubiegłego wieku¹⁰⁵.

Dyskusja na temat robotów, a przede wszystkim ich wpływu na przyszłość pracy, rozpoczęła się na nowo po opublikowaniu przez Freya i Osborne'a (2013) artykułu na temat prawdopodobieństwa komputeryzacji współczesnych zawodów. Zwrócili oni uwagę na fakt, że w przeszłości ograniczała się ona do rutynowych zadań obejmujących sprecyzowane zadania oparte na regułach. W ostatnim czasie rozprzestrzeniła się jednak na czynności uznawane dotąd za nierutynowe. Oznacza to, że nowe możliwości mogą wynikać nie tylko z odkrywania zastosowań w kolejnych dziedzinach, ale też zwiększania zakresu dotychczasowych¹⁰⁶. Autor i in. jako przykład nierutynowych zadań jeszcze niedawno podali

¹⁰⁴ Zinser M., *How robots will redefine competitiveness*, <https://www.bcg.com/publications/2015/lean-manufacturing-innovation-robots-redefine-competitiveness> [dostęp: 23.03.2020].

¹⁰⁵ Wallen J., *The history of the industrial robot*, Department of Electrical Engineering Linköpings universitet, Linköping 2008.

¹⁰⁶ Frey C.B., Osborne M.A., *The future of employment: how susceptible are jobs to computerisation?*, Oxford Martin School, Oxford 2013.

prowadzenie samochodu oraz rozszyfrowywanie pisma ręcznego¹⁰⁷. Obecnie obydwie problemy są na tyle zrozumiałe, że możliwe było spisanie reguł umożliwiających automatyzację części zadań z nimi związanych po zebraniu odpowiednich danych.

Współcześnie roboty wykorzystuje się nie tylko w produkcji, są one opracowywane także do zadań medycznych czy ratownictwa, a nawet w rozrywce i w usługach. Budzi to nowe zainteresowanie możliwościami, jakie stwarza robotyka.

1.5.2 Czynniki wpływające na rozwój robotyzacji

Wiele czynników decyduje o rozwoju robotyzacji produkcji, a uchwycenie ich wszystkich może okazać się zadaniem niemożliwym do zrealizowania. Zaliczają się do nich zarówno kwestie techniczne, jak i uwarunkowania społeczno-ekonomiczne. Wśród technicznych wymienić można rozwój Przemysłu 4.0, mechaniki precyzyjnej i układów sterowania, a także nowych technologii materiałowych oraz zmiany w wydajności energetycznej. Kluczowe znaczenie ma również wzrost zapotrzebowania na specjalne operacje produkcyjne (wynikające na przykład z dużej masy czy złożoności kształtów) i zapewnienie jednolitego standardu wyrobów. Wprowadzanie nowych rozwiązań umożliwia otwieranie się na nowe rynki i docieranie do coraz szerszych grup odbiorców. Dobrym przykładem jest rozwój robotów kolaboracyjnych, jak i kompaktowych z prostym programowaniem. Istotne staje się dostarczanie kompletnych rozwiązań, co przyczynia się do budowy zrobotyzowanych systemów produkcyjnych, a także rozwoju środowisk do programowania robotów w trybie offline i projektowania zrobotyzowanych komór produkcyjnych. Odpowiedzią na obawy przed koniecznością serwisowania robotów i przeprogramowania urządzeń jest stałe rozwijanie oprogramowania, umożliwiające tworzenie prostych aplikacji operatorskich (dla przykładu w trybie półautomatycznym) lub zadaniowe przeprogramowanie robota w danym zakresie¹⁰⁸.

Wśród czynników społeczno-ekonomicznych wymienić można¹⁰⁹:

1. Zwiększający się wpływ na efektywność procesu, w tym:
 - a. zmniejszanie kosztów operacyjnych przedsiębiorstwa,

¹⁰⁷ Autor D., Levy F., Murnane R. J., The skill content of recent technological change: An empirical exploration, "The Quarterly Journal of Economics" 2003, nr 118.

¹⁰⁸ Kaczmarek W., Panasiuk J., *Robotyzacja procesów produkcyjnych*, Wydawnictwo Naukowe PWN S.A., Warszawa 2017.

¹⁰⁹ Ibidem.

- b. możliwość zwiększania wydajności produkcji poprzez wykorzystywanie robotów przemysłowych w trybie pracy trzymianowej,
 - c. pewność ciągłości procesów,
 - d. elastyczność - możliwość łatwego dostosowania organizacji produkcji z uwagi na dostępną powierzchnię oraz elastyczny system transportowy,
 - e. energooszczędność.
2. Rosnącą dostępność:
- a. malejące koszty wykorzystania robotów i wzrost możliwości ich zastosowania w małych i średnich przedsiębiorstwach wbrew panującemu dotychczas przekonaniu, że wykorzystanie robotów przemysłowych ma ekonomiczny sens tylko w przypadku dużych koncernów specjalizujących się w produkcji wielkoseryjnej,
 - b. rozwijające się rynki konsumenckie umożliwiające zastosowanie robotów w przemysłach dotąd mniej zrobotyzowanych, takich jak spożywczy, farmaceutyczny czy elektroniczny - gałęzie te w ostatnich latach podlegają kompleksowej robotyzacji, co oznacza wykorzystanie robotów na każdym etapie produkcji (jest to widoczne w aplikacjach sortowania, pakowania czy paletyzacji).
3. Spadek konkurencyjności pracy ludzkiej:
- a. rosnące koszty pracy - jest to uważane za główny czynnik zainteresowania wdrożeniami robotów,
 - b. zmniejszająca się podaż pracy, zwłaszcza w przypadku pracowników fizycznych wykonujących proste czynności produkcyjne,
 - c. możliwość eliminacji błędów i ograniczeń ludzkich - człowiek nie jest w stanie wykonywać niektórych zadań, gdy na przykład proces przebiega zbyt szybko lub liczba danych do zapamiętania i przetworzenia jest zbyt duża.
4. Wzrost zainteresowania zwiększaniem bezpieczeństwa pracy - roboty mogą pracować w środowiskach niebezpiecznych dla człowieka: przy ekstremalnych temperaturach czy agresywnych gazach¹¹⁰. Robotyzacja zmniejsza więc zagrożenia, na jakie narażeni są pracownicy. Dążenie do zwiększania rentowności procesów w coraz bardziej

¹¹⁰ Kost G., Węsierski Ł., Łebkowski P., *Automatyzacja i robotyzacja procesów produkcyjnych*, Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa 2018.

zaawansowanym technologicznie społeczeństwie prowadzi do stopniowego zastępowania człowieka maszyną (oczywiście pod warunkiem, że społeczeństwo jest w stanie pozwolić sobie na zaawansowane technologicznie środki).¹¹¹. Chociaż zasadniczo robotyzacja zapewnia wyższy poziom bezpieczeństwa, gdyż eliminuje potencjalne źródła obrażeń u pracowników przy ręcznej obsłudze, należy pamiętać, że generuje ona inne zagrożenia. Doświadczenie pokazuje, że w nieustrukturyzowanych środowiskach roboty borykają się z częstymi awariami. Średni czas pomiędzy awariami dla robotów pracujących w terenie wynosi kilka godzin. Badania sugerują, że związek między przyczyną a objawami problemu często nie jest oczywisty nawet dla wyszkolonych pracowników. Co więcej, obsługa klienta staje się kosztowna w przypadku, gdy użytkownicy nie są w stanie odróżnić błędów technicznych od błędów w użytkowaniu i nierealistycznych oczekiwań¹¹². Ciągłe jednak liczba obrażeń spowodowanych przez urządzenia i systemy automatyki jest niska w porównaniu z tymi wynikającymi z błędu ludzkiego. Są one projektowane i instalowane zgodnie z obowiązującymi przepisami, poprawiają warunki pracy i bezpieczeństwo pracowników¹¹³.

Konkurencja panująca na rynku wymusza na producentach podnoszenie jakości wyrobów i równocześnie ciągłą redukcję kosztów. Spełnienie tych wymagań jest możliwe z wykorzystaniem robotów, które zastępują pracowników przy wykonywaniu zadań niebezpiecznych, a także tych monottonnych, wymagających dużej precyzji. Umożliwiają one tym samym efektywne wykorzystanie kwalifikacji pracowników. Co więcej, zmiana profilu produkcji, optymalizacja procesu czy modernizacja stanowiska to zadania stosunkowo łatwe, nie wymagają one znacznych nakładów finansowych.

1.5.3 Wyzwania współczesnej robotyzacji

Chociaż roboty są już w stanie radzić sobie z zadaniami wymagającymi rozpoznawania wzorców czy prowadzenia złożonej komunikacji, które dotąd były uznawane za domenę ludzi, nadal istnieje wiele obszarów, gdzie praca człowieka pozostaje

¹¹¹ The Catholic Church in the European Union, *Robotisation of Life Ethics in view of new challenges*, http://www.comece.eu/dl/olOrJKJKKMLLJqx4KJK/Robotization_of_life_final_version_.pdf [dostęp: 30.03.2020].

¹¹² Honig S., Oron-Gilad T., *Understanding and Resolving Failures in Human-Robot Interaction: Literature Review and Model Development*, "Frontiers in Psychology" 2018, vol. 9.

¹¹³ Ahmad B. i inn., *Guide to Implementing Industrial Robots*, The Institution of Engineering and Technology, Stevenage 2018.

niezastąpiona. Dotyczy to sposobów wchodzenia w interakcje, zbierania informacji, wpływania na zachowanie innych czy to, co Brynjolfsson i McAfee nazywają intuicją. Niekoniecznie wszystkie one pozostaną jednak zagadką dla maszyny w miarę upływu czasu, o czym świadczy choćby to jak współcześnie wykorzystywana jest zdolność komputerów do rozpoznawania wzorców w zawodach prawniczych. Przeprowadzono szacunki na przykładzie pojedynczego przedsiębiorstwa, zgodnie z którymi zmiana pracy ludzkiej na cyfrową spowodowała, że jeden prawnik był w stanie wykonać pracę 500 osób w zakresie wyszukiwania dokumentów. Przy okazji tego badania Bill Herr zainicjował ponowną analizę efektów pracy wykonanej przez prawników zatrudnionych w latach 80. i 90., z której wynikało, że pracownicy byli dokładni jedynie w 60% przypadków. Również dla branży handlowej, gdzie często wymagane jest prowadzenie złożonej komunikacji, można znaleźć przykłady zastępowania pracy człowieka, zwłaszcza w handlu detalicznym, gdzie spotyka się przypadki wprowadzania wirtualnych asystentów w miejsce pracowników obsługi klienta albo samoobsługowe kasy czy kioski redukujące potrzebę zatrudniania sprzedawców siedzących za kasą. Nadal jednak istnieje wiele zawodów, które wymagają wysokich zdolności i nie są łatwe do odtworzenia. Pielęgniarki czy hydraulicy każdego dnia rozwiązują w pracy wiele problemów, korzystając przy tym z wiedzy i doświadczenia. Trudność zastąpienia wielu aktywności podsumowują słowa przypisywane raportowi NASA z roku 1965 o zaletach załogowych lotów kosmicznych: “Człowiek jest najtańszym, 70-kilogramowym, nieliniowym systemem komputerowym ogólnego przeznaczenia, który może być masowo produkowany przez niewykwalifikowaną siłę roboczą”¹¹⁴.

Przy obecnym stanie rozwoju technologii większość robotów jest szczegółowo programowana do wykonywania zadań według dokładnych instrukcji. Tymczasem wiele prac produkcyjnych wymaga elastyczności oraz zdrowego rozsądku. Przykładowo gdy pudełko jest ustawione pod dziwnym kątem, pracownik dostosowuje rękę przed naklejeniem etykiety. Wymaga to podjęcia decyzji, która może być trudniej programowalna, a w niektórych przypadkach aktualnie niemożliwa do przekazania robotom¹¹⁵.

¹¹⁴ Brynjolfsson E., McAfee A., *Wyścig z maszynami. Jak rewolucja cyfrowa napędza innowacje, zwiększa wydajność i w nieodwracalny sposób zmienia rynek pracy*, Kurhaus Publishing Kurhaus Media sp. z o.o. sp.k., Warszawa 2015.

¹¹⁵ Knight W., *China Is Building a Robot Army of Model Workers*, MIT Technology Review, <https://www.technologyreview.com/2016/04/26/108608/china-is-building-a-robot-army-of-model-workers/> [dostęp: 07.10.2020].

Wskazując na ograniczenia współczesnych robotów, podkreśla się również ich niską kreatywność. Generalnie nie komponują one utworów i nie tworzą nowych koncepcji biznesowych. Występują jednak w tym obszarze rzadkie wyjątki. Jednym z nich jest Adam: robot-naukowiec. Komputery już teraz mają ogromny wpływ na naukę. Ich wykorzystywanie do przeprowadzania eksperymentów powoduje produkowanie coraz większych ilości danych naukowych. Z drugiej strony wzrost ten wymaga większego zaangażowania komputerów przy modelowaniu oraz analizach. Większość maszyn projektowano jednak w ten sposób, by udzielały odpowiedzi na zadane pytanie i tym samym kończyły swoją pracę. Nie uczestniczyły one więc w procesie badania wyników oraz decydowania o kolejnych krokach. Wspomniany robot-naukowiec tymczasem został stworzony, by generować hipotezy wyjaśniające obserwacje, a także opracowywać eksperymenty celem przetestowania tych hipotez, by wreszcie przeprowadzić eksperymenty z użyciem sprzętu laboratoryjnego, zinterpretować wyniki i następnie powtórzyć cały cykl. Przeznaczono go do wykonywania eksperymentów dotyczących drobnoustrojów, zwłaszcza wzrostu drożdży. Twórcy Adama twierdzą, że pomimo prestiżu nauki, rozwijanie robotów zajmujących się nią może okazać się mniej skomplikowane niż stworzenie ogólnej sztucznej inteligencji (*strong/general artificial intelligence*), ponieważ w tym pierwszym przypadku nie ma potrzeby uwzględniania środowiska społecznego¹¹⁶. Wskazuje się na dwie motywacje do rozwoju robotów naukowców: filozoficzną oraz technologiczną. W filozoficznej podkreśla się, że nie rozumiemy w pełni danego zjawiska jeśli nie jesteśmy w stanie stworzyć maszyny, która może je odtworzyć. Technologiczna natomiast oznacza koncentrację na zwiększaniu wydajności nauki. Istnieje bowiem wiele obszarów badań, gdzie nasza zdolność do generowania danych znacznie przewyższa możliwości ich analizy¹¹⁷. W debacie na temat odkryć Adama raz jeszcze powrócono do słów Ady Lovelace, która sformułowała argument nazwany przez Alana Turinga “zarzutem Lady Lovelace”: “Maszyna analityczna nie ma pretensji do tworzenia czegokolwiek. Może zrobić wszystko, jeśli wiemy jak wydać jej właściwe polecenie. Jest w stanie prześledzić analizę, ale nie przewidzieć wynikające z analiz relacje czy prawdy”. Turing w odpowiedzi podkreślił, że przewidzenie wszystkich efektów działania programu komputerowego jest niemożliwe i że zaprojektowane przez niego maszyny nieustannie go zaskakiwały. Zacytował on również Księgę Koheleta: “Więc nic

¹¹⁶ King D.R. et al., *The Robot Scientist Adam*, “Computer” 2009, vol. 42, no. 8.

¹¹⁷ Bell G., Hey T., Szalay A., *Computer Science: Beyond the Data Deluge*, “Science” 2009, vol. 323.

zgoła nowego nie ma pod słońcem”, by wskazać, że wszystkie oryginalne prace oparte są na już istniejących podstawach¹¹⁸.

Czas zwrotu inwestycji w roboty także może być wyzwaniem przy ich wdrażaniu. Generalnie jest on uzależniony od złożoności procesów podlegających robotyzacji, trudności z wdrożeniem niezbędnych zabezpieczeń, czasu potrzebnego na przygotowanie stanowiska oraz materiałów wymaganych przy realizacji, jak i czasu potrzebnego na programowanie i wielu innych czynników. Co więcej, należy wziąć pod uwagę koszt zarówno sprzętu, jak i oprogramowania i dodatkowych akcesoriów, integratorów pracy. Nie bez znaczenia pozostaje liczba godzin pracy robota, a także przewidywane koszty dostosowania linii do robota¹¹⁹.

Szukając optymalnego poziomu inwestycji w roboty, Jun, Ren i Tong doszli do wniosku, że zależy on od kosztów robotów, zapasów kapitału oraz liczby pracowników w tradycyjnych sektorach produkcyjnych, a także sektorach produkcyjnych wykorzystujących roboty. Mówiąc dokładniej, wyższy koszt jednostkowy robota wiąże się ze zmniejszeniem poziomu inwestycji w roboty. Z kolei większe zapasy kapitału oraz siły roboczej w sektorze tradycyjnym oznaczają wyższy poziom inwestycji w roboty¹²⁰.

Wreszcie należy podkreślić, że tempo rozwoju zjawiska zależy nie tylko od kosztów czy jakości, ale też bardziej miękkich czynników, takich jak opinie społeczeństwa na temat obecności robotów w miejscach pracy i w życiu publicznym. Jest to temat wywołujący różne emocje, zwłaszcza w kontekście dylematów etycznych wiążących się z dawaniem maszynom prawa do podejmowania decyzji w określonych sytuacjach. Często fakt, że algorytm dokonuje wyboru w sposób bezstronny, stanowi jego przewagę nad człowiekiem. W najbardziej wymagających czy krytycznych zastosowaniach takie obiektywne zalecenia mogą służyć jako dane analizowane przez ludzi przed podjęciem decyzji¹²¹. Wątpliwości budzi tymczasem to w jakich obszarach decyzyjność powinna być powierzana maszynom. Jeszcze jednym tematem wywołującym szerokie dyskusje jest pytanie o to czy roboty zabiorą

¹¹⁸ Turing A.M., I.—COMPUTING MACHINERY AND INTELLIGENCE, “Mind” 1950, Volume LIX, Issue 236.

¹¹⁹ Ulewicz R., Mazur M., *Economic Aspects of Robotization of Production Processes by Example of a Car Semi-trailers Manufacturer*, “Manufacturing Technology” nr 19(6), 2019.

¹²⁰ Jun L., Ren L., Tong L., *How Many Robots Should We Invest? A Theoretical Analysis with Two-Sector Production Facility*, “Economic computation and economic cybernetics studies and research / Academy of Economic Studies” nr 52/2, 2020.

¹²¹ Frey C.B., Osborne M.A., *The future of employment: how susceptible are jobs to computerisation?*, Oxford Martin School, Oxford 2013.

nam pracę. Badania wskazują, że postawy względem robotów zależą od różnych czynników, do których zaliczyć można wiek, płeć czy wykształcenie. Również tło kulturowe wydaje się istotne dla akceptacji robotów, przede wszystkim jeśli chodzi o uznawanie je za godne zaufania. Ich postrzegane atrybuty różnią się nawet w tych krajach europejskich, które pozornie wydają się podobne. Okazuje się na przykład, że Holendrzy są bardziej niż Niemcy podatni na antropomorfizm. Ciągłe jednak brakuje badań dotyczących różnic kulturowych w obrębie grup, te istniejące koncentrują się raczej na indywidualnych cechach jednostek¹²². Na postawy względem robotów mogą również wpływać wcześniejsze doświadczenia z nimi (oraz ich brak), co wiąże się ze strachem przed nieznanym lub też ciekawością nowych rozwiązań. Walsh zauważył na przykład, że osoby niebędące ekspertami w robotyce bardziej negatywnie podchodzą do tematów z nią związanych i systematycznie oceniają ryzyko automatyzacji pracy wyżej niż eksperci¹²³. Wreszcie zaangażowanie użytkownika końcowego w proces projektowania robotów może stanowić wkład w ich większą akceptację w życiu codziennym¹²⁴. Co więcej, taka akceptacja robotów czy gotowość do ich poznawania kształtowane są z wykorzystaniem mechanizmów wpływu społecznego. Wspólne normy, a także zmiany w dynamice grupy odpowiadają za kształtowanie oporu wobec technologii. Presja środowiska może więc przekonać niechętnych do zaakceptowania obecności robotów w pracy i w życiu prywatnym¹²⁵. Nastawienie do robotów jest istotną kwestią, gdyż jest warunkiem ich publicznej akceptacji. Regulacje będące odpowiedzią na nastroje społeczne, przyjmowane w celu kontroli tempa, a także kierunku rozwoju zjawiska mogą mu służyć lub skutecznie je ograniczać. Co ważne, poglądy na ten temat zmieniają się w czasie i różnią się w zależności od wielu czynników.

Wśród potencjalnych barier uniemożliwiających wdrożenie robotów przemysłowych w danym przedsiębiorstwie wymienić należy ryzyko techniczne. Chociaż większość procesów podlega automatyzacji, może się to wiązać ze znacznym ryzykiem, dlatego przeprowadzenie dokładnej analizy jest konieczne nawet w przypadku zadań rutynowych.

¹²² Turja T., Oksanen A., *Robot Acceptance at Work: A Multilevel Analysis Based on 27 EU Countries*, "International Journal of Social Robotics" 2019, vol. 11. Li D., Rau P., Li Y., *A Cross-cultural Study: Effect of Robot Appearance and Task*, "International Journal of Social Robotics" 2010, vol. 2.

¹²³ Walsh, T. (2018). *Expert and non-expert opinion about technological unemployment*, "International Journal of Automation and Computing" 15(5), 637-642. <https://doi.org/10.1007/s11633-018-1127-x>

¹²⁴ Reich-Stiebert N., Eyssel F., Hornemann C., *Involve the users! Changing attitudes toward robots by user participation in a robot prototyping process*, "Computers in Human Behavior" 2019, vol. 91.

¹²⁵ Chen N., Huang S., *Domestic Technology Adoption: Comparison of Innovation Adoption Models and Moderators*, "Human Factors and Ergonomics in Manufacturing & Service Industries" 2015, vol. 26, issue 2.

Właściwa ocena procesu jest szczególnie istotna w przypadku złożonych zadań technicznych, które występują w dużej różnorodności oraz małych ilościach. W takim scenariuszu etap projektowania produktu będzie odgrywał kluczową rolę w określaniu wykonalności wdrożenia robotów. Wysoka zmienność to jeszcze jedna potencjalna bariera przy takich wdrożeniach. Co do zasady roboty były wykorzystywane w zastosowaniach, gdzie można było zaobserwować niską zmienność zarówno jeśli chodzi o różnorodność produktów, jak i jakość wejściową. Nadal jest tak w większości przypadków, jednak zostały już poczynione postępy w technologii w celu zwiększenia różnorodności produkcji. Potencjał ten będzie najprawdopodobniej wykorzystywany w większym zakresie w przyszłości. Kolejną przeszkodą w rozwoju rynku jest wysoka bariera wejścia w postaci konieczności poniesienia wydatków inwestycyjnych. Pod uwagę należy wziąć jednak nie tylko jednostkowy koszt zakupu robota, który zmniejszał się w ostatnich latach, ale rzeczywisty koszt integracji systemu. Zmiany organizacyjne w przedsiębiorstwie wymagają reorganizacji sposobu zarządzania produkcją (tworzenie nowych działów, zatrudnienie kadry technicznej), zmiany stylu pracy, a także przebudowy infrastruktury. Niezbędna jest również zmiana sposobu działania pracowników, w tym większa dbałość o procedury czy przestrzeganie terminów. W wielu organizacjach okres zwrotu takiej inwestycji wynosi około dwa lata, przy czym dobrze utrzymany robot jest w stanie zapewnić przynajmniej pięć lat pracy, a wiele z nich działa jeszcze dziesięć lat po pierwszej instalacji¹²⁶. Poza kosztami, wyzwaniem z punktu widzenia przedsiębiorstwa może być brak odpowiednich kwalifikacji u pracowników, zarówno na etapie wdrażania, jak i użytkowania. Niestety nie jest to wiedza ani umiejętności, które łatwo zdobyć. Jeszcze jedną charakterystyką, którą należy wziąć pod uwagę przed podjęciem decyzji o wdrożeniu robotów, jest miejsce oraz środowisko pracy. W niektórych bowiem przypadkach zastosowanie robotyki w danym przedsiębiorstwie może wymagać więcej przestrzeni niż istniejące już operacje ręczne. Co więcej, najczęściej roboty są odporne na warunki pracy, w których zostają umiejscowione. Istnieją jednak zastosowania, gdzie należy przedsięwziąć dodatkowe środki ostrożności, a w skrajnych przypadkach wdrożenie może okazać się niewykonalne¹²⁷.

¹²⁶ Ahmad B. i inn., *Guide to Implementing Industrial Robots*, The Institution of Engineering and Technology, Stevenage 2018.

¹²⁷ Ibidem.

Poza obiektywnymi barierami we wdrożeniu robotów mogą też przeszkodzić błędy popełniane przez przedsiębiorstwa, które się na to decydują. Ulewicz i Mazur podają ich przykłady¹²⁸:

- brak synchronizacji infrastruktury komunikacyjnej, a także możliwości przetwarzania dużych ilości danych,
- brak spójności ze starymi rozwiązaniami,
- dążenie do zrobotyzowania wszystkiego od razu (przeładowanie projektu),
- nadmierna złożoność wdrażanych systemów,
- brak przygotowania użytkowników końcowych - w tym brak szkoleń,
- niewystarczająca analiza problemów oraz potrzeb.

Możliwości techniczne, a także dostęp do kapitału to więc nie jedyne czynniki kształtujące rozwój robotyzacji na świecie. Wśród tych, które zachęcają do kolejnych wdrożeń, wymienić można zwiększające się możliwości jeśli chodzi o wpływ robotów na efektywność procesów, ich rosnącą dostępność między innymi ze względu na malejące koszty, ale też spadek konkurencyjności siły roboczej czy wzrost zainteresowania zwiększaniem bezpieczeństwa pracy czy podnoszeniem jakości. Z drugiej strony należy też jednak wspomnieć o potencjalnych barierach robotyzacji, a więc przede wszystkim o ograniczeniach współczesnych robotów, konieczności dostosowywania do nich środowiska pracy czy pozyskiwania wykwalifikowanej siły roboczej albo o ryzyku związanym z możliwością popełnienia błędów na etapie wdrażania zmian. Bariere może też stanowić negatywna opinia społeczeństwa na temat wprowadzania robotów, zwłaszcza jeśli w przyszłości będzie się ona przekładać na tworzenie regulacji prawnych ograniczających inwestycje w tym temacie.

Mimo pojawiających się wyzwań, dotychczasowa dynamika rozwoju rynku, a także wielowymiarowość czynników, które to umożliwiły wskazują, że praca robotów przemysłowych może stawać się coraz istotniejsza w produkcji. Z tego powodu kluczowym wydaje się badanie znaczenia wzrostu wykorzystania robotów w gospodarce - zarówno w kwestii szacowania wielkości tego zjawiska, jak i określania jego potencjalnych implikacji.

¹²⁸ Ulewicz R., Mazur M., *Economic Aspects of Robotization of Production Processes by Example of a Car Semi-trailers Manufacturer*, "Manufacturing Technology" nr 19(6), 2019.

1.6 Społeczno-ekonomiczne implikacje robotyzacji procesów przemysłowych oraz wyzwania dla teorii ekonomii

Decyzja o przejściu z produkcji tradycyjnej na wspomaganą robotami z punktu widzenia przedsiębiorstwa nie jest prosta, gdyż wiąże się z poniesieniem wysokich nakładów finansowych, ale także kosztów organizacyjnych i wreszcie społecznych. Poprzedzona jest ona analizą wyzwań i korzyści związanych z modernizacją oraz reorganizacją. Dotyczy to skutków organizacyjnych (spodziewanej poprawy jakości i elastyczności produkcji), społecznych (związanych ze zwolnieniami, przesunięciami, ewentualnymi inwestycjami w szkolenia oraz przekwalifikowania), a także finansowych (obejmujących konieczne nakłady i przewidywane zyski, ale także straty wynikające z trudności wdrożenia zmian). Robotyzacja produkcji wprowadza szerokie zmiany w funkcjonowaniu całego przedsiębiorstwa, gdyż oddziałuje na wszystkie jego sfery: kadre, strukturę oraz finanse¹²⁹. Decyzja ta ma jednak wpływ nie tylko na konkretne przedsiębiorstwo, skutki zauważalne są na poziomie całej gospodarki.

Przede wszystkim podkreślić wielowymiarowy wpływ robotyzacji na gospodarkę, a także społeczeństwo. W teorii wskazuje się, że roboty mogą oddziaływać na wielkość zatrudnienia czy wysokość płac, ale także na produktywność, konkurencyjność czy wreszcie nierówności będące w centrum zainteresowania niniejszej pracy. W ujęciu społecznym podkreśla się również wpływ zwiększonego zapotrzebowania na roboty na środowisko pracy, edukację czy czas wolny.

1.6.1 Roboty i siła robocza. Dobra substytucyjne czy komplementarne?

Panuje przekonanie, że komparatywna przewaga robotów pozwala im zastępować pracowników w zadaniach rutynowych, możliwych do skodyfikowania. Równocześnie zwiększa się przewaga pracowników jeśli chodzi o dostarczanie umiejętności rozwiązywania problemów, adaptacji, a także wykorzystywania kreatywności. Granica robotyzacji ciągle się jednak przesuwają¹³⁰.

Z jednej strony zauważa się wzrost liczby zadań, które mogą być realizowane przez roboty. Bezpośrednie zastępowanie pracowników w wykonywaniu ich pracy nazywane jest

¹²⁹ Kost G., Węsierski Ł., Łebkowski P., *Automatyzacja i robotyzacja procesów produkcyjnych*, Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa 2018.

¹³⁰ Autor D., *Why are there still so many jobs? The history and future of workplace automation*, "Journal of Economic Perspectives" 2015, nr 29.

efektem przemieszczenia¹³¹. Z drugiej strony wykorzystanie robotów przyczynia się do tworzenia nowych miejsc pracy, które wymagają nabywania umiejętności i wpływają na strukturę zatrudnienia (pracownicy wysoko wykwalifikowani zyskują kosztem tych niskowykwalifikowanych). W produkcji roboty wykonują zadania takie jak magazynowanie czy transport, podczas gdy role związane z kontrolą jakości są powierzane ludziom. Czynności wymagające elastyczności i rozsądku pozostają domeną człowieka. Pracownik budowlany sprawnie posługujący się łopatą, ale niepotrafiący prowadzić koparki, zwykle doświadcza spadku liczby ofert pracy w toku postępu. Podobnie pracownik banku źle odnajdujący się w budowaniu relacji z klientami może mieć problem ze znalezieniem pracy w nowoczesnym banku.

W wielu przypadkach roboty nie tylko zastępują, ale też uzupełniają ludzką pracę. Koncentrowanie się wyłącznie na mierzeniu wartości traconych stanowisk może więc okazać się niedopatrzaniem polegającym na pominięciu wpływu robotyzacji na popyt na siłę roboczą, a więc podnoszenie wartości zadań wykonywanych przez pracowników. Większość procesów opiera się na zestawie danych wejściowych: pracy i kapitału, mózgu i mięśni, kreatywności oraz powtarzalności. Zazwyczaj każdy z tych elementów ma istotne znaczenie, a więc ulepszenia jednego nie eliminują potrzeby korzystania z drugiego. Jeśli rzeczywiście tak jest, poprawa w konkretnym zakresie zwiększa wartość wszystkich pozostałych. Kiedy więc poszczególne etapy procesu produkcji stają się tańsze, szybsze, bardziej niezawodne, pozostałe ogniwa zyskują na wartości - w tym także ludzka praca. Równocześnie prawdopodobne jest, że zalew nowych pracowników w danej dziedzinie hamuje wzrost wynagrodzeń wynikający z tej komplementarności¹³². Zwykle efekt ten nie rekompensuje wzrostu wynagrodzeń spowodowanego produktywnością, można jednak znaleźć przykłady, gdy miało to miejsce. Hsieh i Moretti zauważyli, że brak problemów z wejściem na rynek obrotu nieruchomościami w odpowiedzi na rosnące ceny domów w pełni wyrównuje średnie zyski pośredników¹³³.

¹³¹ F. Chiacchio, G. Petropoulos, D. Pichler, *The impact of industrial robots on EU employment and wages: A local labour market approach*, http://bruegel.org/wp-content/uploads/2018/04/WorkingPaper-AB_25042018.pdf [dostęp: 28.03.2020].

¹³² Autor D., *Why are there still so many jobs? The history and future of workplace automation*, "Journal of Economic Perspectives" 2015, nr 29.

¹³³ Hsieh C., Moretti E., *Can free entry be inefficient? Fixed commissions and social waste in the real estate industry*, "Journal of Political Economy" 2003, nr 111(5).

Ciekawym zagadnieniem jest nie tylko to jak roboty zmieniają rynek pracy, ale też jak ten sam się do nich dostosowuje. Młodzi pracownicy dopasowują swoje wybory w kwestii edukacji, zastępując kształcenie zawodowe uczelniami wyższymi. Istnieją badania wskazujące, że automatyzacja zwiększa stabilność zatrudnienia wewnątrz przedsiębiorstw, co jest napędzane przez pracowników podejmujących nowe role w tych samych organizacjach. Następuje wyparcie części zadań (przejmują je roboty), ale w związku z tym powstają nowe zadania, które mogą wykonywać dotychczasowi pracownicy¹³⁴.

1.6.2 Czy roboty automatycznie zwiększają produktywność i konkurencyjność?

Wdrażanie robotów najczęściej ma na celu podnoszenie produktywności, co jest związane z tak zwanym efektem produktywności¹³⁵. Określenie siły wpływu nie jest zadaniem łatwym z uwagi na fakt, że zmiany technologiczne są tylko jednym z czynników wpływających na spadek zatrudnienia czy wzrost produkcji, które prowadzą do wzrostu produktywności. Do pozostałych zaliczyć można tendencje takie jak internacjonalizacja globalnych łańcuchów wartości czy konieczność konkurencji z krajami o niskich kosztach produkcji. Z tego względu trwa debata na temat faktycznego wpływu robotów na produktywność. Niektóre wyniki badań wskazują, że wzrasta ona wraz ze wzrostem zagęszczenia robotów, podczas gdy w innych nie zauważa się istotnego związku.

Robotom przemysłowym często przypisuje się zdolność do automatycznego zwiększania produktywności. Ostrzega się jednak przed przyjmowaniem tak uproszczonych założeń, gdyż może to prowadzić do wyolbrzymiania znaczenia robotyzacji, podczas gdy jest ona jedną z wielu technologii wprowadzanych w celu poprawy ilości oraz jakości produkcji. Produktywność tymczasem zależy od wielu czynników, które oddziałują na siebie, trudno więc mówić o tym, że pojedyncze rozwiązanie poprawia produktywność. Jej pojęcie jest złożone, co sprawia, że ma kilka znaczeń i można ją mierzyć na wiele sposobów¹³⁶.

Sama poprawa produktywności także może przynosić różne skutki. W przypadku produktów rolnych w długim okresie wpływała ona w przeszłości na spadek udziału wydatków na żywność w dochodach gospodarstw domowych. Z kolei w sektorze opieki zdrowotnej udoskonalenia przekładały się na procentowy wzrost wydatków na zdrowie.

¹³⁴ Dauth W. i in., *The adjustment of labor markets to robots*, "Journal of the European Economic Association" nr 00(0):1–50, 2021.

¹³⁵ F. Chiacchio, G. Petropoulos, D. Pichler, *The impact of industrial robots on EU employment and wages: A local labour market approach*, http://bruegel.org/wp-content/uploads/2018/04/WorkingPaper-AB_25042018.pdf [dostęp: 28.03.2020].

¹³⁶ Hunt V.D., *Industrial Robotics Handbook*, Industrial Press Inc, New York 1983.

Nawet wtedy, gdy elastyczność popytu w danym sektorze jest mniejsza od jedności (a więc kurczy się on wraz ze wzrostem produktywności), nie oznacza to, że zagregowany popyt również spada. Nadwyżka dochodów może zostać wydana w innym sektorze. Gdy pojawienie się samochodów wyparło niezliczone zawody, powstały również takie, których właściciele korzystali na rozwoju motoryzacji, na przykład w hotelarstwie czy gastronomii. Popyt może również zostać pobudzony w dziedzinach, które nie mają związku z konkretną technologią. Dobrymi przykładami są usługi stylizacji włosów czy fitness. Popyt na nie wydaje się silnie elastyczny względem dochodów, tak więc wzrost produktywności w sektorach wiodących technologicznie może prowadzić do wzrostów w tych dziedzinach. Warunkiem jest to, by elastyczność substytucji między sektorami wiodącymi oraz opóźnionymi była mniejsza lub równa jedności¹³⁷.

Wśród potrzeb przedsiębiorstw produkcyjnych dążących do zdobycia lub utrzymania przewagi konkurencyjnej na rynku wymienia się optymalizację czasu realizacji zadania oraz przygotowania produkcji, a także terminowość, krótki czas reagowania na zmiany czy stopień kooperacji. Nie bez znaczenia pozostaje jakość, przepływ informacji, wydajność produkcji czy koszty zarządzania¹³⁸. W celu weryfikacji oddziaływania robotyzacji na tak wiele obszarów działalności konieczna byłaby ocena stopnia ich zaawansowania we wszystkich fazach rozwoju produktu.

Ciągle jeszcze brakuje badań nad konkurencyjnością przedsiębiorstw, które decydują się na wykorzystywanie robotów. W opinii Międzynarodowej Federacji Robotyki firmy, które to robią, zwiększają swoją konkurencyjność dzięki szybszemu opracowywaniu, jak i również dostarczaniu produktów. Ponadto w miejscach, gdzie ze względu na wysokie koszty pracy zdecydowano się na przeniesienie części produkcji poza granice, możliwy jest powrót do jej realizacji w kraju¹³⁹. Wykorzystanie robotów może wreszcie mieć wpływ na konkurencyjność dzięki podnoszeniu jakości produktów, redukcji kosztów operacyjnych, a także eliminacji odpadów czy minimalizacji problemu rotacji siły roboczej¹⁴⁰. Zwrot z inwestycji jest tym

¹³⁷ Autor D., Dorn D., *The growth of low-skill service jobs and the polarization of the US labour market*, "American Economic Review" 2013, nr 103(5).

¹³⁸ Kost G., Węsierski Ł., Łebkowski P., *Automatyzacja i robotyzacja procesów produkcyjnych*, Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa 2018.

¹³⁹ International Federation of Robotics, *The impact of robots on productivity, employment and jobs*, https://ifr.org/img/office/IFR_The_Impact_of_Robots_on_Employment.pdf [dostęp: 10.05.2020].

¹⁴⁰ ABB, *10 good reasons to invest in robots*, https://library.e.abb.com/public/af906afd6ec74c229f3bf58e0473a79e/V2bgw_10%20Reasons%20eBook%20lin ks6b.pdf [dostęp: 10.05.2020].

większy im mniejszy jest koszt zakupu robota przy tej samej lub zwiększonej jakości jego pracy, co obserwuje się na przestrzeni lat. Źródłem przewag konkurencyjnych przy tak zorganizowanych procesach produkcyjnych przestają być zasoby pracy czy kapitału. Staje się nimi przede wszystkim wiedza, a także kreatywność.

Małe i rozproszone fabryki, które są zlokalizowane blisko konsumentów to bezpośredni efekt wysokiej efektywności kosztowej procesów produkcyjnych, które są zrobotyzowane. Eliminuje to konieczność masowej produkcji, umożliwia redukcję kosztów dostawy i oszczędność czasu¹⁴¹, stanowi więc szansę między innymi dla mniejszych podmiotów na konkurowanie z dużymi graczami. Landscheidt i in. (2018) przekonują, że jeszcze jednym rozwiązaniem służącym podnoszeniu konkurencyjności małych i średnich przedsiębiorstw oraz mniej zautomatyzowanych sektorów przemysłowych dzięki wdrożeniom robotów może stać się zmiana koncepcji ich użytkowania. Tradycyjne zamówienia robotów tracą ich znaczenie na rzecz nowych modeli biznesowych, w których większy nacisk będzie kładziony na leasing, a nawet płatność za użytkowanie (*ang. pay-per-use*)¹⁴²

1.6.3 Jak roboty zmieniają pracę?

Większość pozytywnych skutków robotyzacji (tworzenie nowych dóbr) ciągle wydaje się nie mieć wpływu na sytuację pracowników poprzez wzrost wynagrodzeń czy redukcję czasu pracy. Wskazuje się, że w ostatnich latach płace i świadczenia pracownicze rosną w wolniejszym tempie niż wydajność. Brynjolfsson i McAfee podkreślają, że rozwój technologiczny nie jest falą, która w automatyczny sposób podnosi zarobki wszystkim zatrudnionym. Nawet gdy ogólne bogactwo rośnie, istnieją zwycięzcy, jak i przegrani tego zjawiska. Przegrani natomiast niekoniecznie stanowią niewielki segment rynku. Zakładając, że poziom zarobków można kształtować swobodnie, zachowują oni pracę, jednak wraz z postępem zmuszeni są akceptować coraz niższe wynagrodzenie. Istnieje przy tym limit dopasowania¹⁴³.

¹⁴¹ Ivanov S., Robonomics - principles, benefits, challenges, solutions, "Yearbook of Varna University of Management" 2017, vol. 10.

¹⁴² Landscheidt S. i in., *The future of industrial robot business: Product or performance based?*, 8th Swedish Production Symposium, SPS 2018, 16-18 May 2018, Stockholm, Sweden

¹⁴³ Brynjolfsson E., McAfee A., *Wyścig z maszynami. Jak rewolucja cyfrowa napędza innowacje, zwiększa wydajność i w nieodwracalny sposób zmienia rynek pracy*, Kurhaus Publishing Kurhaus Media sp. z o.o. sp.k., Warszawa 2015.

Współcześnie zdecydowana większość rodzajów produkcji wymaga udziału zarówno maszyn, jak i pracy ludzkiej. Teoria targowania się (*ang. bargaining theory*) podpowiada, że wypracowane bogactwo dzielone jest według względnej siły negocjacyjnej będącej zwykle odbiciem wkładu każdej ze stron. Technologia, która obniża względne znaczenie pracy w danym procesie, wpływa także na zmianę podziału zysków z produkowanych dóbr oraz oferowanych usług. Skoro roboty zastępują ludzką pracę, można oczekiwać, że udział w dochodach ich właścicieli będzie rósł względem zarobków zatrudnionych, co jest typowym przykładem opozycji między kapitałem i siłą roboczą. Tak rozumiany wpływ technologii na podział nie jest jednoznacznie negatywny, może on bowiem stanowić zachętę do podnoszenia kwalifikacji albo gromadzenia kapitału. Równocześnie też jednak może na kilka sposobów szkodzić gospodarce ze względu na malejącą krańcową użyteczność dochodu czy brak równości szans, prowadząc do spadku łącznego popytu i stłumienia rozwoju¹⁴⁴.

Nierówności w kontekście wzrostu wykorzystania robotów to jednak nie tylko kwestia podziału dochodu narodowego między kapitał oraz pracę i wewnątrz tych grup, ale także między kolejnymi pokoleniami. Te późniejsze mogą cierpieć, gdy efekty wzrostu są konsumowane przez wcześniejsze, podczas gdy młodzi zmagają się z problemami takimi jak zmniejszony popyt na siłę roboczą czy ograniczenia kredytowe hamujące inwestycje w kapitał ludzki¹⁴⁵.

Jakość środowiska pracy również ulega zmianie wraz z postępowaniem robotyzacji. Instalowane roboty często przejmują zadania powtarzalne, ciężkie i niebezpieczne. Jeśli stanowiska pracy powstające w miejsce tych przejętych są bardziej bezpieczne i mniej monotonne, generalna jakość życia zawodowego poprawia się. Roboty wykonują proste, nudne prace, a rola powierzona człowiekowi staje się bardziej dynamiczna. Może on być na przykład odpowiedzialny za większą część linii produkcyjnej i dzięki temu wykorzystywać więcej umiejętności. Istnieje też jednak druga możliwość: że stanie się częścią bardziej zbiurokratyzowanego środowiska, wymagającego wręcz mniejszych kompetencji niż dotychczas¹⁴⁶. Sama rytmiczność i powtarzalność produkcji z udziałem robotów także może

¹⁴⁴ Ibidem.

¹⁴⁵ Autor D., *Why are there still so many jobs? The history and future of workplace automation*, "Journal of Economic Perspectives" 2015, nr 29.

¹⁴⁶ Wallen J., *The history of the industrial robot*, Technical report from Automatic Control at Linköpings universitet, <http://liu.diva-portal.org/smash/get/diva2:316930/FULLTEXT01.pdf> [dostęp: 10.05.2020].

być monotonna dla pracowników obsługi, z tego względu zalecane jest wprowadzanie rotacji pracowników na poszczególnych stanowiskach w celu poprawy komfortu pracy¹⁴⁷.

Idąc dalej, wykorzystywanie robotów w przedsiębiorstwie wiąże się z koniecznością zatrudniania pracowników posiadających wiedzę techniczną. Już w latach 80. brakowało jednak siły roboczej z kwalifikacjami w wielu dziedzinach, zwłaszcza w obszarze projektowania rozwiązań i programowania. Tymczasem korzystne jest, gdy osoby pracujące z robotami są w stanie je instruować, nadzorować, jak i naprawiać - by móc to robić, pracownicy potrzebują odpowiedniej wiedzy, stąd kluczowego znaczenia nabiera odpowiednia edukacja, reedukacja i wreszcie tworzenie możliwości przekwalifikowania. Dobrze wykształcona osoba nie tylko jest w stanie wykonywać swoje obowiązki w odpowiedni sposób, ale również łatwiej jest ją przeszkolić do innej pracy w zakładzie. Uważa się, że technologicznie wykształceni pracownicy mogą także wykazywać mniejszy sprzeciw wobec robotyzacji w zakładzie pracy. Przykładem kraju przyjmującego wiele robotów oraz mogącego pochwalić się wysokim odsetkiem wysoko wykształconych technicznie pracowników jest Japonia¹⁴⁸. Rozwój robotyzacji może więc wymuszać zmiany w edukacji, a równocześnie być nimi napędzany.

W celu zaznaczenia wyraźnego związku pomiędzy popytem na wykształconych pracowników a postępem technologicznym stworzono termin zmiany technicznej opartej na umiejętnościach (*ang. skill-biased technical change*), który odnosi się do rozwijania przez ludzi nowych umiejętności pod wpływem postępu. Chociaż nie można powiedzieć, że bycie wykształconym jest tożsame z posiadaniem konkretnych umiejętności, wykształcenie uznawane jest za najłatwiej mierzalny korelat umiejętności. Na podstawie zmian w poziomie wykształcenia stwierdza się więc, że wraz z automatyzacją pracy niewymagającej wysokich kwalifikacji, popyt na nie rośnie szybciej niż podaź. Jan Tinbergen stwierdził, że pod pojęciem zmiany technicznej opartej na umiejętnościach kryje się wyścig pomiędzy edukacją i technologią¹⁴⁹. Co ciekawe, Autor i Dorn doszli do wniosku, że zależność między umiejętnościami i zarobkami przyjmuje kształt litery U. Oznacza to, że spada popyt na pracę tych, których umiejętności określilibyśmy jako średnie, natomiast jest on względnie wysoki

¹⁴⁷ Kost G., Węsierski Ł., Łebkowski P., *Automatyzacja i robotyzacja procesów produkcyjnych*, Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa 2018.

¹⁴⁸ Hunt V.D., *Industrial Robotics Handbook*, Industrial Press Inc, New York 1983.

¹⁴⁹ Brynjolfsson E., McAfee A., *Wyścig z maszynami. Jak rewolucja cyfrowa napędza innowacje, zwiększa wydajność i w nieodwracalny sposób zmienia rynek pracy*, Kurhaus Publishing Kurhaus Media sp. z o.o. sp.k., Warszawa 2015.

w przypadku wysokich kwalifikacji, a także tych najniższych. Jeśli jest to prawda, w praktyce popyt na pracę polaryzuje się¹⁵⁰. Dostarcza to interesujących wniosków na temat robotyzacji oraz automatyzacji, okazuje się bowiem, że łatwiej jest odwzorować pracę kasjera bankowego, księgowego czy częściowo wykwalifikowanego pracownika fabryki niż aktywności wykonywane przez ogrodnika, fryzjera albo pielęgniarkę. W ostatnich dekadach najbardziej odporne na zastąpienie były zawody wymagające częściowo aktywności fizycznej, a także percepcji zmysłowej. Zjawisko to nazywamy Paradoksem Moraveca. Jest to spowodowane faktem, że ludzki mózg posługuje się wyspecjalizowanymi neuronami pozwalającymi rozpoznawać twarze czy poruszać się w nieznanym otoczeniu. Chociaż mnożenie dużych liczb jest dla niego nienaturalną czynnością, a więc i trudnym zadaniem, umysł nieustannie przeprowadza bardziej skomplikowane analizy. Maszyny nie odwzorowują jeszcze większości tych czynności. Cały czas są one jednak usprawnianie, dlatego nie jesteśmy w stanie przewidzieć jak sytuacja będzie wyglądała w przyszłości, zwłaszcza patrząc na przykłady takie jak bezzałogowy samochód Google'a czy Watson firmy IBM¹⁵¹.

To, że zmiana techniczna opiera się na umiejętnościach (*ang. skill-biased technical change*), nie zawsze jednak znajduje potwierdzenie w praktyce. Dauth i in. zauważyli, że w Niemczech wpływ automatyzacji na różne grupy pod względem umiejętności - a więc pracowników z wykształceniem i bez - jest raczej jednorodny. Nie znaleźli oni więc potwierdzenia dla stwierdzenia, że automatyzacja faworyzuje pracowników posiadających wyższe umiejętności. Zgodnie z uzyskanymi przez nich wynikami zwiększa ona jednak nierówności w grupach podobnych pracowników produkcyjnych, gdy po wdrożeniu dzielą się oni na tych, którzy pozostają w dotychczasowym miejscu pracy oraz tych, którzy są zmuszeni opuścić dotychczasowego pracodawcę (druga grupa odnotowuje najczęściej spadek dochodów)¹⁵². Sugeruje to, że poszczególne kraje inaczej dostosowują się do zmian w zakresie robotyzacji i automatyzacji i w związku z tym obserwuje się w nich inne skutki dokonujących się przeobrażeń.

¹⁵⁰ Autor D., Dorn D., *The Growth of Low-Skill Service Jobs and the Polarization of the US Labor Market*, "American Economic Review" 2013, vol. 103, no. 5.

¹⁵¹ Brynjolfsson E., McAfee A., *Wýścig z maszynami. Jak rewolucja cyfrowa napędza innowacje, zwiększa wydajność i w nieodwracalny sposób zmienia rynek pracy*, Kurhaus Publishing Kurhaus Media sp. z o.o. sp.k., Warszawa 2015.

¹⁵² Dauth W. i in., *The adjustment of labor markets to robots*, "Journal of the European Economic Association" nr 00(0):1-50, 2021.

Wreszcie wszystko, co mieści się w pojęciu spędzania czasu wolnego, a więc rozrywka, turystyka czy wolontariat, może ulec przeobrażeniu pod wpływem zmian w zatrudnieniu oraz czasie pracy spowodowanych robotyzacją. Poza poprawą jakości życia w postaci zmniejszenia stresu związanego z pracą czy braku konieczności wykonywania ciężkich prac fizycznych, spodziewać się można znacznego zwiększenia czasu wolnego, co wiąże się z koniecznością wypełnienia luki innymi aktywnościami¹⁵³.

1.6.4 Czy rozwój robotyzacji stanowi wyzwanie dla teorii ekonomii?

Oczekuje się, że postęp w zakresie robotyzacji będzie miał szeroki wpływ na teorię ekonomii. W szczególności wysoki poziom robotyzacji produkcji ma prowadzić do zmniejszenia popytu na pracę. Jest to jeden z badanych efektów zmiany technologicznej zastępującej rutynowe prace (*ang. routine-replacing technological change, RRTC*), będący wynikiem malejących kosztów kapitału, które stanowią zachętę do zastępowania nim rutynowych prac. Równocześnie malejące koszty kapitału obniżają cenę dóbr, zwiększając tym samym popyt na nie, co z kolei prowadzi do powstawania dodatkowego popytu na pracę. Trzeci efekt wynika z faktu, że wzrost popytu na produkty zwiększa dochody, które są wydawane częściowo na dobra i usługi niehandlowe, tworząc lokalny popyt na siłę roboczą. Są to przeciwstawne efekty, dlatego trudno mówić o jednoznacznym wpływie robotyzacji na popyt na pracę¹⁵⁴. Jeśli jednak łącznie jest on negatywny, oznacza to wyzwanie nie tylko dla praktyki, ale też teorii ekonomii. Spadek odsetka zatrudnionych wiąże się bowiem z tym, że płaca przestaje być głównym źródłem utrzymania większości gospodarstw domowych, czyli zostaje zerwane istniejące dotąd połączenie pomiędzy zatrudnieniem a dochodami¹⁵⁵. Wskazuje się na różne możliwości reagowania na taką zmianę, między innymi konieczność opodatkowania robotów (albo aktywności biznesowej w ogóle), wprowadzenia dochodu podstawowego, redukcji czasu pracy, subsydiowania wynagrodzeń, wprowadzenia przepisów chroniących zatrudnienie czy wreszcie robót publicznych.

Kolejną zmianą, jaka mogłaby zostać wywołana postępowaniem robotyzacji na szeroką skalę, jest wzrost efektywności kosztowej produkcji. Na tym etapie technologie umożliwiają ekonomiczną produkcję na żądanie nawet jednej lub kilku jednostek dóbr. Społeczeństwo

¹⁵³ Ivanov S., Robonomics - principles, benefits, challenges, solutions, "Yearbook of Varna University of Management" 2017, vol. 10.

¹⁵⁴ Gregory T., Salomons A., Zierahn U., *Racing With or Against the Machine? Evidence from Europe*, "ZEW Discussion Paper" 2016, nr 16-053.

¹⁵⁵ Ivanov S., Robonomics - principles, benefits, challenges, solutions, "Yearbook of Varna University of Management" 2017, vol. 10.

osiąga etap “ekonomii obfitości”, w której zjawisko rzadkości dóbr - będące podstawą większości teorii ekonomicznych - nie występuje¹⁵⁶.

Jeszcze jednym wyzwaniem dla teorii ekonomii jest problem popytu w społeczeństwie, które co do zasady nie pracuje. Nietrudno bowiem dostrzec, że przeniesienie punktu ciężkości z pracy na kapitał i zmniejszenie dochodów zatrudnionych wiąże się z osłabieniem konsumpcji. Problem ten obrazuje anegdota na temat wizyty prezesa Forda i prezydenta United Automobile Workers w nowoczesnej fabryce samochodów. Ford miał w jej trakcie zapytać: “Walter, jak sprawisz, żeby roboty zapłaciły składki członkowskie?”, a w odpowiedzi usłyszeć: “Henry, jak sprawisz, żeby roboty kupowały twoje samochody?”¹⁵⁷. Zmniejszanie się popytu w gospodarce, w której nie istnieje problem rzadkości dóbr, może okazać się najpoważniejszą konsekwencją pogłębiania się nierówności i największym wyzwaniem przyszłości.

Robotyzacja ma więc szansę zmienić zarówno praktykę gospodarczą, jak i teorię ekonomii. Wiąże się z nią wiele wyzwań, które wraz z rozwojem zjawiska będą zyskiwać na znaczeniu. Zanim jednak postawimy pytanie o to jak powinna wyglądać gospodarka, w której praca człowieka nie występuje lub zostaje w znacznym stopniu ograniczona, powinniśmy zapytać jaki faktycznie wpływ mają roboty na gospodarkę i czy jesteśmy w stanie to szacować.

Przedstawione dotychczas rozważania miały przede wszystkim ułatwić usystematyzowanie wiedzy na temat postępu technicznego, jego charakterystyk i wpływu na produkcję, a także nakreślić to jak w poruszanej tematyce wpisuje się kwestię robotów przemysłowych, a więc co wiadomo na temat ich podobieństw do pozostałych technologii i wreszcie co wyróżnia roboty. Należy podkreślić, że wiele pytań, które zadawano sobie już w czasach rewolucji przemysłowej, pozostaje aktualnych do dzisiaj w kontekście rozwoju robotyzacji (Czy zmiany wynikające z postępu technicznego co do zasady szkodzą zatrudnionym? Czy automatycznie podnoszą one produktywność? I wreszcie - czy możliwe jest, by pod ich wpływem zwiększało się całkowite bogactwo, ale bez zwiększania dystansu między bogatymi i biednymi?). W kolejnym rozdziale problemy takie jak pomiar wykorzystania robotów w produkcji oraz oddziaływanie zjawiska na pracę i podział dochodu

¹⁵⁶ Swan M., *Philosophy of Social Robotics: Abundance Economics*, Springer International Publishing, 2016.

¹⁵⁷ Brynjolfsson E., McAfee A., *Wýścig z maszynami. Jak rewolucja cyfrowa napędza innowacje, zwiększa wydajność i w nieodwracalny sposób zmienia rynek pracy*, Kurhaus Publishing Kurhaus Media sp. z o.o. sp.k., Warszawa 2015.

zostaną poddane bardziej szczegółowej analizie na podstawie wyników badań przeprowadzonych do tej pory w tym zakresie.

ROZDZIAŁ 2. ROBOTY, PRACA I PODZIAŁ DOCHODU NARODOWEGO W KONCEPCJACH ORAZ W BADANIACH NAUKOWYCH

Podczas gdy w rozdziale pierwszym położono nacisk na produkcję i to w jaki sposób roboty mogłyby ją zmieniać, rozdział drugi ma stanowić próbę spojrzenia na ten sam problem z perspektywy dochodu (*będącego efektem wspomnianej produkcji*). W pierwszej kolejności zostaną w nim zdefiniowane pojęcia kapitału i pracy, którymi posługiwano się do tej pory bez jasnego określenia ich charakterystyk. Umożliwi to dokładniejsze przyjrzenie się temu w jaki sposób dzieli się dochód narodowy i postawienie pytania o to czy wdrażanie robotów przemysłowych mogłoby prowadzić do zmian w takim podziale.

2.1 Praca, kapitał i podział dochodu. Ramy pojęciowe

Zanim możliwe będzie spojrzenie na kwestię robotów z perspektywy zmian w podziale dochodu, niezbędne jest przedstawienie definicji najważniejszych czynników produkcji, powiązań między produkcją i dochodem, a także istoty samego dochodu narodowego.

2.1.1 Pojęcie pracy oraz kapitału

Pracę z kapitałem łączymy po to, by wytwarzać dobra oraz usługi, a w efekcie uzyskiwać dochód. Patrząc na dochód czy produkcję przyglądamy się więc tym samym procesom z różnych perspektyw. Ekonomiczne podsumowanie zależności między pracą oraz kapitałem na etapie produkcji daje nam przywoływana w rozdziale pierwszym funkcja produkcji. Pozwala ona obserwować jakich nakładów wymaga substytucja jednego z czynników drugim. Dla przykładu zerowa elastyczność substytucji pracy kapitałem odpowiada funkcji o stałych współczynnikach. Z drugiej strony nieskończoną elastyczność można interpretować w ten sposób, że krańcowa produktywność pracy i kapitału jest niezależna od ich ilości, która pozostaje do dyspozycji. W takim świecie zawsze możliwa jest akumulacja większej ilości kapitału i zwiększenie produkcji o odsetek, który pozostaje stały. Piketty ilustruje to przykładem całkowicie zrobotyzowanej gospodarki, w której możliwe jest nieskończone zwiększenie produkcji poprzez dodawanie kapitału. Skrajnie innym

przypadkiem są tradycyjne społeczeństwa rolnicze, gdzie elastyczność substytucji pracy kapitałem jest mniejsza od jedności. Kapitał jest dostępny niemal wyłącznie w formie gruntów, tymczasem by mógł zastępować pracę, powinien przybierać różne formy¹⁵⁸.

Typowy proces produkcyjny analizuje się więc współcześnie jako efekt wykorzystania dwóch czynników produkcji, które wzajemnie się uzupełniają, to znaczy środków produkcji oraz siły roboczej. Pod względem charakteru obydwie różnią się od siebie znacznie, między innymi¹⁵⁹:

- doskonalenie ich sprawności warunkuje nie tylko obecny stan wiedzy, ale też możliwości finansowania wybranych przedsięwzięć. Różnice jeśli chodzi o sytuację finansową kapitalisty i robotnika powodują, że ulepszanie środków produkcji może postępować szybciej niż podnoszenie kwalifikacji siły roboczej;
- podczas gdy wykorzystywanie środków produkcji wymaga mierzenia się z granicami naturalnymi (określonymi możliwościami technicznymi), przy korzystaniu z pracy należy brać pod uwagę także granice społeczno-polityczne.

Przyglądając się bliżej pierwszemu z wymienionych czynników produkcji należy wspomnieć, że pojęcie czystego kapitału jest bardzo teoretyczne. W praktyce niezwykle trudno jest uwzględnić fakt, że właściwie każda czynność lokowania kapitału wymaga pracy. Koszty formalnego pośrednictwa finansowego czy zarządzania są oczywiście odliczane od dochodów z kapitału, reguła ta nie ma jednak zastosowania dla nieformalnego pośrednictwa wynikającego z tego, że część ludzi poświęca własny czas na zarządzanie swoim portfelem. W niektórych przypadkach przypomina to wręcz pracę przedsiębiorczą, której wartość trudno jest oszacować. W teorii więc pod pojęciem kapitału kryje się całość aktywów pozaludzkich, a więc takich, które mogą być posiadane, ale także wymieniane na rynku. Zalicza się do nich nieruchomości, jak i kapitał finansowy i organizacyjny, czyli maszyny, patenty czy wyposażenie wykorzystywane przez przedsiębiorstwa oraz administrację. Podczas gdy dochód jest strumieniem, kapitał to zasób, który odpowiada sumie bogactw zgromadzonych w danym momencie. Stosunek kapitału do dochodu w krajach rozwiniętych wynosi obecnie 5-6 i pochodzi niemal wyłącznie z kapitału prywatnego. Piketty, przedstawiając w "Kapitale w XXI wieku" pierwsze prawo kapitalizmu, mówi o tym, że udział dochodów z kapitału

¹⁵⁸ Piketty T., *Kapitał w XXI wieku*, Wydawnictwo Krytyki Politycznej, Warszawa 2015.

¹⁵⁹ Oryl K., *Postęp techniczny i bezrobocie w ujęciu szkoły klasycznej i neoklasycznej*, "Ruch Prawniczy, Ekonomiczny i Socjologiczny" 1964, nr 26.

w dochodzie narodowym zależy od średniej stopy zwrotu z kapitału, a także od stosunku kapitału do dochodu ($\alpha = r * \beta$). Z kolei za drugie prawo uznaje stwierdzenie, że stosunek kapitału do dochodu zależy od stopy oszczędności, a także wzrostu gospodarczego. Jeśli stopa zwrotu z kapitału przewyższa stopę wzrostu gospodarczego, ma to prowadzić do akumulacji kapitału przez niewielką grupę uprzywilejowanych osób. Jednym z czynników warunkujących rentowność kapitału jest jego obfitość (gdyż zbyt dużo kapitału zabija kapitał). Istotne znaczenie ma także technologia, bo to ona determinuje to do czego wykorzystywany jest kapitał, a więc czy ma on zastosowanie jako czynnik produkcji. Jeśli tak nie jest, jego produktywność krańcowa jest równa zero. Kapitał jest wreszcie niezbędny do samego uruchomienia produkcji, gdyż często przed jej rozpoczęciem potrzeba środków, biur czy wyposażenia¹⁶⁰.

Praca, również będąca czynnikiem produkcji i źródłem dochodu, według Smitha jest: “funduszem, który zaopatruje go [naród] we wszystkie rzeczy konieczne i przydatne w życiu”¹⁶¹. Wynagrodzenie pracy u Ricardo kształtowało się na poziomie minimum egzystencji, a wzrost produktywności oraz wzrost dochodów prowadził jedynie do zwiększenia liczby ludności, nie miał natomiast wpływu na jakość życia pracowników. Próbuąc wyjaśnić dlaczego od czasu rewolucji przemysłowej zjawisko pułapki maltuzjańskiej nie występuje, Becker (1960) zaproponował zastąpienie myślenia o liczbie ludności jej “jakością”. Wraz ze wzrostem dochodów rodziny rosną też wydatki na dzieci, ale niekoniecznie - jak zakłada teoria Malthusa - przejawia się to w formie większej ich liczby. Możliwa jest też alokacja większych zasobów w rozwój i podnoszenie jakości życia już posiadanych dzieci¹⁶². Ta relacja wymienna istniała już oczywiście przed rewolucją przemysłową. Jak zauważa Lucas (2021), w każdym społeczeństwie, gdzie prawa własności są ugruntowane, pewna klasa będzie podlegać innej dynamice wzrostu populacji ze względu na to jak ich płodność wpływa na jakość życia kolejnych pokoleń. Takie rodziny mogą gromadzić bogactwa i podnosić standard swojego życia, historycznie nie była to jednak reguła, a wzrost dochodów wynikający ze wzrostu kapitału ludzkiego był raczej wyjątkiem i w sensie ekonomicznym pochodną bogactwa właścicieli ziemskich. Rodzina bez własności

¹⁶⁰ Piketty T., *Kapitał w XXI wieku*, Wydawnictwo Krytyki Politycznej, Warszawa 2015.

¹⁶¹ Smith A., *Badania nad naturą i przyczynami bogactwa narodów*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2015.

¹⁶² Becker G.S., *An Economic Analysis of Fertility*, [W] *Demographic and Economic Change in Developed Countries*, Easterlin R. (red.), Princeton University Press, Princeton 1960.

ziemskiej w tradycyjnej gospodarce nie miała jednak zbyt wielu możliwości wpływania na jakość życia dzieci. Brak spadku do przekazania oznaczał, że nie zostanie on rozwodniony przy większej liczbie rodzeństwa. Oferowany zwrot z inwestycji w kapitał ludzki także był niewielki. Zmieniło się to jednak wraz z industrializacją, kiedy nastąpił wzrost zwrotu z kapitału ludzkiego. Ludzie zaczęli porzucać tradycyjne rolnictwo, gdzie umiejętności niezbędne do pracy zyskiwało się pracując jeszcze jako dziecko. Coraz częściej decydowano się na podejmowanie zawodów innych niż rodzice, a więc takich, które wymagają wiedzy zdobytej w szkole, a także innych umiejętności. Pojawił się popyt na pracowników posiadających kwalifikacje. W takiej rzeczywistości rodzic może wykorzystać posiadane zasoby, by pomóc dziecku w zdobyciu określonych umiejętności, a im mniej dzieci posiada, tym więcej jest w stanie im zapewnić. Zachęciło to wiele rodzin do podjęcia decyzji o rezygnacji z posiadania większej liczby dzieci na rzecz inwestycji w ich przyszłość¹⁶³.

W kontekście rozwoju technologii praca jest najczęściej postrzegana raczej jako stateczny i pasywny czynnik produkcji, który istnieje w określonej formie i raczej czeka na wprawienie w ruch pod wpływem mobilnego kapitału niż dynamiczna siła. Huang i Sharif wskazują jednak, że po pierwsze nie jest to czynnik jednorodny (robotyzacja może osłabiać niektóre przewagi pracowników i wzmacniać inne), a po drugie on również może wpływać na siłę oraz kierunek zmian technologicznych. Działając na swoją korzyść, pracownicy powinni ich zdaniem dążyć do zwiększania swojego udziału w dywidendzie z wdrażania robotów, a więc otrzymywania wyższych pensji za pracę w mniejszym wymiarze czasu. Równocześnie jednak Huang i Sharif zwracają uwagę na to dlaczego nie jest to takie proste. Maszyny bowiem z jednej strony zwiększają wydajność pracowników i poprawiają bezpieczeństwo pracy, ale z drugiej wpływają na zmniejszenie znaczenia konkretnych umiejętności i pozwalają na redukcję zatrudnienia. Podczas gdy niedobory siły roboczej czy wysoki wskaźnik rotacji pracowników mogą być uznane za przejaw rosnącej siły rynkowej pracowników, wynikający z tego wzrost kosztów pracy stanowi raczej zachętę do używania robotów i zastępowania nimi ludzi. Dodatkowo pracodawcy mają możliwość wykorzystania rotacji w celu uniknięcia oferowania odpraw czy generalnie przeprowadzania zwolnień na dużą skalę. Osłabieniem siły przetargowej pracy jest też spadek znaczenia ruchów pracowniczych, który może oznaczać brak możliwości organizowania oporu na dużą skalę

¹⁶³ Lucas R., *The Industrial Revolution: Past and Future*, <https://www.minneapolisfed.org/article/2004/the-industrial-revolution-past-and-future> [dostęp: 15.04.2021].

przeciwko zachodzącym zmianom, gdy działają one na niekorzyść pracowników. Zdaniem Huang i Sharifa brak reprezentacji związkowej przy wprowadzaniu robotów w Chinach wiązał się z tym, że robotnicy zostali pominięci w podejmowaniu decyzji z zakresu polityki przemysłowej, co dało pracodawcom swobodę działania w zakresie modernizacji przemysłu i równocześnie obniżania płac według uznania. Ich zdaniem sytuacja Chin różniła się od tej w Stanach Zjednoczonych czy Japonii, gdzie w warunkach aktywizmu związkowego oraz protekcjonizmu państwa zmiany przyniosły wzrost płac. Tymczasem w Chinach, gdzie rozwój robotyzacji wystartował po kryzysie finansowym z roku 2008, status pracowników był inny. Zdaniem Silver rozwój przemysłowy niekoniecznie osłabia pracowników, chociaż może mieć inny wpływ na ich siłę rynkową oraz sytuację w miejscu pracy¹⁶⁴.

Nomaler i Verspagen (2018) zwrócili uwagę, że praca jest czynnikiem, który potrzebuje rozwoju technicznego, żeby podnosić swoją wydajność. Przykładowo jeśli dany pracownik otrzyma dodatkową łopatę, nie będzie w stanie wykopać więcej, co oznacza, że krańcowe zyski z kapitału maleją. Tymczasem wprowadzenie mechanicznych koparek umożliwi wykonanie tej samej pracy przez mniejszą liczbę pracowników, co oznacza wzrost wydajności. Analogicznie gdy wszyscy wykwalifikowani operatorzy otrzymają mechaniczną koparkę, inwestowanie w ich większą liczbę nie ma sensu. Solow podsumował to stwierdzając, że w przypadku obecności nieodtwarzalnego czynnika produkcji (pracy) zastępowalnego w stopniu ograniczonym przez czynnik odtwarzalny (kapitał), wzrost produkcji per capita ostatecznie się zatrzyma, chyba że możliwe jest zwiększenie wydajności czynnika nieodtwarzalnego (poprzez postęp techniczny). Co jednak w sytuacji, gdy zwiększają się możliwości zastępowania czynnika nieodtwarzalnego? Jak stwierdzają Nomaler i Verspagen, zmiany technologiczne eliminujące taki czynnik stwarzają silny potencjał wzrostu. Podczas gdy postęp wzmacniający czynnik pracy wymaga stałego inwestowania w rozwój, naukę lub kapitał ludzki, po wyeliminowaniu tego czynnika dalsze inwestycje tego typu nie są już konieczne. Stan wiedzy technicznej wystarcza, by wzrost napędzać wyłącznie inwestycjami kapitałowymi. Nomaler i Verspagen mówią w tym kontekście o ciągłym wzroście (*ang. perpetual growth*). Przyszłość, w której roboty generują taki wzrost, nie pozostawia wiele miejsca dochodom z pracy, nawet jeśli bezwzględna stawka

¹⁶⁴ Huang Y., Sharif N., *From 'Labour Dividend' to 'Robot Dividend': Technological Change and Workers' Power in South China*, "Agrarian South: Journal of Political Economy" nr 6, 2017.

płac wzrośnie w wyniku samego wzrostu - oznacza to bowiem względne pogorszenie sytuacji pracowników¹⁶⁵.

Warto podkreślić, że praca jako czynnik produkcji także może oddziaływać na robotyzację. Istnieją badania pokazujące, że innowacje technologiczne zdarzają się częściej, gdy na rynku pracy jest więcej wykwalifikowanej siły roboczej. Zarządzanie personelem w przedsiębiorstwie także determinuje takie innowacje. Co więcej, Song i in. doszli do wniosku, że również rotacja stanowisk zwiększa możliwości pracowników w zakresie generowania wiedzy o innowacjach produktowych, a McGuirk i in. potwierdzili, że poziom innowacyjnego kapitału ludzkiego w przedsiębiorstwie wpływa na jego innowacyjność technologiczną¹⁶⁶.

Tak więc roboty i praca reagują ze sobą na różne sposoby¹⁶⁷:

- wzrost kosztów pracy jest determinantą wdrażania robotów przemysłowych; gdy więc wydajność pracy spada lub też obciążenie kosztami pracy zwiększa się, przedsiębiorstwa reagują zwiększeniem zakresu wykorzystania robotów przemysłowych;
- wzrost odsetka pracowników produkcyjnych lub zdolności innowacyjnych także skutkuje wzrostem wykorzystywania robotów;
- ekspansja robotów spowalnia wzrost zatrudnienia, częściowo zastępując siłę roboczą, a z drugiej strony zwiększa wydajność i poziom wynagrodzenia godzinowego;
- zwiększone wykorzystanie robotów wiąże się także ze zmniejszeniem odsetka pracowników o niskich kwalifikacjach w produkcji na rzecz wykwalifikowanej siły roboczej.

W związku z tym ekspansja robotów przemysłowych jest oczekiwana tam, gdzie zauważalny jest wyższy odsetek pracowników produkcyjnych, a także w krajach, gdzie koszty pracy szybko rosną oraz możliwości przedsiębiorstw w zakresie absorpcji technologii są wysokie.

Współcześnie o tym jak technologie oddziałują na pracę mówi się w odniesieniu do dwóch teorii. Pierwsza z nich mówi o tym, że rozwój technologiczny prowadzi do triumfu

¹⁶⁵ Nomaler Ö., Verspagen B., *Perpetual growth, distribution, and robots*, "UNU-MERIT Working Papers" nr 23, 2018.

¹⁶⁶ Jung J.H., Lim D.G., *Industrial robots, employment growth, and labor cost: A simultaneous equation analysis*, "Technological Forecasting & Social Change" nr 159, 2020.

¹⁶⁷ Ibidem.

kapitału ludzkiego nad tym finansowym - jest to hipoteza wzrostu znaczenia kapitału ludzkiego. Druga skupia się raczej na podziale dochodów z pracy i jest to teoria wyścigu między edukacją i technologią¹⁶⁸.

Siła technologicznej zmiany w znaczący sposób przekształca rynek pracy. Dzieje się to zarówno w krajach bogatych, jak i tych rozwijających się i zdaniem Atkinsona (2017) prowadzi do powiększania się luki w zakresie dystrybucji płac¹⁶⁹. Dominuje pogląd, że zmiany technologiczne sprzyjają pracownikom, którzy są bardziej wykwalifikowani (*hipoteza zmian technologicznych sprzyjających kwalifikacjom*). Zwiększa się co prawda wydajność wszystkich typów pracy, jednak wydajność pracowników wykwalifikowanych ma rosnąć w większym stopniu niż tych niewykwalifikowanych. Oznaczałoby to, że pierwsza grupa może wykonywać więcej pracy, podczas gdy druga staje się mniej potrzebna. Nie zawsze jest to jednak oczywiste, gdyż wszystko zależy od elastyczności substytucji między tymi dwoma czynnikami produkcji.

Równocześnie ze wzrostem popytu na pracowników wykwalifikowanych możemy się jednak spodziewać wzrostu podaży z uwagi na rosnące wynagrodzenie lepiej wykształconych. Jeśli siły zmian technologicznych preferujących kwalifikacje działają stają, należy się spodziewać, że popyt i podaż rośnie cały czas, a luka między nimi utrzymuje się. Tinberg pisał o tym jako o wyścigu między zwiększonym popytem na wykształconych oraz wzrostem liczebności tej grupy¹⁷⁰. W kontekście wpływu postępu technicznego na dystrybucję dochodów z pracy należałoby więc oczekiwać, że technologie zastępują pracowników w wykonywaniu zadań rutynowych, niewymagających kwalifikacji.

Wyścigiem, który obserwujemy współcześnie, są więc zmagania pomiędzy większymi zdolnościami niewspomagane go kapitału (czyli robotów) i wydajnością pracowników. Kształtuje on rynek pracy nie tylko w tych sektorach, gdzie rzeczywiście wdrażane są roboty. Przykładowo jeśli dana osoba może prowadzić lekcję lub w tym samym czasie angażować swoją energię w proces budowy samochodu, a postęp technologiczny sprawia, że zamiast jednego pojazdu zostaną zbudowane dwa, względny koszt przeprowadzanej lekcji podwoi się (jeśli płace wzrosną proporcjonalnie do wzrostu

¹⁶⁸ Piketty T., *Kapitał w XXI wieku*, Wydawnictwo Krytyki Politycznej, Warszawa 2015.

¹⁶⁹ Atkinson A.B., *Nierówności. Co da się zrobić?*, Wydawnictwo Krytyki Politycznej, Warszawa 2017.

¹⁷⁰ Tinbergen J., *Income Distribution: Analysis and Policies*, North-Holland Publishing Company, Amsterdam 1975.

wydajności w produkcji przemysłowej). Edukacja jest w tym przypadku usługą, która zostanie w tyle w wyścigu wydajności¹⁷¹.

Rynek pracy zmienia się w efekcie rozwoju technologii i wzrostu efektywności. Dynamiczna jest także sytuacja międzynarodowa - gdy rynki wschodzące inwestują więcej w edukację, technologie czy infrastrukturę, udział państw rozwiniętych w światowej produkcji przemysłowej się zmniejsza. Umiejętności cenione w przemyśle mogą nie być w cenie na nowopowstałych stanowiskach w innych sektorach. W państwach takich jak Stany Zjednoczone globalizacja potęguje efekt wywołany zmianą technologiczną. Stanowiska wymagające powtarzania rutynowych czynności przenoszone są do państw, gdzie za tę samą pracę można zapłacić mniej. Również to zjawisko prowadzi w efekcie do polaryzacji siły roboczej¹⁷².

Warto dodać, że o tym, jaka jest produktywność poszczególnych umiejętności, decyduje również postęp technologiczny. Podczas gdy w prymitywnej gospodarce opartej na rolnictwie znaczenie ma przede wszystkim wytrzymałość oraz siła fizyczna, we współczesnej gospodarce bazującej na zaawansowanych technologiach coraz częściej liczą się zdolności intelektualne¹⁷³. Sama wycena kapitału ludzkiego jest więc ściśle związana z rozwojem technologii.

2.1.2 Istota, pomiar oraz podział dochodu narodowego

Dochód i kwestia jego podziału w przeszłości wielokrotnie stanowiły główny przedmiot zainteresowania ekonomistów. Klasycy koncentrowali swoją uwagę na tym jak wygląda dystrybucja dochodu pomiędzy czynniki biorące udział w procesie tworzenia produktu (ziemię, kapitał, pracę). Współcześni ekonomiści także zajmują się problematyką dystrybucji, skupiając się również na tym jak wygląda ona na poziomie jednostek oraz gospodarstw domowych. Przeprowadzane analizy najczęściej dotyczą problematyki nierówności oraz ich wpływu na wzrost gospodarczy¹⁷⁴.

Ważne jest, by podkreślić, że w dyskusjach na temat problemu podziału dóbr kwestie ekonomiczne niejednokrotnie ustępują tym politycznym. O ile więc analiza ekonomicznych aspektów podziału dostarcza kluczowych informacji na temat tego w jaki sposób jest on

¹⁷¹ Atkinson A.B., *Nierówności. Co da się zrobić?*, Wydawnictwo Krytyki Politycznej, Warszawa 2017.

¹⁷² Stiglitz J.E., *Cena nierówności*, Wydawnictwo Krytyki Politycznej, Warszawa 2015.

¹⁷³ Ibidem.

¹⁷⁴ Ostry J.D., Berg A., Tsangarides C.G., *Redistribution, Inequality, and Growth*, "IMF STAFF DISCUSSION NOTE" 2014, nr 2.

dokonywany, nie jest w stanie wyjaśnić wszystkich zależności. Tym bardziej, że rzadko jest ona wolna od uprzedzeń i interesów klasowych konkretnej epoki.

Współcześnie patrzymy na dochód jako na sumę dochodów z pracy (przez które rozumie się płace, ale też uposażenia, bonusy, premie czy inne związane z wykonywaną pracą), a także dochodów z kapitału (są to przede wszystkim czynsze, dywidendy, zyski, odsetki oraz inne z tytułu posiadania kapitału)¹⁷⁵.

Dochód narodowy można więc rozumieć jako całość dochodów, jakimi dysponują obywatele kraju w ciągu roku, niezależnie od ich formy prawnej. Pojęcie dochodu narodowego tożsame jest z produktem narodowym netto w cenach czynników produkcji, stanowi więc miarę wytworzonej produkcji w analizowanym okresie przez czynniki produkcji będące w posiadaniu obywateli danego kraju. Za punkt wyjścia do obliczenia wartości tego dochodu uznaje się produkt krajowy brutto w cenach rynkowych. Pomniejsza się go o kwotę podatków pośrednich, a następnie powiększa o państwowe dopłaty do cen dóbr i usług, otrzymując tym samym produkt krajowy brutto w cenach czynników produkcji. Następnym krokiem jest obliczenie produktu narodowego brutto poprzez dokonanie korekty o dochody netto z tytułu własności czynników produkcji za granicą. Ostatnim krokiem jest pomniejszenie uzyskanego wyniku o amortyzację (zużycie budynków, wyposażenia, maszyn, pojazdów i tym podobnych), a więc obliczenie produktu narodowego netto w cenach czynników produkcji, który jest też równocześnie dochodem narodowym: *dochód narodowy = PKB w cenach czynników produkcji + dochody netto pochodzące z zagranicy - amortyzacja*¹⁷⁶.

Na poziomie światowym dochód równa się produkcji, bo nie można rozdzielić więcej dochodów niż wyprodukowano bogactw. Z drugiej strony cała produkcja jest dzielona w postaci dochodów. Na poziomie pojedynczego państwa, zwłaszcza w przypadku gospodarek bogatych oraz wschodzących, dochód narodowy nie różni się znacznie od produkcji krajowej - najczęściej jedną z tych wartości można określić na podstawie drugiej z dokładnością 1-2%¹⁷⁷.

Przechodząc do kwestii podziału dochodu, należy wspomnieć, że w teorii podziału wyróżnia się podmiotowy oraz funkcjonalny podział dochodu. Różnica między nimi

¹⁷⁵ Piketty T., *Kapitał w XXI wieku*, Wydawnictwo Krytyki Politycznej, Warszawa 2015.

¹⁷⁶ Barro R.J., *Makroekonomia*, Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa 1997.

¹⁷⁷ Piketty T., *Kapitał w XXI wieku*, Wydawnictwo Krytyki Politycznej, Warszawa 2015.

sprowadza się do tego, że w przypadku podziału podmiotowego analizujemy jakie dochody uzyskują poszczególne jednostki bez weryfikowania ich wkładu w sam proces tworzenia produktu. Tymczasem w przypadku funkcjonalnego podziału przyjmuje się założenie, że dochody czynników produkcji są wynikiem ich relatywnego wkładu w proces tworzenia produktu. Drugie podejście jest związane z wyceną czynników produkcji przez rynek. Należy wspomnieć, że w historii myśli ekonomicznej teoria produkcji jest ściśle związana z teorią podziału. Z tego względu przyjęcie założenia, że dany czynnik ma największe znaczenie w procesie produkcji prowadzi na gruncie funkcjonalnego podziału do stwierdzenia, że właścicielom tego czynnika należny jest udział w zyskach adekwatny do jego produktywności¹⁷⁸. Ma to zastosowanie również w przypadku wykorzystania technologii. Jeśli uznamy ją za czynnik produkcji, konieczne jest określenie dla niej również wynagrodzenia jeśli jej podaż ma wzrastać.

Idea funkcjonalnego podziału dochodu bazuje na teorii produktywności krańcowej, zgodnie z którą czynniki są angażowane w produkcję do tego stopnia, by stosunek wartości produktu krańcowego do stawki wynagrodzenia był równy dla każdego z nich. Prowadzi to do podziału wytworzonego produktu, w którym dany czynnik otrzymuje wynagrodzenie będące pochodną jego wkładu w proces produkcji. Zaletą takiego podejścia, w porównaniu z tym proponowanym przez klasyków, jest przyjęcie tej samej zasady jeśli chodzi o ustalanie wynagrodzenia dla różnych czynników produkcji, a więc ziemi, kapitału oraz pracy. U Ricardo tymczasem każde było obliczane według innych reguł - jako renta gruntowa dla ziemi, płaca dla pracy oraz zysk dla kapitału. Problem rezydualności powrócił do teorii podziału, gdy zaczęto uznawać organizację za czynnik produkcji - posługiwanie się kategorią produktu krańcowego w przypadku tego czynnika straciło sens (w przeciwieństwie do pracy, w przypadku której produkt krańcowy to każdy kolejny zatrudniony pracownik lub kapitału, gdzie odnosimy się do kolejnej jednostki nakładu). Wynagrodzenie za organizację procesu (lub też za schumpeterowską przedsiębiorczość) ma charakter rezydualny. Analogicznie określenie wkładu postępu technologicznego może być dokonane na zasadzie reszty, jak ma to miejsce u Solowa¹⁷⁹.

¹⁷⁸ Giza W., *Problem funkcjonalnego podziału dochodu w gospodarce opartej na wiedzy : perspektywa historii myśli ekonomicznej*, "Nierówności Społeczne a Wzrost Gospodarczy" 2007, nr 10.

¹⁷⁹ Ibidem.

Dyskusje na temat znaczenia danych czynników w tworzeniu bogactwa toczyły się już w XVIII wieku. Wtedy też Adam Smith wskazał pracę jako czynnik decydujący o wzroście bogactwa narodów, analizował on również wpływ podziału pracy na efektywność ekonomiczną. Jednak to kapitał i jego akumulacja były dla Smitha warunkiem postępu gospodarczego. Wreszcie Blaug przekonuje, że Smith przywiązywał dużą wagę do produkcji rolnej, co wskazywałoby na uważanie ziemi za istotny czynnik produkcji. W ekonomii klasycznej zwraca się więc uwagę na trzy najważniejsze czynniki produkcji: ziemię, kapitał oraz pracę. Klasycy w niewielkim tylko stopniu skupiali się na innych czynnikach, pomijali więc znaczenie czynników instytucjonalnych, wiedzy czy technologii. Czwarty czynnik produkcji w swoich rozważaniach wprowadził Alfred Marshall i była to organizacja. Następnie Joseph Schumpeter podjął rozważania na temat znaczenia przedsiębiorczości. W rozumieniu Schumpetera za sprawą przedsiębiorcy dokonującego innowacji stan równowagi jest zaburzany, a to pozwala nie tylko maksymalizować zyski, ale też jest impulsem dla całej gospodarki¹⁸⁰.

Odwołując się do początków historii myśli ekonomicznej, można znaleźć okresy, w których to ziemię uznawano za kluczowy czynnik produkcji. Zmieniło się to jednak z rozwojem gospodarki rynkowej, gdy spór dotyczący pierwszeństwa zaczął się toczyć pomiędzy kapitałem i pracą, a ziemia traciła na znaczeniu, co można zauważyć zwłaszcza w XIX-wiecznej teorii podziału. W wyniku tego pojawiły się przedstawienia dwuczynnikowej funkcji produkcji - na ogół jako funkcji kapitału oraz pracy¹⁸¹.

Piketty przypomniał, że wśród ekonomistów przez długi czas rozpowszechniona była opinia, że podział dochodu narodowego między pracę i kapitałem jest raczej stabilny, utrzymując się na poziomie dwie trzecie do jednej trzeciej. Współcześnie wiemy, że jest to bardziej skomplikowane. Zmienia się przecież sama struktura kapitału (z gruntowego i ziemskiego w kapitał przemysłowy, finansowy, nieruchomości), a także znaczenie pracy (jeśli prawdziwa jest hipoteza wzrostu znaczenia kapitału ludzkiego, mogłoby to oznaczać tendencję wzrostową udziału pracy).

Jednym z wyzwania wiążących się z określeniem udziału poszczególnych czynników produkcji w podziale dochodu jest prawidłowe przyporządkowanie tych dochodów, które

¹⁸⁰ Giza W., *Problem funkcjonalnego podziału dochodu w gospodarce opartej na wiedzy : perspektywa historii myśli ekonomicznej*, "Nierówności Społeczne a Wzrost Gospodarczy" 2007, nr 10.

¹⁸¹ Ibidem.

mogą być uznane równocześnie za dochód z pracy oraz dochód z kapitału. Problem ten jest mniej kluczowy niż w przeszłości z tego względu, że znaczna część prywatnej przedsiębiorczości zorganizowana jest w ramach spółek kapitałowych, a więc ich rachunki są jasno oddzielone od rachunków podmiotów, które wniosły w nie wkład kapitałowy. Szacuje się, że współcześnie w bogatych krajach około 10% produkcji krajowej realizowane jest przez pracowników samozatrudnionych w przedsiębiorstwach indywidualnych, podczas gdy w XVIII czy w XIX wieku dochody mieszane mogły stanowić nawet 50% dochodu narodowego¹⁸².

Gdy mowa o podziale, interesujący wydaje się nie tylko ten pomiędzy kapitał oraz pracę, ale też występujący w obrębie samej pracy. Potrzebę i korzyści wynikające z dzielenia pracy zauważono już za czasów Adama Smitha. Liczono, że specjalizacja z jednej strony umożliwi pracownikom na osiągnięcie wyższego stopnia opanowania swoich zadań niż w przypadku, gdy byliby oni odpowiedzialni za bardziej złożone procesy. Z drugiej natomiast miała ona pomóc w wykorzystaniu względnych zdolności każdego zatrudnionego przy wykonywaniu określonych prac. Zakładając, że pracownicy różnią się od siebie, można dojść do wniosku, że dokonanie podziału pracy na wiele mniejszych czynności pozwoli każdemu z nich skupić się na tych, w których ma przewagę komparatywną¹⁸³.

W literaturze można znaleźć badania nad obydwoma zakładanymi wyżej charakterystykami specjalizacji, które pokazują, jak bardzo zniuansowane jest to zagadnienie, zwłaszcza z perspektywy pobierających wynagrodzenie. U Murphy'ego (1986) pracownicy mierzą się z wysokim stopniem niepewności co do tego, który sektor pozwoli im na osiągnięcie wyższych zarobków, mniejsza specjalizacja wiąże się więc dla nich z mniejszym ryzykiem trafienia do niewłaściwej pracy¹⁸⁴. Podobnie u Kima (1989) wraz ze specjalizacją wzrasta ewentualny koszt niedopasowania do miejsc pracy, co dla pracowników może być powodem chęci ograniczania zdobywanych przez nich kwalifikacji, które są zbyt specjalistyczne¹⁸⁵. Ciekawą perspektywę zaproponowali także Becker i Murphy (1992), dla

¹⁸² Piketty T., *Kapitał w XXI wieku*, Wydawnictwo Krytyki Politycznej, Warszawa 2015.

¹⁸³ Matsui A., *Specialization of Labor and the Distribution of Income*, "Games and Economic Behavior" nr 33, 72-89, 2000.

¹⁸⁴ Murphy, K., *Specialization and Human Capital*, Ph.D. thesis, University of Chicago, 1986 [za:] Matsui A., *Specialization of Labor and the Distribution of Income*, "Games and Economic Behavior" nr 33, 72-89, 2000.

¹⁸⁵ Kim S., *Labor Specialization and the Extent of the Market*, Political Econ. 97,692-705, 1989.

których wzrost kosztów koordynacji wiążących się ze wzrostem skali specjalizacji może ograniczać jej przewagi¹⁸⁶.

Ekonomiści, zaczynając od Rosena (1978), a później także MacDonalda i Markusena (1985) starali się też włączyć koncepcję przewag komparatywnych do analizy optymalnej alokacji pracowników do wykonywanych przez nich zadań. Jedną z pierwszych analiz rozkładu zarobków w sytuacji, gdy zatrudnieni o różnych zdolnościach wybierają sektor, w którym chcą pracować, przeprowadził Roy (1951). Zgodnie z przyjętym przez niego założeniem nie występują ograniczenia co do liczby pracowników, która może zostać zatrudniona w danym sektorze. Odmienne podejście w tej kwestii zastosował Matsui (2000), który stwierdził, że proporcja osób przydzielonych do zadania powinna być taka sama dla wszystkich zadań. Powodem przyjęcia innego podejścia było to, że zazwyczaj mniej istotne zadania muszą być wykonane, by możliwe było zaistnienie tych o większej wartości, przypisane wszystkim pracownikom do zadań dających najlepsze wyniki pod względem wydajności nie ma więc sensu. Jest to ograniczenie, które zdaniem Matsui urzeczywistnia otrzymywane wyniki i ma realny wpływ na to jak faktycznie wygląda dystrybucja wynagrodzeń¹⁸⁷.

2.1.3 Zagadnienie nierówności w podziale dochodu

Pytaniem, które nasuwa się w sposób naturalny w kontekście ewentualnego wpływu robotyzacji na podział dochodu między pracę i kapitał, a także w obrębie samej pracy, jest to o nierówności. Generalnie makroekonomiści myślą o produkcji jako o wyniku połączenia zasobów kapitału fizycznego (a więc maszyn, konstrukcji - zarówno prywatnych, jak i publicznych) z pracą. Jeśli uznać roboty za inny rodzaj kapitału (konkretniej taki, który jest bliskim substytutem pracy), można stwierdzić, że produkcja nadal będzie wymagała wkładu tradycyjnego kapitału, jednak teraz mogą z nim pracować zarówno ludzie, jak i roboty. Kiedy więc roboty stają się wystarczająco produktywne, by zastępować pracę, produkcja na osobę rośnie. Równocześnie jednak mogą zwiększać się nierówności, gdyż¹⁸⁸:

¹⁸⁶ Becker G., Murphy K., *The Division of Labor, Coordination Costs, and Knowledge*, "Quart. J. Econ." nr 107, 1992 [za:] Matsui A., *Specialization of Labor and the Distribution of Income*, "Games and Economic Behavior" nr 33, 72-89, 2000.

¹⁸⁷ Matsui A., *Specialization of Labor and the Distribution of Income*, "Games and Economic Behavior" nr 33, 72-89, 2000.

¹⁸⁸ Ostry J.D., Loungani P., Berg A., *Confronting Inequality. How Societies Can Choose Inclusive Growth*, Columbia University Press, New York 2019.

- roboty zwiększają podaż całkowitej siły roboczej (na którą składają się pracownicy plus roboty),
- gdy inwestycje w roboty stają się opłacalne, może być zauważalne odchodzenie od inwestowania w kapitał tradycyjny, taki jak budynki czy konwencjonalne maszyny, co dodatkowo obniża popyt na pracowników zatrudnionych przy pracy z takim kapitałem; z czasem jednak, gdy zapas robotów rośnie, to samo dzieje się ze zwrotem z tradycyjnego kapitału (na przykład magazyny są bardziej przydatne, gdy pracują w nich samoobsługowe roboty), dlatego tradycyjne inwestycje też mogą rosnąć - z czasem obydwa typy kapitału rosną i zaczynają dominować; możliwe jest też ciągle zwiększanie produkcji, a z uwagi na to, że roboty nie konsumują, powstaje więcej dóbr do podziału,
- przy założeniu, że roboty i ludzie są bliskimi substytutami, zwiększa się presja na obniżkę płac - Ostry, Loungani i Berg dochodzą do wniosku, że w krótkim okresie wyższe inwestycje równoważą spadek konsumpcji, z czasem jednak udział właścicieli kapitału w dochodzie rośnie coraz bardziej, a przy spadających płacach praca staje się coraz mniejszą częścią ekonomii (podczas gdy kapitał jest bardziej nierówno dystrybuowany niż całkowity dochód, nierówności dochodowe rosną po wprowadzeniu robotów, gdy wzmacniają one udział kapitału),
- po uchyleniu założenia o bliskiej substytucji można stwierdzić, że kapitał w formie robotów nadal zastępuje pracowników i wytwarza presję na obniżki płac, jednak ludzie mają także swój kapitał w postaci umiejętności, które stają się jeszcze bardziej wartościowe, gdy zostają połączone z kapitałem tradycyjnym i możliwościami, jakie daje wykorzystywanie robotów.

Richard Freeman (2015) ocenia, że sytuacja, w której masowo wdrażane są roboty, nie różni się od tych obserwowanych w przeszłości. Do tej pory z postępem technicznym najczęściej łączyła się poprawa struktury prac, umożliwiał on bowiem przejście z wykonywania prac manualnych na stanowiska specjalistyczne oraz menedżerskie. Co więcej, w ubiegłych dekadach wskaźnik zatrudnionych do liczby populacji wzrastał. Odpowiadając na pytanie o to dlaczego teraz nie miałyby być inaczej, Freeman przywołuje teorię przewag komparatywnych. W przypadku handlu międzynarodowego teoria ta służy wyjaśnieniu dlaczego kraje mające bezwzględną przewagę w produkcji wszystkich dóbr nie przejmują całej produkcji z krajów mniej produktywnych. Tymczasem wszystkie państwa

czerpią korzyści ze specjalizacji w tych sektorach, w których mają przewagę komparatywną. Sugeruje to, że w świecie, gdzie roboty mają wyższą produktywność od ludzi w wykonywaniu wszystkich prac, człowiek nadal może wykonywać te czynności, w których ma przewagę względną. Roboty mogą być wykorzystywane przy aktywnościach, w których ich produktywność jest największa, podczas gdy ludzie pracują w tych obszarach, gdzie ich braki są najmniejsze. Rezultat takiego podziału będzie lepszy niż w sytuacji, gdyby roboty wykonywały wszystkie zadania. Jak zauważa Freeman, teoria ta nie gwarantuje jednak, że zajęcia, które przypadną w takiej sytuacji człowiekowi, zapewnią mu dobrą płacę oraz odpowiednie warunki. Nie istnieje reguła, która mówiłaby o tym, że to człowiek powinien projektować samochody, a maszyna będzie lepsza na linii montażowej, przy ich budowie. Alokacja pracy miałaby zależeć tylko od relatywnej produktywności, a więc od kierunków rozwoju technologii - od tego w jaki sposób będzie ona w przyszłości wykonywać czynności manualne czy przekształcać informacje w działanie¹⁸⁹. Świat, w którym o podziale zadań decydują przewagi komparatywne, nie jest światem bez pracy, ale takim, w którym ewentualne zagrożenie to spadające zarobki pracowników, gdy roboty przejmują coraz większy udział prac wymagających wysokiej produktywności, a coraz większy udział dochodu przypada właścicielom maszyn. Z uwagi na fakt, że kapitał jest bardziej skoncentrowany niż praca, trend ten prowadziłby do pogłębiania się nierówności. Stwierdzenie, że dochód będzie w coraz większym stopniu transferowany do właścicieli robotów i innych form kapitału, kosztem dochodów z pracy, Freeman uznał za jedno z trzech praw robonomiki. W dwóch pozostałych wskazał on w jaki sposób należy myśleć o dynamice tego procesu¹⁹⁰:

- maszyny będą stawać się coraz lepszymi substytutami pracy ludzkiej (będzie się więc zwiększać elastyczność substytucji między robotami i ludzką pracą),
- koszt zastępowania ludzi robotami będzie spadał (rozwój technologii powoduje spadek kosztów, w tym przypadku wywierający presję na obniżki płac).

L. Summers (2013) zastępowanie ludzkiej pracy kapitałem widział jako jedną z jego ról (obok tej bezpośredniej w sferze funkcji produkcji). Zastępowanie to można widzieć jako wykorzystywanie robotów, ale przyjmuje ono też inne formy. Generalnie sytuacja, gdy zaczynamy widzieć roboty przy wykonywaniu zadań, które do tej pory były zarezerwowane

¹⁸⁹ Freeman R., *Who owns the robots rules the world*, "IZA World of Labor" nr 5, 2015.

¹⁹⁰ Ibidem.

dla ludzi, zależy od względnych kosztów kapitału oraz pracy. Możemy się spodziewać, że istnieje pewna progowa wartość stosunku kosztów pracy i kapitału, po przekroczeniu której angażowanie robotów staje się opłacalne. Jeśli więc $1/A$ pracowników wnosi wkład równy temu, co produkuje $1/B$ robotów, roboty nie będą angażowane o ile stosunek płacy do stopy zwrotu wynosi mniej niż A/B ¹⁹¹. Kiedy roboty zaczynają zastępować ludzi w wykonywaniu ich pracy, obserwujemy wzrost w gospodarce, ilość kapitału przypadającego na osobę rośnie, natomiast stosunek płacy do stopy zwrotu pozostaje bez zmian. Mamy do czynienia z podstawowym dylematem dystrybucji: korzyści ze wzrostu płyną w coraz większym stopniu z zysków. Na tej podstawie Meade dochodzi do wniosku, że automatyzacja doprowadzi do wzrostu nierówności¹⁹².

Teoretycznie występują też siły, które działają na rzecz równości. Rozwój technologii produkcji może wymuszać na pracownikach doskonalenie swoich kompetencji, co w konsekwencji doprowadzi do wzrostu udziału pracy w dochodzie. Zjawisko to nazywamy “hipotezą wzrostu znaczenia kapitału ludzkiego”¹⁹³. Zasadne wydaje się tutaj jednak pytanie o to która tendencja jest silniejsza: wzrost znaczenia pracy czy kapitału?

Piketty, rozważając dlaczego jest to zagadnienie, które interesuje ekonomistów, wskazuje że dzieje się tak z powodu tego, że korzyści z postępu rozkładają się nieproporcjonalnie. Rewolucja przemysłowa doprowadziła do zaostrzenia konfliktu między pracą i kapitałem dlatego, że pojawiły się bardziej niż wcześniej kapitałochłonne formy produkcji, a równocześnie zostały zawiedzione nadzieje na bardziej sprawiedliwy podział.

Gdyby własność kapitału była podzielona równo, problematyka podziału na płace oraz zyski nie byłaby tak interesująca. Podział ten budzi jednak zainteresowanie, gdyż nierówności majątkowe (a przecież z nich wywodzą się dochody z kapitału) były do tej pory zawsze większe niż nierówności płac (dochodów z pracy). Z tego względu uważa się, że wzrost udziału kapitału w dochodzie wiąże się co do zasady ze wzrostem nierówności. Trzeba też jednak wspomnieć, że wysoki udział dochodu z kapitału nie jest jednoznacznie negatywny z uwagi na fakt, że gdyby całość produkcji była dystrybuowana w postaci płac, a kategoria zysków w ogóle by nie istniała, pozyskiwanie kapitału na finansowanie nowych przedsięwzięć byłoby znacznie większym wyzwaniem. Ważnym argumentem na rzecz

¹⁹¹ Summers L., *Economic Possibilities for Our Children*, <https://www.nber.org/reporter/2013number4/economic-possibilities-our-children> [dostęp: 04.04.2021].

¹⁹² Meade J.E., *Liberty, Equality and Efficiency*, Palgrave Macmillan, Londyn 1993.

¹⁹³ Piketty T., *Kapitał w XXI wieku*, Wydawnictwo Krytyki Politycznej, Warszawa 2015.

wysokich dochodów z kapitału jest też fakt, że część tego, co traktujemy jako dochody z kapitału, jest w rzeczywistości wynagrodzeniem za pracę przedsiębiorczą¹⁹⁴. Równocześnie, co należy podkreślić, wzrost udziału pracy w dochodzie, nie zawsze oznacza automatyczny spadek poziomu nierówności.

Chociaż aktualnie nierówności dochodów z pracy wydają się niegroźne w porównaniu z tymi z kapitału, nie mamy podstaw, by zakładać, że w przyszłości będzie podobnie. Generalnie ich istnienie tłumaczone jest za pomocą teorii wyścigu między technologią oraz edukacją, która została oparta na dwóch hipotezach. Pierwsza z nich mówi o tym, że wynagrodzenie pracownika jest równe jego krańcowej produktywności. Druga z kolei kładzie nacisk na wydajność, zakładając, że zależy ona od kwalifikacji, jak i również od popytu i podaży tych kwalifikacji w konkretnym społeczeństwie. Oznacza to, że popyt na kwalifikacje, a także ich podaż to podstawowe siły kształtujące nierówności płac. Idąc dalej, podaż zależy od dostępności i jakości systemu nauczania, a także od tego w jaki sposób można uzupełnić je odpowiednim doświadczeniem zawodowym. Z kolei popyt jest pochodną stanu technologii umożliwiających produkcję (na przykład rozwój rynku robotów przemysłowych wiąże się ze wzrostem popytu na kwalifikacje związane z ich projektowaniem czy obsługą, serwisem). Elementy te oczywiście są kształtowane w różny sposób - system kształcenia zależy w dużym stopniu od prowadzonej polityki publicznej, a postęp od tempa innowacji. W tak zdefiniowanym świecie wyścig między edukacją i technologią trwa nieprzerwanie. Jeśli podaż nowych kwalifikacji nie rośnie tak szybko jak zapotrzebowanie na nie, nierówności płacowe rosną. Uniknięcie tego wymaga zwiększenia dostępu do odpowiedniego kształcenia większej grupie ludzi. Oznaczałoby to, że najlepszym sposobem zmniejszania nierówności płacowych jest inwestowanie w kształcenie¹⁹⁵.

W przeszłości wielu ekonomistów przewidywało, że niewielka grupa społeczna będzie sobie przywłaszczać rosnącą część produkcji oraz dochodu. U Ricardo mieli to być właściciele ziemscy, korzystający na długoterminowym wzroście cen ziemi oraz poziomu renty gruntowej. Swój wywód Ricardo oparł na zaczerpniętym od Malthusa przekonaniu, że liczba ludności będzie stale rosła. Podobnie miało się dzieć z produkcją, podczas gdy ziemia ma tendencję do stawiania się dobrem coraz rzadszym w stosunku do innych. Oznacza to stały wzrost cen ziemi, a także czynszów płaconych właścicielom ziemskim. Mieliby oni

¹⁹⁴ Piketty T., *Kapitał w XXI wieku*, Wydawnictwo Krytyki Politycznej, Warszawa 2015.

¹⁹⁵ Ibidem.

więc otrzymywać coraz większy odsetek dochodu narodowego. Rozwiązaniem tego problemu zaproponowanym przez Ricardo miał być podatek od renty gruntowej, którego wysokość miała wzrastać stale. Przewidywania co do zmian wysokości tej renty w czasie nie sprawdziły się jednak. Ciągłe wzrosty zostały zahamowane przez zmniejszające się znaczenie rolnictwa w dochodzie narodowym. Piketty zauważa, że współcześnie w modelu Ricardo należałoby zastąpić ceny gruntów cenami nieruchomości w wielkich metropoliach lub cenami ropy naftowej¹⁹⁶. W kontekście wdrażania robotów wydaje się, że stałe wzrosty moglibyśmy obserwować u właścicieli kapitału kosztem właścicieli pozostałych zasobów wykorzystywanych w produkcji.

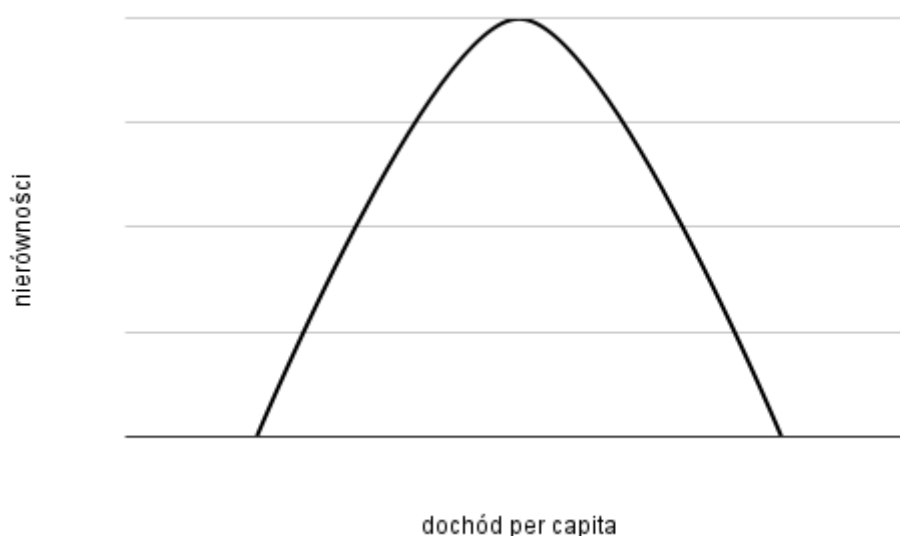
Marks również widział jedną grupę korzystającą na rozwoju przemysłu i innowacjach technicznych kosztem nędzy mas - kapitalistów. Mimo wzrostu, a nawet poniekąd z jego powodu, warunki życia pracowników ulegały pogorszeniu (*nowa nędza miejska*). Aż do drugiej połowy XIX wieku w statystykach nie było widać wzrostu siły nabywczej płac. Udział kapitału w dochodzie narodowym zmniejszył się w ostatnich dekadach tego wieku, jednak jak wskazuje Piketty, przed I wojną światową nie nastąpiło strukturalne zmniejszenie nierówności. Nierówności stabilizowały się na wysokim poziomie, a do ich zmniejszenia doprowadziły dopiero wstrząsy spowodowane wybuchem wojny. Jeszcze przed nią, w kontekście postępującej nędzy mas przy równoczesnym wzroście gospodarczym, rozwijały się ruchy komunistyczne i socjalistyczne. Wtedy też Karol Marks analizował dynamikę kapitału, zakładając że jest on głównie przemysłowy (tj. maszyny czy wyposażenie), nie zaś gruntowy. Marks doszedł do wniosku, że kapitał może się akumulować w sposób nieograniczony. Zgodnie z jego przewidywaniami prowadzi to do dwóch możliwości: stopy zwrotu z kapitału zaczną spadać (zmniejszy to siłę napędową akumulacji i doprowadzi do konfliktów między samymi kapitalistami) lub udział kapitału w dochodzie będzie dążył do całości (doprowadzi to ostatecznie do buntu mas). Marks, podobnie jak wielu ekonomistów, nie badał możliwości nieustannego postępu technicznego, a więc i stałego wzrostu wydajności¹⁹⁷.

Kuznets, w przeciwieństwie do Ricardo i Marksa, doszedł do wniosku, że problem nierówności nie jest kwestią, która powinna niepokoić. Zgodnie z teorią Kuzneta

¹⁹⁶ Jung J.H., Lim D.G., *Industrial robots, employment growth, and labor cost: A simultaneous equation analysis*, "Technological Forecasting & Social Change" nr 159, 2020.

¹⁹⁷ Piketty T., *Kapitał w XXI wieku*, Wydawnictwo Krytyki Politycznej, Warszawa 2015.

nierówności zmniejszają się samoczynnie w zaawansowanych stadiach kapitalizmu, by ustabilizować się na poziomie, który można uznać za akceptowalny. Kuznets oparł swoje wnioski na statystycznej analizie podziału dochodu, a jego praca wywarła ogromny wpływ w drugiej połowie XX wieku na myślenie o nierównościach. Dostrzegł on spadek nierówności w Stanach Zjednoczonych w latach 1913-1948. Warto podkreślić, że spadek ten był w dużej mierze spowodowany kryzysem lat 30. i II wojną światową, oszacowane wyniki nie stanowiły więc podstawy do jakichkolwiek uogólnień¹⁹⁸.



Rysunek 1.1. Krzywa Kuznetsa

Źródło: opracowanie własne.

Jak obrazuje to krzywa przedstawiona na *Rysunku 1.1*, nierówności miałyby się układać w kształt “krzywej dzwonowej”, to znaczy najpierw rosnąć, a potem - wraz ze wzrostem dochodu per capita - systematycznie maleć. Zdaniem Kuznetsa nierówności rosły w pierwszej fazie industrializacji, by następnie zmniejszać się w zaawansowanych fazach rozwoju.

Jak można więc zauważyć, na początku XX wieku przeważał optymizm i przewidywania dotyczące niekontrolowanych wzrostów nierówności straciły popularność. Nastąpił też wtedy rozwój sposobów mierzenia nierówności. Starano się przede wszystkim

¹⁹⁸ Piketty T., *Kapitał w XXI wieku*, Wydawnictwo Krytyki Politycznej, Warszawa 2015.

określić czym ona dokładnie jest oraz jak można ją badać. Do najpopularniejszych miar należą¹⁹⁹:

- krzywa Lorenza - może być wykorzystywana w celu liczbowego wyrażenia nierównomierności zarobków, a także koncentracji kapitału; jej nachylenie pod kątem 45 stopni oznacza równomierny rozkład dochodów (na przykład 50% społeczeństwa otrzymuje 50% dochodów),
- współczynnik Giniego - nazywany wskaźnikiem nierówności społecznej; pozwala on sprawdzić do jakiego stopnia dystrybucja dochodu pomiędzy jednostkami czy gospodarstwami domowymi w danej ekonomii różni się od idealnie równej dystrybucji. Im jest wyższy tym nierówności w dochodach większe,
- wskaźnik udziału w dochodzie przypadającego najbogatszemu odsetkowi populacji, na przykład najbogatszym 10% populacji,
- udział w dochodzie przypadający pracy - rozumiany jako udział płac w przeciwieństwie do innych form uzyskiwania dochodu, a więc zysków i rent,
- miara Shtuza, zwana też indeksem Hoovera albo Robin-Hooda - odnosi się do tego jaki procent pieniędzy należałoby przetransferować od osoby bogatej do biedniejszej, żeby uzyskać całkowitą równość (w zgodzie z kryterium transferu Pigou-Daltona mówiącym o tym, że każdy transfer dochodu od bogatego do biedniejszego prowadzi do zmniejszenia nierówności pod warunkiem, że nie zmienia uporządkowania tych osób pod względem dochodów).

Dystrybucja dochodów w ostatnim stuleciu ulegała zmianom w wielu krajach. W połowie ubiegłego wieku można było odnieść wrażenie, że z czasem dochody będą coraz równiej dystrybuowane. Heidensohn ustalił (badając dane dla 17 krajów), że w latach 1948-1963 miała miejsce tendencja wzrostowa względnego udziału pracy w dochodzie²⁰⁰. Atkinson zauważył, że chociaż po II wojnie światowej można było zaobserwować wzrost najwyższych zarobków (co nie miało jeszcze nic wspólnego z globalizacją czy nowymi technologiami, gdyż rozpiętość płac powiększała się jeszcze zanim uruchomiono pierwszy komercyjny komputer), nie obserwowano wzrostu nierówności w dochodach gospodarstw domowych. Czynnikiem wyrównującym zdaniem Maxwella było to, że w rynku pracy zaczął

¹⁹⁹ Ostry J.D., Loungani P., Berg A., *Confronting Inequality. How Societies Can Choose Inclusive Growth*, Columbia University Press, New York 2019.

²⁰⁰ Heidensohn K., Labour's Share in National Income- A Constant?, "The Manchester School" 1969, vol. 37, nr 4.

uczestniczyć relatywnie wysoki odsetek kobiet z mężami o niskich zarobkach²⁰¹. W czasie po II wojnie światowej zwiększaniu się nierówności w Stanach Zjednoczonych zapobiegały również transfery rządowe i wysokie podatki (najwyższa stawka podatkowa od dochodu wynosiła średnio 75%). W latach 70. dochody inne niż te pochodzące z pracy zaczęły dominować wśród najbogatszych. W kolejnej dekadzie wartości współczynnika Giniego zaczęły rosnąć, a udział górnego 1% w dochodach powrócił do wartości z początków stulecia. Równocześnie zaczęto też dostrzegać wzrost ubóstwa²⁰². Pod wpływem tych zmian powrócono do dyskusji na temat nierówności w podziale dochodu.

Dlaczego problematyka nierówności miałaby nas interesować współcześnie, właśnie w kontekście rozwoju robotyzacji? Stiglitz argumentuje to wskazując, że tworzenie wartości rynkowej stało się niezależne od tworzenia nowych miejsc pracy. Nie ma więc powodu, by nadal sądzić, że zgodnie z teorią skapywania pieniądze zarobione przez najbogatszych przełożą się na wzrost inwestycji z korzyścią dla wszystkich. Aktualnie pieniądze są lokowane tam, gdzie perspektywa rentowności jest największa, niekoniecznie wiąże się to z tworzeniem nowych miejsc pracy, a nawet utrzymywaniem tych już istniejących. Inwestycje w roboty są tego najlepszym przykładem: nie można wykluczyć, że ich zakup prowadzi do zastępowania siły roboczej. Stiglitz stwierdza, że popularyzowanie poglądu, że jest to korzystne dla wszystkich, służy utrzymywaniu niskich podatków od zysków kapitałowych, które jego zdaniem powinny wzrosnąć, gdyż zyski te pochodzą z dużym stopniem ze spekulacji, które destabilizują gospodarkę²⁰³.

Atkinson (2017) zauważa, że gdy mowa o podejmowaniu działań redystrybucyjnych, najczęściej mamy na myśli przeciwdziałanie temu rodzajowi nierówności, który dotyczy wyników *ex post* (chodzi więc o nierówności wyników, nie zaś nierówności szans). Jego zdaniem o wyniki powinniśmy dbać z trzech powodów²⁰⁴:

1. Większość z nas nie zgodzi się ze stwierdzeniem, że można zignorować to co stanie się po rozpoczęciu wyścigu. Nawet jeśli *ex ante* mamy do czynienia z równością szans, dla niektórych wyniki oznaczają nędzę, nie jest to więc sytuacja, którą akceptujemy jako społeczeństwo.

²⁰¹ Maxwell N.L., *Changing Female Labor Force Participation: Influences on Income Inequality and Distribution*, Social Forces 1990, Vol. 68, nr 4.

²⁰² Atkinson A.B., *Nierówności. Co da się zrobić?*, Wydawnictwo Krytyki Politycznej, Warszawa 2017.

²⁰³ Stiglitz J.E., *Cena nierówności*, Wydawnictwo Krytyki Politycznej, Warszawa 2015.

²⁰⁴ Ibidem.

2. Równość szans oznaczałaby jedynie takie same możliwości wzięcia udziału w wyścigu, nadal jednak występowałby problem nierównej dystrybucji nagród - jest to kwestia zwykle konstruowana społecznie (konwencje decydują o tym co otrzyma zwycięzca: laur czy może milion dolarów).
3. Nierówność wyników wpływa bezpośrednio na równość szans dla kolejnych pokoleń, gdyż ci, którzy wygrywają dzisiejsze wyścigi, w przyszłości dadzą przewagę swoim dzieciom.

Pickett i Wilkinson (2011) zainteresowanie możliwościami zmniejszania nierównościami argumentują tym, że ich wzrost wiąże się z osłabieniem spójności społecznej. Wymieniają oni wiele negatywnych skutków takich jak wzrost przestępczości, choroby, a nawet przypadki otyłości i inne problemy społeczne²⁰⁵. Christine Lagarde podkreśliła z kolei ekonomiczne konsekwencje wzrostu poziomu nierówności, stwierdzając, że nie trzeba być altruistą, by dostrzec korzyści z podejmowania działań mających na celu podnoszenie dochodów biednych i klasy średniej. Stwierdzenie to odnosi się do badań przeprowadzonych przez MFW, z których wynika, że mniejszy poziom nierówności jest powiązany z bardziej zrównoważonym wzrostem i większą stabilnością makroekonomiczną. Lagarde komentuje to w następujący sposób: “Innymi słowy, jeśli chcesz zobaczyć bardziej trwały wzrost, musisz wygenerować bardziej sprawiedliwy wzrost”. Badania MFW pokazują, że podniesienie udziału najbiedniejszych i klasy średniej w dochodzie o jeden punkt procentowy prowadzi do wzrostu PKB o 0.38 punktu procentowego w ciągu pięciu lat. Z drugiej strony wzrost udziału najbogatszych o jeden punkt procentowy prowadzi do spadku PKB o 0.08 punktu procentowego²⁰⁶. Atkinson tłumaczy, że nadmierna nierówność redukuje sumę korzyści, gdyż użyteczność dodatkowej jednostki dochodu jest niższa dla tych, którzy mają go więcej²⁰⁷. Dalton (1920) tłumaczył to na przykładzie transferu jednego funta od osoby bogatej do takiej, która ma gorszy status materialny. Jeśli wszystkie inne czynniki pozostają bez zmian, zmniejsza to nierówność i zwiększa ogólną sumę korzyści²⁰⁸. Pozostaje jednak pytanie o to czy utylitaryzm jest właściwym podejściem w przypadku gdy naszym celem jest ocena nierówności. Arthur Okun poszedł o krok dalej i odwołując się do przykładu

²⁰⁵ Pickett K., Wilkinson R., *Duch równości. Tam gdzie panuje równość wszystkim żyje się lepiej*, Wydawnictwo Czarna Owca, Warszawa 2011.

²⁰⁶ IMF Survey., *All Will Benefit from Steps to Cut Excessive Inequality—Lagarde*, <https://www.imf.org/en/News/Articles/2015/09/28/04/53/sonew061715a> [dostęp: 12.04.2021].

²⁰⁷ Atkinson A.B., *Nierówności. Co da się zrobić?*, Wydawnictwo Krytyki Politycznej, Warszawa 2017.

²⁰⁸ Dalton H., *The Measurement of the Inequality of Incomes*, “The Economic Journal” 1920, Vol. 30, No. 119.

Daltona zadał pytanie: co by się stało gdyby część tego funta została po drodze zgubiona? Jego eksperyment z przeciekającym wiadrem miał pokazywać o ile ważniejsze są dochody odbiorcy w zestawieniu z dochodami dawcy (skoro uznajemy transfer za zasadny mimo utraty części środków). Zakładając że wycieknie połowa, mielibyśmy stwierdzić, że dochody odbiorcy mają dwa razy większą wagę²⁰⁹.

Po prześledzeniu historii nierówności Piketty dochodzi do wniosków, że ich redukcja w przeszłości była przede wszystkim skutkiem wojen oraz prowadzonych polityk publicznych. Również wzrost tych nierówności w jego przekonaniu był w pewnym stopniu wynikiem “zakrętów politycznych”, zwłaszcza w sferze fiskalnej i finansowej. Historii tej nie można więc sprowadzać do tego w jaki sposób działają mechanizmy czysto ekonomiczne. Zależy ona w dużej mierze od wyobrażenia uczestników życia społecznego, politycznego, gospodarczego w kwestii tego co jest sprawiedliwe, od stosunku sił między nimi, a także od wynikających z tego zbiorowych decyzji. Piketty stwierdza wreszcie, że nie istnieje naturalny i spontaniczny proces, który pozwala na uniknięcie tendencji sprzyjającym nierównościom w sposób trwały. Stąd głównym zagrożeniem dla dynamiki podziału bogactw są siły dywergencji związane z procesem akumulacji, którego cechą jest słaby wzrost przy równoczesnej wysokiej rentowności kapitału²¹⁰.

Warto wspomnieć, że zdaniem niektórych ekonomistów wyzwania związane z dystrybucją nie powinny interesować przedstawicieli tej dziedziny. Robert Lucas stwierdził dla przykładu, że możliwość poprawy warunków, w jakich żyją biedni, poprzez wyszukiwanie nowych sposobów dystrybucji dochodu jest niczym w porównaniu z tym jakie szanse stwarza perspektywa nieograniczonego zwiększania produkcji²¹¹. Pytanie o to, czy postęp techniczny niweluje znacznie problemu dystrybucji, czyniąc tę kwestię nieistotną, pozostaje otwarte.

2.1.4 Przyjmowane metody szacowania udziału pracy w dochodzie narodowym

Ekonomiści długo nie uważali kwestii mierzenia udziału pracy w dochodzie narodowym za interesującą. Powodem było panujące od czasów Solowa przekonanie, że udział pracy jest statyczną częścią dochodu narodowego (waha się między 60 a 80%). W ostatnim czasie wzrosło jednak zainteresowanie niestabilnościami tej wartości. Podobnie

²⁰⁹ Acocella N., *Zasady polityki gospodarczej*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2002.

²¹⁰ Piketty T., *Kapitał w XXI wieku*, Wydawnictwo Krytyki Politycznej, Warszawa 2015.

²¹¹ Lucas R., *The Industrial Revolution: Past and Future*, <https://www.minneapolisfed.org/article/2004/the-industrial-revolution-past-and-future> [dostęp: 15.04.2021].

widoczne zróżnicowanie udziału pracy między poszczególnymi krajami (osiągającymi różne dochody) zachęciło część ekonomistów do pogłębienia badań i pracy nad metodologią określania udziału pracy.

Gdy mowa o operacjonalizacji badań mających na celu oszacowanie udziału pracy, na początku należy wspomnieć o konieczności obliczenia nieskorygowanego dochodu z pracy na bazie dostępnych rachunków narodowych. Wynagrodzenie pracowników najczęściej zestawia się z produktem krajowym brutto (Gollin (2002), IMF (2017), Cho, Hwang and Schreyer (2017)). Czasem dodatkowo odejmowana jest amortyzacja środków trwałych, co wydaje się dobrym podejściem, gdyż amortyzacja nie przypada w udziale właścicielom kapitału (Bridgman (2014)). Przeciwnicy jej uwzględniania wskazują jednak na kilka problemów, związanych przede wszystkim z trudnościami metodologicznymi (w podręczniku SNA 2008, UNSD i in. (2009) wskazuje się, że: „zużycie środków trwałych jest jedną z najtrudniejszych pozycji w rachunkach do koncepcyjnego zdefiniowania i oszacowania w praktyce”). Poza niepewnością estymacji podkreśla się, że gdy celem jest określenie udziału pracy, amortyzacja pozostaje nieistotna, gdyż mogłaby mieć wpływ jedynie na udział kapitału. Wśród argumentów wymienia się także ten dotyczący popularności metodologii opartej o określanie udziału pracy poprzez zestawienie wynagrodzeń pracowników (całkowite wynagrodzenie w zamian za pracę wykonaną w okresie rozliczeniowym; obejmujące zarówno pensję, jak i składki na ubezpieczenie społeczne opłacane przez pracodawcę) z produktem krajowym brutto. Co należy podkreślić, nieskorygowany udział dochodów z pracy w PKB pomija dochody z pracy osiągnięte przez osoby samozatrudnione²¹².

Dla większości badaczy nieskorygowany udział dochodów z pracy nie jest wystarczająco dobrym miernikiem, trwają więc poszukiwania metody najbardziej dokładnego obliczenia tego udziału z uwzględnieniem danych o dochodach z pracy osiągniętych przez osoby samozatrudnione. Z teoretycznego punktu widzenia nie jest to zadanie proste, gdyż dochody takie zawierają w sobie równocześnie element dochodu z pracy, jak i dochodu z kapitału. Dlatego też w praktyce stosowane są różne podejścia prowadzące do wyodrębnienia właściwych wartości. W wielu z nich przyjmowana jest strategia szacowania alternatywnego dochodu z pracy osób zatrudnionych. Jest to

²¹² The global labour income share and distribution. Data Production and Analysis Unit, ILO Department of Statistics, <https://www.ilo.org/ilostat-files/Documents/Labour%20income%20share%20and%20distribution.pdf> [dostęp: 13.04.2022].

dokonywane w oparciu o dochód mieszany Systemu Rachunków Narodowych, czyli dochód uzyskiwany z produkcji przedsiębiorstw, które nie mają osobowości prawnej, a które są własnością gospodarstw domowych (*ang. mixed income*). Zawiera on w sobie nieodpłatną pracę dostarczaną przez samego właściciela lub innych członków gospodarstwa domowego (zgodnie z szacunkami jest to przeważająca część dochodu mieszanego). Kategoria dochodów z pracy ujętych w dochodzie mieszanym została wykorzystana do zaproponowania wielu korekt nieskorygowanego udziału pracy w produkcji krajowym brutto. Ich elementem wspólnym jest fakt, że traktują wynagrodzenie pracowników jako dolny szacunek dochodu z pracy, podczas gdy wartość dochodu mieszanego jest przedstawiana jako górna granica dochodów z pracy osób samozatrudnionych. Wspomniane korekty bazują na podejściu zaproponowanym przez Gollina (2002). Obecnie jednak dominuje podejście, w którym nie wykorzystuje się dochodów mieszanych, a udział pracy jest określany na podstawie szacowania dochodów z pracy oraz udziału samozatrudnienia (mierzonego danymi z badań rynku pracy - jest to więc podejście, w którym zakłada się, że osoby prowadzące działalność na własny rachunek wypracowują przeciętnie takie samo wynagrodzenie za pracę jak odpowiadające im osoby zatrudnione).

Kolejną próbą uzupełnienia tej metodologii jest propozycja zastąpienia reguły kciuka (określającej zależności między wynagrodzeniem zatrudnionych oraz samozatrudnionych) podejściem opartym na danych. Dane z badań pracowniczych są w nim wykorzystywane do empirycznego określenia szacunków względnej płacy uzyskiwanej przez osoby samozatrudnione. To podejście, w którym zaleca się wykorzystywanie mikrodanych do szacowania dochodów z pracy samozatrudnionych, nie jest nowe. Zostało ono zastosowane już przez Younga (1996) przy gromadzeniu danych na temat względnych płac i przypisywaniu ich samozatrudnionym na podstawie podobieństw cech takich jak płeć, wiek, wykształcenie czy aktywność ekonomiczna²¹³.

Kwestią wymagającą doprecyzowania pozostaje przejście od obliczeń udziału pracy w produkcji krajowym brutto do zbliżonego miernika udziału pracy w dochodzie narodowym. Pierwszym z dodatkowych kroków, jakie wykonuje się w tym celu, jest obliczenie produktu krajowego brutto w cenach czynników produkcji, a więc odjęcie

²¹³ Gomis R., *The global labour income share and distribution. Data Production and Analysis Unit*, ILO Department of Statistics, <https://www.ilo.org/ilostat-files/Documents/Labour%20income%20share%20and%20distribution.pdf> [dostęp: 13.04.2022].

podatków pośrednich pomniejszonych o dotacje, które nie są ani pracą, ani dochodem kapitału. Druga korekta dotyczy przejścia z produktu krajowego brutto do netto poprzez odjęcie amortyzacji, a następnie do dochodu narodowego netto. W ostatnim przypadku uwzględniane są kalkulacje dochodu zagranicznego netto. Po uwzględnieniu tych dostosowań uzyskuje się dochód narodowy netto w cenach czynników produkcji²¹⁴. Podejście to zastosował między innymi Fisher-Post (2020).

Podsumowując, w literaturze przedmiotu panuje zgoda co do wykorzystania produktu krajowego brutto (lub miar powiązanych) oraz wynagrodzeń pracowników jako bazy do obliczania udziału pracy. W badaniach wykorzystuje się dane z rachunków narodowych, gdyż są one najlepiej dopasowane do koncepcji ujmowanych w szacunkach. Jeśli chodzi o “wynagrodzenie pracowników”, jest to powszechnie akceptowalna miara dochodów z pracy. Analogicznie produkt krajowy brutto (mimo swoich ograniczeń) jest przyjmowany jako zagregowana miara wyników gospodarki. Oczywiście estymacje wykonane na tak dobranych danych mają ograniczenia wynikające z niemożliwości dokonania w praktyce dokładnego podziału na dochody z pracy oraz dochody z kapitału. Dystrybucja dochodu wewnątrz samej pracy również długo nie znajdowała się w obszarze zainteresowań ekonomistów. Wiele argumentów wspomnianych przy okazji omawiania problematyki udziału pracy w dochodzie ma zastosowanie także w tym przypadku. Z uwagi na fakt, że wynagrodzenie pracowników obejmuje łączny dochód osiągniany z pracy, warty zbadania wydają się też możliwości wykorzystania tej miary do określenia rozkładu dochodów pracowników.

Dotychczasowe próby estymacji udziału pracy obejmowały wspomniane już badanie Gollina (2002), a także Karabarounisa and Neimana (2014), którzy prześledzili zmiany tego udziału na przestrzeni 15 lat dla 60 krajów. Pominęli oni jednak w swoich kalkulacjach dochody mieszane, skupiając się na wynagrodzeniu pracowników. Odmienne podejście zastosował Fisher-Post (2020), który wykorzystał dane pochodzące z rachunków narodowych na temat dochodów mieszanych i uzupełnił brakujące informacje za pomocą zastosowanych procedur statystycznych²¹⁵. Gomis (2019) także uwzględnił w swoich szacunkach dochody z pracy uzyskiwane przez osoby samozatrudnione, szacowane poprzez przyporządkowanie odpowiednich wynagrodzeń uzyskiwanych przez pracowników o podobnych cechach.

²¹⁴ Fisher-Post M., *Factor Shares in the Long Run*, “WID.world WORKING PAPER” nr 3, 2020.

²¹⁵ Ibidem.

Wyniki uzyskiwane przez badaczy z wykorzystaniem opisanej metodologii sugerują, że stopień nierówności dochodów z pracy jest ujemnie skorelowany z dochodem narodowym (tłumaczy to średnie różnice w dochodach między krajami o różnym poziomie dochodu i powoduje nierówną dystrybucję globalnych dochodów z pracy). Obserwuje się również wzrost udziału dochodów z pracy u osób o najwyższych dochodach, podczas gdy dochody większości pozostałych pracowników spadają. Zmiany te nie zachodzą jednak w przypadku niektórych krajów, takich jak Stany Zjednoczone czy Niemcy, gdzie to klasa średnia jest tą, która traci kosztem zysków górnego decyla. Równocześnie dolne decyle nie doświadczają strat, a nawet osiągają względne zyski. Globalny dochód z pracy jest bardzo nierównomiernie dystrybuowany. Najwyższy decyl zarabiających otrzymuje niemal połowę całości w formie wynagrodzeń za pracę²¹⁶.

2.2 Podejścia do mierzenia wpływu robotyzacji na pracę oraz podział dochodu

Badania naukowe koncentrujące się na kwestii rozwoju robotyzacji i jej znaczenia w gospodarce można podzielić na dwie grupy. Do pierwszej zaliczają się te, w których stawiane są pytania o potencjał rozwoju omawianego zjawiska, jak i również o możliwości zastępowania pracowników robotami. Grupę drugą stanowią analizy dotychczas obserwowanego wpływu robotyzacji na rynek pracy, a więc na popyt na pracę czy na wynagrodzenia. Przykłady badań zaliczających się do tych kategorii zostaną omówione poniżej. Ponadto zostanie wskazane jeszcze jedno podejście do mierzenia tego jak roboty oddziałują na pracę, które nie jest powszechnie stosowane, a które można uznać za alternatywę dla wskazanych wcześniej: dotyczy to eksperymentów.

2.2.1 Szacowanie aktualnego stanu zjawiska oraz określanie potencjału jego rozwoju w przyszłości

Jednym z pierwszych pytań, jakie zaczęto stawiać w kontekście wpływu robotyzacji na gospodarkę, było to o potencjał rozwoju zjawiska, a zwłaszcza podatności współcześnie istniejących zawodów na robotyzację. Susskind (2017) stwierdził, że chociaż trudno określić zakres zadań wykonywanych w przyszłości przez roboty, może on być znaczny. Wynika on z rozróżnienia na kapitał tradycyjny, a także zaawansowany i faktu, że ten drugi rozwija się

²¹⁶ The global labour income share and distribution. Data Production and Analysis Unit, ILO Department of Statistics, <https://www.ilo.org/ilostat-files/Documents/Labour%20income%20share%20and%20distribution.pdf> [dostęp: 13.04.2022].

w coraz szybszym tempie. Kapitał tradycyjny odnosi się do maszyn, które nie wykonują tego samego rodzaju zadań co pracownicy, natomiast za zaawansowany można uznać roboty radzące sobie z zadaniami będącymi domeną człowieka. Pierwszy stanowi rodzaj dopełnienia, natomiast drugi może pracować bez udziału ludzi²¹⁷.

Najgłośniej komentowane badanie kwantyfikujące co postęp technologiczny oznacza dla przyszłości zatrudnienia, przeprowadzili wspomniani już Frey i Osborne (2013). W swojej analizie oszacowali oni liczbę zagrożonych miejsc pracy, a także zbadali zależności między prawdopodobieństwem komputeryzacji, wysokością wynagrodzeń oraz wymaganiami związanymi z wykształceniem w danej profesji na przykładzie Stanów Zjednoczonych. Komputeryzacją nazwali oni automatyzację pracy za pomocą urządzeń, które są sterowane komputerowo. Swoje szacunki oparli na ustaleniu jakie problemy muszą zostać rozwiązane, by automatyzacja określonych zawodów była możliwa. Opierając się na tych ustaleniach, przyjęli założenia dotyczące tego jakie zadania komputery będą w stanie wykonywać, a następnie na ich podstawie oraz w oparciu o obiektywną klasyfikację 702 zawodów zgodnie z kombinacją wiedzy, a także umiejętności, których one wymagają, stworzyli subiektywną kategoryzację. W przypadku 70 zawodów dokonano ręcznego oznaczenia (1 dla zawodów podlegających automatyzacji oraz 0 dla tych, których nie można zastąpić) na podstawie odpowiedzi specjalistów na pytanie: "Czy zadania wykonywane w ramach tego zawodu mogą być dostatecznie określone, w zależności od dostępności dużych zbiorów danych, by mogły być wykonywane przez najnowocześniejszy sprzęt sterowany komputerowo?". W przypadku pozostałych zawodów w celu dokonania oceny posłużono się zmiennymi odpowiadającymi wąskim gardłom automatyzacji, a więc opisującymi percepcję i manipulację, kreatywność, a także inteligencję społeczną. Prawdopodobnie błędne etykiety przypisane w ten sposób zostały następnie skorygowane. Zgodnie z szacunkami Frey'a i Osborne'a zagrożonych zastąpieniem jest około 47% stanowisk w Stanach Zjednoczonych. Badacze dostarczyli również empirycznego dowodu na to, że istnieje negatywna zależność między prawdopodobieństwem komputeryzacji oraz płacami i wykształceniem²¹⁸. Warto podkreślić, że w badaniach skupili się oni na możliwościach komputeryzacji, nie tym do jakiego stopnia zostanie ona faktycznie

²¹⁷ Susskind D., *A model of technological unemployment*, "Oxford University Discussion Paper" 2017, nr 819.

²¹⁸ Frey C.B., Osborne M.A., *The future of employment: how susceptible are jobs to computerisation?*, Oxford Martin School, Oxford 2013.

przeprowadzona, pominieli więc dodatkowe czynniki, od których będzie zależeć zakres oraz czas rozwoju zjawiska.

Wpływ tak rozumianej komputeryzacji na wyniki rynku pracy był od tego czasu wielokrotnie szacowany. Część badaczy przyjęła, że różnice między poszczególnymi krajami jeśli chodzi o odsetek zawodów podlegających komputeryzacji wynikają jedynie z rozdziwisku w strukturze zawodowej, a kwestia możliwości automatyzacji wszędzie wygląda tak samo. Po uwzględnieniu tego założenia Pajarinen i Rouvinen (2014) otrzymali wynik 35% dla Finlandii, a Brzeski i Burk (2015) 59% dla Niemiec. Z kolei Bowles (2014) stwierdził, że odsetek zawodów podatnych na komputeryzację dla całej Europy waha się między 45% a 60%, a najbardziej narażone są stanowiska w krajach znajdujących się na peryferiach Unii Europejskiej²¹⁹. DeCanio (2016) uzyskał podobne prognozy, które sugerują, że 40-50% siły roboczej możemy uznać za podatną na zastąpienie w najbliższych dekadach. Odsetek ten jest jeszcze wyższy w przypadku niektórych krajów rozwijających się²²⁰.

Wyniki otrzymywane przez badaczy nie zawsze jednak były tak spójne. Arntz, Gregory i Zierahn (2016), w przeciwieństwie do Frey'a i Osborne'a, oszacowali, że tylko 9% zawodów potencjalnie podlega automatyzacji²²¹. W ich opinii wcześniejsze szacunki były zawyżone, gdyż koncentrowały się na poszczególnych zawodach, a nie wykonywanych w ich ramach zadaniach. Schodząc na poziom zadań, Arntz, Gregory i Zierahn zaprezentowali ostrożniejsze prognozy. Wykorzystali oni indywidualne dane ankietowe dotyczące zadań, które ludzie faktycznie wykonują w miejscu pracy. Dzięki temu mogli wziąć pod uwagę różnice w zadaniach realizowanych przez jednostki w ramach tego samego zawodu. Oszacowali oni ryzyko automatyzacji prac w 21 krajach OECD opierając się na podejściu Frey'a i Osborne'a, z tą jednak różnicą, że zamiast zakładać, że zawody są zastępowane przez maszyny, przyjrzeni się zadaniom, które faktycznie mogą zostać zautomatyzowane. Zwrócili oni uwagę na dwie istotne kwestie: po pierwsze, można zauważyć wyraźne różnice pomiędzy krajami. Podczas gdy w Estonii można potencjalnie zautomatyzować 6% stanowisk, w Niemczech i Austrii jest to 12%. Podobne wyniki dla Niemiec otrzymali Dengler i Matthes (2015), którzy ustalili, że 15% miejsc pracy w Niemczech podlega

²¹⁹ Bowles J., *The computerisation of European jobs*,

<https://www.bruegel.org/2014/07/the-computerisation-of-european-jobs/> [dostęp: 30.04.2020].

²²⁰ DeCanio R., *Robots and humans - complements or substitutes*, "Journal of Macroeconomics" 2016, nr 49.

²²¹ Arntz M., Gregory T., Zierahn U., *The Risk of Automation for Jobs in OECD Countries: A Comparative Analysis*, "OECD Social, Employment and Migration Working Papers" 2016, nr 189.

automatyzacji. Zaobserwowane różnice w poszczególnych krajach mogą wynikać z innego podejścia do organizacji miejsc pracy, ale także wcześniejszych inwestycji w dostępne technologie albo różnic w poziomie edukacji pracowników. Druga obserwacja Arntza, Gregory'ego i Zierahna dotyczyła tego, że automatyzacja prawdopodobnie nie zniszczy znaczącej liczby miejsc pracy. Najprawdopodobniej jednak pracownicy o niskich kwalifikacjach będą tymi, którzy poniosą w związku z nią ciężar kosztów dostosowawczych. Ich zdaniem wyzwaniem przyszłości w związku z tym będzie rozwiązanie problemu rosnących nierówności, a także edukacji pracowników nieposiadających wystarczających kwalifikacji²²².

2.2.2. Określanie dotychczasowego wpływu robotyzacji na popyt na pracę i na wynagrodzenia

W dotychczasowych badaniach koncentrowano się nie tylko na potencjale automatyzacji rynku pracy, ale też faktycznych zmianach w tym zakresie. Acemoglu (2000) zwrócił uwagę, że zmiany wynagrodzeń oraz zwrotów z nauki wskazują, że postęp techniczny pod koniec XX wieku był oparty przede wszystkim na umiejętnościach. Stwierdził on też, że wzrost nierówności jest najpewniej spowodowany przyspieszeniem tego nastawienia na umiejętności²²³. Przyjmowana od tego czasu hipoteza zmiany technicznej opartej na umiejętnościach wskazywała, że technologia jest komplementarna względem pracy wykwalifikowanych pracowników, nie ma więc mowy o zastępowaniu pracy ludzkiej kapitałem technologicznym. Z czasem jednak zaczęto uważać, że zmiany mogą prowadzić do wypierania pracowników, w szczególności w przypadku zadań rutynowych. Wspomniana już hipoteza zmian technologicznych zastępujących rutynowe prace (RRTC) przewiduje zwiększanie popytu na pracę nierutynową w stosunku do zadań rutynowych (Acemoglu i Autor 2011, Autor 2013). Dostarcza ona więc ważnych informacji na temat potencjalnego wpływu robotyzacji na względny popyt na pracę w poszczególnych grupach ze względu na poziom umiejętności oraz wykonywany zawód²²⁴.

Graetz i Michaels (2018) jako pierwsi posłużyli się danymi na temat wykorzystania robotów przemysłowych, by oszacować wpływ robotyzacji na wydajność pracy. Zgodnie

²²² Arntz M., Gregory T., Zierahn U, *The Risk of Automation for Jobs in OECD Countries: A Comparative Analysis*, "OECD Social, Employment and Migration Working Papers" 2016, nr 189.

²²³ Acemoglu D., *Technical change, inequality and the labor market*, "NBER Working Paper Series" 2000, nr 7800.

²²⁴ Gregory T., Salomons A., Zierahn U., *Racing With or Against the Machine? Evidence from Europe*, "ZEW Discussion Paper" 2016, nr 16-053.

z uzyskanymi przez nich wynikami w latach 1993-2007 każde zwiększenie użycie robotów w przeliczeniu na godzinę pracy podnosiło jej wydajność o około 0.37 punktu procentowego. Ich szacunki pokazały, że roboty wydają się zmniejszać udział godzin przepracowanych przez niskowyzkwalifikowanych w porównaniu z pracownikami o średnich oraz wysokich kwalifikacjach. Równocześnie jednak Graetz i Michaels doszli do wniosku, że wykorzystanie robotów zwiększa całkowitą produktywność czynników produkcji, a także średnie wynagrodzenie²²⁵. Podobnie Dauth, Findeisen, Südekum i Wößner (2017) nie znaleźli dowodów wskazujących, że roboty powodują zmniejszenie całkowitej liczby miejsc pracy w Niemczech, natomiast odkryli ich wpływ na strukturę zatrudnienia. Okazało się, że każdy robot niszczy dwa stanowiska produkcyjne, ale straty te są równoważone dzięki dodatkowym miejscom pracy w sektorze usług²²⁶.

Chiacchio, Petropoulos i Pichler (2018) także wykorzystali dane dotyczące robotów przemysłowych, tym razem w celu zweryfikowania ich wpływu na zatrudnienie oraz płace w sześciu krajach Unii Europejskiej, które stanowią ponad 80% unijnego rynku tych robotów. Najważniejszym pytaniem, jakie sobie postawili, było to o dominujący efekt na rynku pracy. Badacze zastanawiali się czy jest nim efekt wyparcia (*ang. displacement effect*), w przypadku którego roboty wypierają pracowników, czy raczej efekt produktywności (*ang. productivity effect*) wskazujący na zwiększanie się popytu na pracę dzięki wzrostowi wydajności, jaki roboty wnoszą do produkcji przemysłowej. Odkryli oni, że dodatkowy robot w przeliczeniu na tysiąc pracowników zmniejsza stopę zatrudnienia o 0.16-0.2 punktu procentowego. Wskazuje to na dominację efektu wyparcia, szczególnie w przypadku średnio wykształconych oraz młodych pracowników. Nie zauważono jednak znaczącego wpływu robotów na płace. Chiacchio, Petropoulos i Pichler konkludują, że uzyskane przez nich wyniki są mniej negatywne niż w przypadku podobnych badań na przykładzie Stanów Zjednoczonych prawdopodobnie z tego względu, iż na bardziej zliberalizowanym rynku pracy w USA znacznie łatwiej jest zwolnić pracownika, a więc rotacja personelu może być wyższa po wdrożeniu nowego robota. W Europie tymczasem pracodawcy mogą zatrzymywać pracowników do wykonywania innych zadań²²⁷. Potwierdziły to badania

²²⁵ Graetz G., Michaels G., Robots at work, "Review of Economics and Statistics" 2018, nr 100(5).

²²⁶ Dauth W, Findeisen S, Südekum J, Wößner N., *German robots - The Impact of Industrial Robots on Workers*, "IAB Discussion Paper" 2017, nr 30.

²²⁷ Chiacchio F., Petropoulos G., Pichler D., *The impact of industrial robots on EU employment and wages: A local labour market approach*, http://bruegel.org/wp-content/uploads/2018/04/Working-Paper-AB_25042018.pdf [dostęp: 15.05.2020].

przeprowadzone przez Acemoglu i Restrepo (2018), którzy oszacowali, że dodatkowy robot w przeliczeniu na tysiąc zatrudnionych w USA zmniejsza stopę zatrudnienia o 0.18-0.34 punktu procentowego, natomiast wynagrodzenia spadają w przybliżeniu o 0.25-0.5 punktu procentowego²²⁸. Jäger, Moll, Som, Zanker, Kinkel i Lichtner (2015) poddali jednak w wątpliwość myśl, że różnice w wykorzystaniu robotów mogą być związane z poziomem zatrudnienia czy płac w poszczególnych krajach jako czynnikiem nacisku na zastępowanie pracy kapitałem. Jak wskazują, istnieją przykłady krajów o stosunkowo niskim poziomie płac (Hiszpania), które mają wyższy odsetek przedsiębiorstw korzystających z robotów niż kraje o wysokim poziomie płac (Szwajcaria)²²⁹.

Nie wszystkie badania wskazują na negatywny związek pomiędzy zatrudnieniem a inwestycjami w roboty. DeCanio (2016) stwierdził, że podczas gdy w niektórych przypadkach funkcja produkcji pozwala na spadek wynagrodzenia po wzroście liczby robotów wykorzystywanych w produkcji, dla innych funkcji nie ma takiej możliwości. Proponowane wyjaśnienie uzależnia kierunek wpływu od elastyczności substytucji pracy ludzkiej pracą robotów²³⁰. Wolter i in. (2016) przeprowadzili symulację skutków digitalizacji niemieckiej gospodarki (*Economy 4.0*), która wskazała, że wpływ na stopę zatrudnienia będzie niewielki ze względu na przesunięcie zatrudnienia między branżami, a także zawodami²³¹. Nordhaus (2015) z kolei opracował teorię tłumaczącą to w jaki sposób nowe technologie mogłyby w całości zastąpić pracę ludzką. Następnie przeanalizował warunki, które muszą zostać spełnione, by było to możliwe. Po porównaniu ich ze wskaźnikami dla amerykańskiej gospodarki ogłosił, że prawdopodobieństwo tego, że proces zastępowania pracy technologią stanie się istotnym problemem bieżącego stulecia, jest niewielkie²³².

Backer, DeStefano, Menon i Suh (2018) doszli do wniosku, że związek ten jest pozytywny w przypadku przedsiębiorstw międzynarodowych w krajach rozwiniętych. Negatywny wpływ inwestycji w roboty jest widoczny jedynie w przypadku offshoringu.

²²⁸ Acemoglu D., Restrepo P., *Robots and Jobs: Evidence from US Labor Markets*, "NBER Working Paper Series" 2018, nr 23285.

²²⁹ Jäger A, Moll C, Som O, Zanker C, Kinkel S, Lichtner R. Analysis of the impact of robotic systems on employment in the European Union. Final report. Publications Office of the European Union. Luxembourg; 2015.

²³⁰ DeCanio R., *Robots and humans - complements or substitutes*, "Journal of Macroeconomics" 2016, nr 49.

²³¹ Wolter M.I. i in, *Economy 4.0 and its labour market and economic impacts*, "IAB Forschungsbericht" 2016, nr 13.

²³² Nordhaus W., *Are we approaching an economic singularity? Information technology and the future of economic growth*, "NBER Working Paper Series" 2015, nr 21547.

Rozwój robotyki wydaje się prowadzić do ograniczania potrzeby przenoszenia części działalności z gospodarek rozwiniętych²³³. Również Carbonero, Ernst i Weber (2018) zaprezentowali dowody na wpływ robotów na zmniejszenie zjawiska offshoringu, przekładające się na poziom zatrudnienia w gospodarkach wschodzących²³⁴. Raport UNCTAD (2016) jest jeszcze jednym głosem w dyskusji wskazującym, że historyczna przewaga krajów słabiej rozwiniętych ze względu na niskie koszty pracy może stracić na znaczeniu pod wpływem wzrostu znaczenia robotów. Warunkiem jest to, że staną się one tanie i stosunkowo łatwo będzie zastąpić nimi pracę. Zgodnie z tym scenariuszem produkcja będzie sektorem najbardziej dotkniętym re-shoringiem²³⁵. Uważa się, że właśnie gospodarki wschodzące są najbardziej zagrożone, bo przeważają w nich ręczne prace rutynowe. Oznacza to potencjalnie więcej miejsc pracy, które mogą zostać zastąpione po wdrożeniu robotów, niż w przypadku państw rozwiniętych²³⁶.

W przeciwieństwie do wielu wcześniej wspomnianych badaczy, Gregory, Salomons i Zierahn (2016) skupili się na oszacowaniu wpływu zmian technologicznych zastępujących prace rutynowe na całkowity popyt na pracę, nie zaś na względnych zmianach widocznych w obrębie różnych zawodów. Rezultatem ich badań jest wniosek, że wpływ zmian na całkowity popyt jest pozytywny. Efekt popytu na produkt, a także efekty zewnętrzne w postaci popytu na dobra i usługi niehandlowe z nadwyżką rekompensują spadek popytu na pracę wynikający z substytucji pracy kapitałem technologicznym. Zwiększenie tego popytu w Europie w latach 1999-2010 mogło wynieść nawet 11.6 miliona miejsc pracy, co stanowi połowę całkowitego zaobserwowanego wzrostu zatrudnienia w tym okresie. Znaczna część tej liczby jest jednak wynikiem wzrostu popytu na dobra i usługi niehandlowe, po wyłączeniu tego efektu jest to około 1.9 miliona miejsc pracy²³⁷. Tak duża różnica wskazuje, że alokacja zysków z postępu technologicznego ma krytyczne znaczenie dla jego wpływu na rynek pracy. Sugeruje to, że problemem robotyzacji nie jest kwestia substytucji zatrudnienia, ale to kto jest

²³³ Backer K, DeStefano T, Menon C, Suh J.R. Industrial robotics and the global organisation of production. OECD Science, Technology and Industry Working Papers; 2018, 3.

²³⁴ Carbonero F, Ernst E, Weber E. Robots worldwide: The impact of automation on employment and trade. Research Department Working Paper; 2018, 36.

²³⁵ UNCTAD Annual Report 2016, https://unctad.org/en/PublicationsLibrary/dom2017_en.pdf [dostęp: 29.05.2020].

²³⁶ Schlogl L., Sumner A., *The Rise of the Robot Reserve Army: Automation and the Future of Economic Development, Work, and Wages in Developing Countries*, "Center for Global Development Working Paper" 2018, nr 487.

²³⁷ Gregory T., Salomons A., Zierahn U., *Racing With or Against the Machine? Evidence from Europe*, "ZEW Discussion Paper" 2016, nr 16-053.

właścicielem kapitału, co podkreślili już Freeman (2015), Benzell i in. (2015) oraz Sachs i in. (2015). Brynjolfsson i McAfee podsumowali to stwierdzeniem, że chociaż postęp zwiększa ogólny dobrobyt, może pozostawić niektórych (lub nawet wiele osób) w gorszej sytuacji²³⁸. Warto podkreślić, że Eden i Gaggl (2018) zasugerowali, że automatyzacja może nie być główną przyczyną spadku udziału pracy w całkowitym dochodzie. Pogląd ten argumentują oni faktem, że jedynie połowa tego spadku dotychczas była bezpośrednim wynikiem wzrostu udziału dochodów z kapitału ICT. Pozostała część natomiast jest efektem wzrostu udziału innych dochodów kapitałowych, przede wszystkim z mieszkalnictwa. Istnieje więc ryzyko, że analiza mechanizmów powodujących zmiany dochodów kapitałowych z ICT będzie niewystarczająca dla zrozumienia istoty tego problemu²³⁹.

W kontekście wpływu robotyzacji na produktywność pracy, Kromann i in. (2016) stwierdzili, że wzrost intensywności pracy robotów prowadzi do wzrostu łącznej produktywności czynników produkcji (ang. *total factor productivity, TFP*)²⁴⁰. Niewiele badań na temat związku między produktywnością i robotami przemysłowymi zostało przeprowadzonych do tej pory. Bartel i in. (2007) wykazali, że użycie bardziej zaawansowanych maszyn przy produkcji zaworów w USA prowadzi do zwiększania produktywności poprzez skrócenie czasu konfiguracji, produkcji i inspekcji²⁴¹.

Należy również wspomnieć o pracy Kotlikoffa i Sachsa (2012), którzy opracowali model przedstawiający problem wykorzystywania “mądrych maszyn” w kontekście zmian międzypokoleniowych na rynku pracy. Główna myśl, jaka z niego płynie, dotyczy faktu, że podczas gdy maszyny są komplementarne względem pracy starszej, wykwalifikowanej siły roboczej, stanowią substytucję dla pracy młodych, niewykwalifikowanych. Z tej perspektywy maszyny są więc zagrożeniem dla przyszłych pokoleń, gdyż zdobywanie umiejętności wymaga czasu, jaki trzeba poświęcić na naukę w szkole oraz uczenie się w pracy poprzez zdobywanie doświadczenia. Zatem pracownicy wykwalifikowani to w przeważającej części starsi pracownicy. Gdy więc maszyny stają się mądrzejsze, starsi pracownicy bogacą się, bo

²³⁸ Brynjolfsson E., McAfee A., *Wyścig z maszynami. Jak rewolucja cyfrowa napędza innowacje, zwiększa wydajność i w nieodwracalny sposób zmienia rynek pracy*, Kurhaus Publishing Kurhaus Media sp. z o.o. sp.k., Warszawa 2015.

²³⁹ Eden M., Gaggl P., *On the Welfare Implications of Automation*, “Review of Economic Dynamics” 2018, nr 29.

²⁴⁰ Kromann L., Malchow-Møller N., Skaksen J. R., Sorensen A., *Automation and Productivity – A Cross-Country, Cross-Industry Comparison*, “Industrial and Corporate Change” 2020, vol. 29, nr 2.

²⁴¹ Bartel A.P., Ichniowski C., Shaw K., *How Does Information Technology Affect Productivity? Plant-Level Comparisons of Product Innovation, Process Improvement, and Worker Skills*, “Quarterly Journal of Economics” 2007, nr 122(4).

to oni najczęściej posiadają maszyny, jak i wynalazki, które ulepszają te maszyny. Poprawa produktywności maszyn w takiej sytuacji powoduje redystrybucję od młodych, niewykwalifikowanych pracowników do tych starszych. Spadek zarobków młodych ma swoje konsekwencje w postaci ograniczonej zdolności do oszczędzania oraz inwestowania w siebie. Sprawia to, że kolejne pokolenia początkowo niewykwalifikowanych pracowników będą wchodzić na rynek pracy z mniejszym kapitałem ludzkim, co dodatkowo obniża ich płace. Proces ten stabilizuje się w czasie, jednak potencjalnie powoduje to, że każde nowe pokolenie jest na starcie w gorszej sytuacji niż poprzednie. Zdaniem autorów rozwiązaniem problemu dzielenia się korzyściami z młodszym i kolejnymi pokoleniami jest międzypokoleniowa polityka fiskalna²⁴².

Przechodząc do kwestii tego jak zwiększenie wykorzystania robotów mogłoby zmieniać znaczenie pracy i kapitału w procesie produkcji, Piketty podkreślił, że ewolucja technologiczna zwiększa wymagania w odniesieniu do budynków, wyposażenia czy patentów, tak że łączna wartość tych elementów kapitału stale rośnie. Podobnie masa dochodów opłacanych przez te formy kapitału wzrasta. O ile więc wzrost wydajności oraz upowszechnienie wiedzy pozwoliły zrównoważyć proces akumulacji kapitału, nie ograniczyły makroekonomicznego znaczenia kapitału wobec pracy²⁴³. Howitt i Aghion (1998) zauważyli tymczasem, że podczas gdy zarówno inwestycje w technologie, jak i akumulacja kapitału napędzają wzrost gospodarczy, innowacje technologiczne muszą być poprzedzone akumulacją fizycznego kapitału. Akumulacja może więc przyczyniać się do ekspansji robotów przemysłowych²⁴⁴.

Zhang (2019) pokazuje, że przyspieszenie automatyzacji generuje efekt realokacji kapitału. Wynika on z tego, że zarówno wytwarzanie, jak i stosowanie robotów wymaga tradycyjnego kapitału, a więc rozwój tego zjawiska zwiększa oczywiście zapotrzebowanie na kapitał - w sektorze produkującym i wykorzystującym roboty. Zhang dochodzi do wniosku, że efekt realokacji kapitału może być wystarczająco silny, by stłumić poziom płac pracowników wykwalifikowanych. Jeśli jednak elastyczność substytucji między pracą

²⁴² Sachs J.D., Kotlikoff L.J., *Smart machines and long-term misery*, "NBER Working Paper Series" 2012, nr 18629.

²⁴³ Piketty T., *Kapitał w XXI wieku*, Wydawnictwo Krytyki Politycznej, Warszawa 2015.

²⁴⁴ Howitt P., Aghion P., *Capital accumulation and innovation as complementary factors in long-run growth*, "Journal of Economic Growth" vol. 3, nr 2, 1998.

i kapitałem nie jest zbyt mała, nie będzie on wystarczająco silny, by to miało miejsce. W rezultacie luka płacowa poszerzy się²⁴⁵.

Badając wpływ zwiększonej automatyzacji na dystrybucję bogactwa, Jansson i Karabulut (2021) dochodzą do wniosku, gospodarstwa domowe doświadczające działania robotów w pracy gromadzą mniej bogactwa. Negatywne efekty majątkowe nie są jedynie skutkiem różnic w uzyskiwanych dochodach. Wpływ szybkiej robotyzacji na kapitał ludzki, a więc i zachowania związane z podejmowaniem ryzyka finansowego czy wyborami inwestycyjnymi zdaniem Janssona i Karabuluta jest dodatkowym kanałem operacyjnym. Pokazali oni, że szybkie wprowadzanie robotów prowadzi do wyższego ryzyka dochodów z pracy w tle, mierzonego na podstawie ryzyka utraty pracy przez jednostkę. Zbadali również, że gospodarstwa domowe w większym stopniu narażone na działanie robotów w pracy (a więc ryzyko jej utraty) częściej wychodzą z giełdy. Doświadczają więc znacznego spadku wzrostu bogactwa finansowego i akumulują mniej majątku w stosunku do uzyskiwanych przez siebie dochodów. Wyniki te uzyskano dla gospodarstw domowych o niskim poziomie wykształcenia, co oznacza asymetryczne efekty wprowadzania robotów w kontekście bogactwa podmiotów czerpiących dochody z pracy²⁴⁶.

Jansson i Karabulut oceniają, że szybka automatyzacja najpewniej odegra rolę w zwiększeniu rozproszenia majątków z uwagi na fakt, że wzrost nierówności, mierzony przez nich rozstępem międzykwartylowym majątku netto gospodarstw, zwiększa się przy zmianach gęstości robotów w poszczególnych branżach. Zgodnie z ich szacunkami wzrost wykorzystania robotów o 3.27 na tysiąc pracowników w danej branży obniża rangę poszczególnych jednostek w podziale majątku o 2.5 procentyla²⁴⁷.

Nierówność rośnie potencjalnie jednak nie tylko wtedy, gdy kapitał otrzymuje większą część dochodu. Równocześnie może ją powodować zwiększająca się nierówność samych płac, gdy realne pensje wykwalifikowanej siły roboczej rosną, natomiast niewykwalifikowani pracownicy toczą walkę o stanowiska pracy z robotami. Berg, Buffie i Zanna (2016) oszacowali, że w czasie ostatnich 50 lat realna płaca niskowkwalifikowanych

²⁴⁵ Zhang P., *Automation, wage inequality and implications of a robot tax*, "International Review of Economics and Finance" nr 59, 2019.

²⁴⁶ Jansson T., Karabulut Y., *Do Robots Increase Wealth Dispersion?*, <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3229980> [dostęp: 21.04.2021].

²⁴⁷ Ibidem.

pracowników spada o 40%, a udział tej grupy w dochodzie narodowym zmniejszył się z 35% do 11%²⁴⁸.

Podsumowując, w dyskusjach na temat robotów zauważa się dwie narracje: zgodnie z pierwszą pomimo kosztów związanych z tym, że niektóre prace stają się przestarzałe, ogólny efekt technologicznej zmiany to wyższy standard życia. Zwolennicy tego stanowiska zauważają też, że technologia robi znacznie więcej niż tylko zastępuje pracowników. Może ona też sprawiać, że ludzie w pracy stają się bardziej produktywni i wpływać na wzrost popytu na ich usługi. Drugie podejście jest bardziej pesymistyczne, zwraca się w nim więcej uwagi na potencjalne straty. Wskazuje się, że część wzrostu nierówności w rozwiniętych gospodarkach w ostatnim czasie możemy przypisać presji związanej z rozwojem technologii, a także, że roboty w połączeniu z mniejszą liczbą bardziej wyszkolonych pracowników są w stanie wyprodukować więcej, a to oznacza, że relatywne płace ludzi z nisko wycenianymi umiejętnościami będą spadać.

Poszczególni ekonomiści w różny sposób podchodzili do kwestii badania wpływu robotów na gospodarkę - rozpoczynając od analiz dotyczących tego ile miejsc pracy lub zadań są one w stanie przejąć, poprzez ich oddziaływanie na płace, produktywność, konkurencyjność, a na nierównościach kończąc. Często uzyskiwane przez nich rezultaty różniły się w zależności od analizowanego kraju lub nawet przyjętego podejścia. Skutkiem tego nie wypracowano jeszcze konsensusu w sprawie charakteru wpływu robotyzacji na gospodarkę mimo, że problem ten był przedmiotem wielu prac naukowych w ostatnich latach. Ogólnie przyjmuje się, że postęp w tym zakresie wchodzi w interakcje z rynkiem pracy poprzez zmniejszanie zatrudnienia w niektórych sektorach i zawodach, równocześnie zwiększając je w innych. Końcowy efekt tego oddziaływania jest nadal przedmiotem debat. Podkreśla się rosnące znaczenie podnoszenia kwalifikacji pracowników w związku z występowaniem zjawiska polaryzacji zatrudnienia. Brakuje natomiast zgody między innymi w kwestii tego jak będzie wyglądała skala tego zjawiska w przyszłości i z jakimi wyzwaniami będzie się to wiązać.

2.2.3 Eksperymentalne podejście do kwestii robotów

Eksperyment nie jest typową metodą badawczą wybieraną przy badaniu związków między robotyzacją i pracą, jednak także w tym obszarze pojawiają się pierwsze próby

²⁴⁸ Berg A., Buffie E.F., Zanna L.F., Robots, Growth, and Inequality, "Finance & Development" 2016, vol. 53, nr 3.

uchwycenia istoty współzależności właśnie za pomocą eksperymentów. Zdecydowali się na to Cabrales, Hernández i Sánchez (2020), którzy chcieli sprawdzić jak pracownicy podejmują decyzje dotyczące produktywnego wysiłku, gdy wiedzą, że menedżerowie mają możliwość zastąpienia ich robotami. Mierzyli oni więc wysiłek wkładany przez pracowników, a także decyzje przedsiębiorstw o ich zastępowaniu lub nie. Dodatkowo sprawdzali czy sytuacja zmienia się po wprowadzeniu uniwersalnego dochodu podstawowego wynoszącego jedną piątą mediany płac, jak i po nałożeniu na przedsiębiorców podatków od robotów i wreszcie po dołożeniu założenia, że pracownicy i roboty mogą współistnieć, dzieląc między sobą pracę w niepełnym wymiarze godzin. Przedstawili oni wnioski, zgodnie z którymi wiedza o możliwości bycia zastąpionym przez robota nie wpływa na ilość wysiłku wkładanego przez pracowników w wykonywanie zadań (nie produkują oni więcej). Nie zmniejsza go także uniwersalny dochód podstawowy ani podatek od robotów, tymczasem sam podatek redukuje prawdopodobieństwo substytucji pracownika robotem. Nie tylko zachowanie pracowników w tym przypadku może prowadzić do ciekawych wniosków, ale też podejście menedżerów. W eksperymencie nie zawsze decydują się oni zastąpić człowieka robotem, gdy ten drugi jest bardziej produktywny. Zdaniem twórców badania ekonomia behawioralna wyjaśniłaby to w ten sposób, że pracownicy straciliby w takim przypadku więcej niż wyniosłby zysk menedżerów. Zakładając, że agenci mają egalitarne preferencje, wynik ten jest zrozumiały. Wzmacnia go dodatkowo fakt, że sytuacja, w której pracownika zastępuje maszyna, prowadzi do utraty pracy przez człowieka, a jest to przecież kwestia ważna w kontekście tożsamości osobistej²⁴⁹.

2.3 Koncepcje zarządzania wpływem robotyzacji na udział pracy w dochodzie narodowym

Postęp techniczny, jak stwierdza Atkinson (2017), nie jest naturalną siłą, ale raczej odzwierciedleniem społecznych oraz ekonomicznych decyzji. Wybory przedsiębiorstw, rządów, a także jednostek mogą więc wpływać na kierunek rozwoju²⁵⁰. Oznaczałoby to, że jeśli robotyzacja wpływa na dystrybucję dochodów, zwiększając dodatkowo nierówności, sterowanie tym wpływem jest częściowo możliwe.

²⁴⁹ Cabrales A., Hernández P., Sánchez A., *Robots, labor markets, and universal basic income*, "Humanities and social sciences communications" nr 7:185, 2020.

²⁵⁰ Atkinson A.B., *Nierówności. Co da się zrobić?*, Wydawnictwo Krytyki Politycznej, Warszawa 2017.

Zgodnie z teoriami pobudzania innowacyjności przedsiębiorstwa dokonują wyborów, które składają się na to w jakim kierunku postępuje zmiana technologiczna. Bodźcem do wprowadzania zmian jest dążenie do obniżenia kosztów korzystania z czynnika, którego cena jest względnie droga²⁵¹. Postęp następnie realizuje się w konkretnych technikach i działaniach produkcyjnych. Pracownicy stają się bardziej wydajni nie w ogóle, ale w ramach wybranych procesów produkcyjnych. Inwestowanie w dane zmiany powinno więc być też traktowane jako odpowiedź na pytanie o to jakie techniki produkcji chcemy rozwijać w przyszłości. Dotyczy to nie tylko inwestycji w badania i rozwój, ale także uczenia przez praktykę. Wykorzystując daną metodę produkcji w codziennej pracy firmy doskonalą ją, a z upływem czasu koszty spadają. Jako przykład takiego działania Steven Chu podaje Koreę Południową, która wybudowała dziesięć elektrowni w taki sam sposób, jednak koszt budowy tej ostatniej był równy jedynie 60% kosztu wytworzenia pierwszej²⁵². Obrazuje to jak bardzo dzisiejsze decyzje odnośnie do produkcji mają konsekwencje w przyszłości - ze skutkiem dla dochodów przyszłych pokoleń pracowników, a także właścicieli kapitału. Podobnie więc jeśli technologia się zmienia, sprawia to, że dane umiejętności stają się mniej wartościowe, a dochody ich właścicieli ulegają zmianie. Kontekst społeczny, w jakim wdrażane są roboty, ma więc znaczenie w kwestii dystrybucji dochodów.

W literaturze przedmiotu można znaleźć różne propozycje zmniejszania skutków nierówności potencjalnie wytworzonych przez wprowadzanie na rynek robotów. Atkinson postuluje wprowadzenie dotacji kapitałowej, a więc minimalnego spadku, którego źródłem finansowania powinno być zwiększone opodatkowanie faktycznych spadków (to myśl zaczerpnięta od Le Granda). Jest to spójne z tym jak zdaniem Atkinsona powinna brzmieć odpowiedź na pytanie: "Kto posiada roboty", gdyż uważa on, że te częściowo powinny należeć do wszystkich²⁵³.

Piketty (2015) wskazuje, że konwergencji sprzyja upowszechnianie wiedzy i dokonywanie inwestycji na rzecz podnoszenia kwalifikacji pracowników. Jest to mechanizm pozwalający na równoczesny wzrost wydajności i redukcję nierówności, możliwe jest bowiem doganianie krajów bogatych przez te biedniejsze. Piketty słusznie zauważa, że

²⁵¹ Hicks J.R., *The theory of wages*, Palgrave Macmillan, Londyn 1963.

²⁵² Chu S., *Romanes Lecture - Our Energy and Climate Change Challenges and Solutions*, <https://www.ox.ac.uk/news-and-events/The-University-Year/roman-lecture/our-energy-and-climate-change-challenges-and-solutions> [dostęp: 22.04.2021].

²⁵³ Atkinson A.B., *Nierówności. Co da się zrobić?*, Wydawnictwo Krytyki Politycznej, Warszawa 2017.

otwarcie handlowe ułatwia konwergencję technologiczną, jednak głównie chodzi o upowszechnianie know-how, a także o podział wiedzy. Co więcej, Piketty postuluje wprowadzenie globalnego progresywnego podatku od kapitału²⁵⁴.

Stiglitz (2015) uważa, że z uwagi na fakt, że rozwój technologii osłabia siłę przetargową pracowników względem kapitału (presja na zmniejszenie płac, rywalizacja o miejsca pracy), na której tracą pracownicy, a zyskują kapitaliści, konieczne jest podejmowanie działań, które w odpowiedni sposób ukształtują zachodzące zmiany. Proponuje on przede wszystkim²⁵⁵:

- podniesienie podatków przedsiębiorcom, którzy nie dokonują określonych inwestycji i obniżenie ich tym, którzy tworzą nowe miejsca pracy, a także chronią te już istniejące,
- prowadzenie polityki, która dzieli innowacje na te korzystne dla społeczeństwa (np. promujące oszczędne wykorzystywanie bogactw naturalnych) i przynoszące szkody (np. redukujące zatrudnienie) - wspieranie tych, które podnoszą jakość pracy i życia codziennego,
- podejmowanie działań na rzecz spowolnienia tempa obniżania kwalifikacji u pracowników.

Również Freeman (2015) przedstawił swoje propozycje rozwiązań. Dotyczą one ustanawiania pracowników właścicielami części lub nawet całości firmy poprzez fundusz emerytalny, a także tworzenia zachęt podatkowych dla przedsiębiorstw, które dają zatrudnionym udziały własnościowe albo wdrażają zmiany, które zwiększają wpływ pracowników na sposób i tempo, w jakim wdrażane są nowe technologie. Freeman przypomniał też propozycję Hillary Clinton z czasów kandydowania na urząd prezydenta Stanów Zjednoczonych, by wprowadzić ulgę podatkową dla firm wprowadzających podział zysków dla pracowników. Ekonomista uznał to za sygnał początku polityki gospodarczej z czasów po-robotyzacyjnych²⁵⁶.

Berg, Buffie i Zanna (2016) wskazują na skutki, z jakimi mierzyłoby się społeczeństwo, w którym większość dochodów trafia do właścicieli robotów: przede wszystkim dotyczy to konieczności zapewnienia wystarczającego zagregowanego popytu

²⁵⁴ Piketty T., *Kapitał w XXI wieku*, Wydawnictwo Krytyki Politycznej, Warszawa 2015.

²⁵⁵ Stiglitz J.E., *Cena nierówności*, Wydawnictwo Krytyki Politycznej, Warszawa 2015.

²⁵⁶ Freeman R., *Who owns the robots rules the world*, "IZA World of Labor" nr 5, 2015.

w sytuacji, gdy siła nabywcza jest mocno skoncentrowana, a także sprostanie wyzwaniom związanym z wysokimi nierównościami, w tym radzenie sobie ze skutkami niskich płac (np. brakiem zdolności pracowników do inwestowania w przyszłość swoich dzieci). Podkreślają oni, że możliwości są dwie: albo dochód z kapitału pozostanie nierówno rozłożony, albo będzie on redystrybuowany, tak by był bardziej równy. To stwierdzenie prowadzi ich do wniosku, że rozwiązaniem może być wprowadzenie dochodu podstawowego finansowanego z opodatkowania kapitału²⁵⁷.

Podatek od robotów jest odmianą podatku od maszyn, który za Bendelem (2016) może być rozumiany jako podatek od wartości dodanej. Głównym założeniem z nim związanym jest opodatkowanie wykorzystywania pracy robotów w produkcji, ale także w innych obszarach, tak by dostarczyć fundusze dla systemu ubezpieczeń społecznych (bądź na inne cele). O wprowadzeniu takiego podatku dyskutowano już w latach 50., a następnie w Niemczech i Austrii w latach 70. oraz dekadę później. Zdaniem Beckera (2018) jest to koncepcja polityki społecznej lub polityczny postulat zrekompensowania strat płacowych powstałych w wyniku racjonalizacji miejsc pracy poprzez wprowadzanie do użycia maszyn, a także komputerów. W wyniku tych zmian mniej pracowników jest w stanie osiągnąć ten sam zwrot ekonomiczny, a równocześnie składka na ubezpieczenie społeczne prawdopodobnie maleje²⁵⁸.

Zhang przypomina, że kiedy Mady Delvaux zaproponowała wprowadzenie "podatku od robotów" w projekcie raportu dla Parlamentu Europejskiego, niektóre osoby - takie jak Bill Gates czy Robert Shiller - poparły ten postulat, podczas gdy reakcja innych była negatywna. Jest to więc temat budzący kontrowersje. Wykorzystując stworzony przez siebie model Shang stwierdza, że podatek od robotów może jednoznacznie zmniejszyć nierówności. Gdy dodatkowo w danym sektorze jest wprowadzona regulowana stawka płac, rozwój automatyzacji powiększa lukę płacową, podczas gdy wspomniany podatek doprowadza do jej zmniejszenia. Sugeruje to, że gdy nie jest możliwe dostosowywanie stawek płac w sektorze wykorzystującym roboty, efekt realokacji kapitału nie przeciwdziała efektowi wyparcia (*ang. displacement effect*), ale opodatkowanie robotów nadal poprawia nierówności płac, zmniejszając się bowiem nierówności pomiędzy wykwalifikowanymi oraz

²⁵⁷ Berg A., Buffie E.F., Zanna L.F., Robots, Growth, and Inequality, "Finance & Development" 2016, vol. 53, nr 3.

²⁵⁸ Bendel O., *Are robot tax, basic income or basic property solutions to the social problems of automation?*, "CEUR Workshop Proceedings" nr 2448, 2019.

niewykwalifikowanymi pracownikami. Zgodnie z rozumowaniem Shanga wzrost stawki podatku od robotów prowadzi do zmniejszenia dochodów sektora ich produkcji, co skutkuje spadkiem podaży i wzrostem cen robotów. Jeśli zakładamy, że roboty co do zasady zastępują niewykwalifikowanych pracowników, zakres ich substytucji spadnie, a poziom płac zatrudnionych z tej kategorii wzrośnie. Równocześnie kurczenie się sektora produkującego roboty doprowadzi do przesunięcia kapitału do innych sektorów, a to zmniejszy produktywność wykwalifikowanej siły roboczej zatrudnionej przy produkcji robotów, powodując spadek jej wynagrodzeń. Obserwowane różnice zostaną więc w konsekwencji zmniejszone²⁵⁹.

Przeciwnicy tego rozwiązania dostarczają argumentów przeciwko wprowadzaniu podatku od robotów: podstawowy dotyczy tego, że tak naprawdę nie jest jasne co dokładnie powinno zostać opodatkowane. Których robotów dotyczy problem? Kiedy można uznać, że są one wykorzystywane w sposób podlegający opodatkowaniu? (Nie wspominając już o sytuacjach, gdy człowiek współpracuje z robotem przy wykonywaniu swoich zadań. Określenie w tym przypadku ich wkładu w wykonanie pracy komplikuje się jeszcze bardziej - zwłaszcza że współpraca ta może się zmieniać niemal bez przerwy, w zależności od przyjętego celu produkcyjnego czy tempa produkcji). Kolejny argument dotyczy tego, że siła innowacyjna przedsiębiorstw zostałaby spowolniona, to znaczy dodatkowy podatek najpewniej zahamowałby rozwój i wykorzystanie robotów, które przecież na wiele sposobów oddziałują pozytywnie na jakość oraz ilość wykonywanej pracy. Jeszcze jedna poruszana kwestia dotyczy sprawiedliwości. Nie ma powszechnej zgody co do tego, że roboty stanowią zagrożenie dla zatrudnienia oraz że konieczne jest znalezienie politycznej odpowiedzi na problem pogłębiającej się robotyzacji²⁶⁰.

Jak wspomniano powyżej, w literaturze przedmiotu często proponowane jest powiązanie podatku od robotów z dochodem podstawowym (*również: bezwarunkowym dochodem podstawowym bądź powszechnym dochodem podstawowym*). W wielu krajach świata idea, że każdy mieszkaniec otrzymuje podstawowe zaopatrzenie, ma swoich zwolenników, jak i przeciwników. Obywatele Szwajcarii głosowali w sprawie wprowadzenia bezwarunkowego dochodu podstawowego - inicjatywa została odrzucona, jednak poparła ją

²⁵⁹ Zhang P., *Automation, wage inequality and implications of a robot tax*, "International Review of Economics and Finance" nr 59, 2019.

²⁶⁰ Bendel O., *Are robot tax, basic income or basic property solutions to the social problems of automation?*, "CEUR Workshop Proceedings" nr 2448, 2019.

około jedna czwarta oddających głosy. W kilku krajach wypłacono bezwarunkowy dochód podstawowy w badaniach pilotażowych, miało to miejsce na przykład w Finlandii czy w Indiach.

Zgodnie z założeniami, dorośli lub nieletni uznawani za członków wspólnoty politycznej, funkcjonalnej czy idealistycznej, otrzymują stałą kwotę bez obowiązku spłaty, bez związku z wykonaniem pracy lub spełnieniem innych kryteriów. Zasiłki dla bezrobotnych czy pomoc społeczna zazwyczaj w takich warunkach nie są już wypłacane. Bezwarunkowy dochód podstawowy ma zagwarantować utrzymanie członkom danej społeczności. Oferowana kwota zwykle jest ustalana na stosunkowo niskim poziomie, nieco powyżej poziomu minimum socjalnego. Zwłaszcza w czasach niepokoju, a więc także w kontekście pogłębiającej się automatyzacji, jest to koncepcja często powracająca i żywo dyskutowana. Także w przypadku tego rozwiązania pojawia się jednak wiele kontrowersji związanych z niesprawiedliwością mimo równomiernej dystrybucji. Podkreśla się, że ludzie, którzy osiągają wysokie dochody, także otrzymywaliby taki dochód, chociaż to nie zniwelowałoby nierówności. Omawiane są także przewidywania związane z brakiem zainteresowania podejmowaniem pracy w świecie bezwysiłkowych pensji. Skąd więc wynika szerokie zainteresowanie tematem wprowadzania bezwarunkowego dochodu podstawowego w związku z rozwojem robotyzacji? Wiąże się to z propagowanym poglądem, że taki dochód byłby skutecznym środkiem gwarantującym wystarczającą siłę nabywczą i zagregowany popyt w zrobotyzowanej gospodarce - w końcu ktoś musi konsumować dobra, których produkcja stale wzrasta. Popularne jest przekonanie, że bezwarunkowy dochód podstawowy zapewni wystarczającą siłę nabywczą bezrobotnym i zatrudnionym w niepełnym wymiarze czasu²⁶¹.

Pewnego rodzaju alternatywą dla bezwarunkowego dochodu podstawowego miałyby być podstawowa własność lub bezwarunkowa podstawowa (*ang. unconditional basic property*), zgodnie z którą każdy otrzymuje działkę, budynek lub inne dobro w momencie urodzenia bądź też uzyskania pełnoletności. Wiąże się to z koniecznością spełnienia niewielu lub nawet żadnych warunków. Dodatkowym wariantem podstawowej własności jest podstawowe posiadanie (*ang. basic possession*). W tym przypadku przeniesienie własności następuje czasowo, a dokładniej na okres życia i w odniesieniu do konkretnego człowieka, co

²⁶¹ Pulkka V.V., *A free lunch with robots – can a basic income stabilise the digital economy?*, "Transfer" vol. 23(3), nr 295, 2017.

wyklucza możliwości dziedziczenia, jak i sprzedaży. Możliwy jest co najwyżej podnajem, to jest czasowe udostępnienie osobom trzecim rzeczy za wynagrodzeniem. Bendel podkreśla, że przeprojektowanie zabezpieczenia społecznego nie jest jedyną opcją, która może zapewnić wystarczający zagregowany popyt w gospodarce zdominowanej przez roboty. Podkreśla on znaczenie takich rozwiązań jak proaktywne polityki finansowe, programy gwarantujące zatrudnienie czy fundusze pracownicze (te ostatnie miałyby zajmować się problemem tego kto jest właścicielem robotów). Omawiając “wystarczający” popyt konsumencki w przekonaniu Bendela nie możemy zapominać o innych czynnikach, jakie na niego wpływają, gdyż walka z kryzysem ekologicznym może nie pozwolić na odtworzenie obecnych wzorów konsumpcji w przyszłości niezależnie od zmian zachodzących na rynku pracy i robotów²⁶².

Nomaler i Verspagen (2018), którzy badali zjawisko ciągłego, nieustannego wzrostu (*ang. perpetual growth*) w odniesieniu do robotów i dystrybucji, doszli do wniosku, że kiedy celem jest zmniejszenie nierówności, a za środek do tego celu przyjmujemy wprowadzenie powszechnego dochodu podstawowego, wzrost zostanie zahamowany (ponieważ źródłem funduszy jest podatek od robotów, a to zmniejsza środki na inwestycje w kapitał, który jest siłą napędową ciągłego wzrostu). Sugeruje to, że walka z nierównościami przy użyciu tej metody może być trudna jeśli wzrost zależy od rozwoju robotów. Inną zmienną rozważaną przez badaczy był wzrost oszczędności pracowników pochodzący z dochodów pracy. Prowadzi to do sytuacji, w której pracownicy stają się także właścicielami kapitału. Generuje to dodatkowe oszczędności i inwestycje, a więc sprzyja wzrostowi - efekt nie jest wielki, gdyż dochody z pracy pozostają niskie, a więc i oszczędności nie mogą być duże, jednak pracownicy gromadzą dzięki temu kapitał, który staje się także źródłem ich dochodów i pozwala zmniejszać nierówności. Chociaż oszczędzanie jest dobrowolne i niezależne od prowadzonej polityki, zdaniem Nomalera i Verspagena może być dodatkowo wzmacniane zachętami lub tworzonymi programami oszczędnościowymi jako efektywna forma polityki ochrony socjalnej. Stwierdzają oni, że tak zorganizowane społeczeństwo miałyby szansę na rzeczywistość, którą Albus nazwał “kapitalizmem ludzi”²⁶³.

²⁶² Bendel O., *Are robot tax, basic income or basic property solutions to the social problems of automation?*, "CEUR Workshop Proceedings" nr 2448, 2019.

²⁶³ Nomaler Ö., Verspagen B., *Perpetual growth, distribution, and robots*, "UNU-MERIT Working Papers" nr 23, 2018.

Kluczową kwestią jeśli chodzi o dystrybucję zysków z rozwoju robotyzacji jest zwrot zapewniany tym, którzy posiadają wiedzę, a także maszyny będące jej ucieleśnieniem. Zarówno państwa, jak i pojedyncze przedsiębiorstwa posiadające roboty to te, które są właścicielami wartości intelektualnej, jaka z czasem będzie rosła, a więc to one skorzystają z robotyzacji bardziej niż inni. Na znaczeniu zyskuje więc geograficzne położenie produkcji oraz wykorzystania robotów, a także zakresu, w jakim zyski z tym związane należą do podmiotów prywatnych w krajach rozwiniętych i rozwijających się²⁶⁴. Aktualny stan tego rozproszenia oraz perspektywy zmian w tym zakresie w najbliższej przyszłości zostaną przedstawione w rozdziale czwartym.

Reasumując, współczesne procesy produkcyjne analizuje się przede wszystkim jako efekt wykorzystania dwóch czynników produkcji: pracy i kapitału (*lub inaczej: siły roboczej i środków produkcji*). Jak zaznaczono w rozdziale pierwszym, procesy te podlegają zmianom pod wpływem wykorzystania technologii. Czy oznacza to, że dochód, który jest ich efektem, dzielony jest inaczej niż wcześniej? Jeśli tak, czy fakt wdrażania robotów osłabia, czy też może - jak sugerowałaby hipoteza wzrostu znaczenia kapitału ludzkiego - wzmacnia znaczenie pracy i zwiększa dochody z niej? Idąc dalej, jeśli mielibyśmy mówić o wzroście znaczenia pracy to czy dotyczy on każdej pracy? Czy też, co wskazywane jest w hipotezie zmian technologicznych sprzyjających kwalifikacjom, prowadzi do powiększania się luki w zakresie dystrybucji płac?

Wreszcie, dlaczego kwestie podziału i ewentualnego wzrostu nierówności w wyniku pogłębiania robotyzacji przemysłu miałyby nas interesować? Ekonomiści długo sądzili, że kwestia udziału pracy w dochodzie narodowym nie jest istotna, gdyż panowało przekonanie, że udział ten jest stałą częścią łącznego dochodu (waha się między 60% a 80%). Z czasem dowiedziono, że jest to bardziej skomplikowane. Zmianom może podlegać nie tylko podział między kapitał i pracę, ale też charakter samej pracy. Chociaż aktualnie nierówności dochodów uzyskiwanych z samej pracy wydają się niegroźne, nie można zakładać, że tak będzie zawsze. Możliwość ich pogłębiania w przyszłości sugeruje teoria wyścigu między technologią i edukacją, która opiera się na hipotezie uzależniania wynagrodzenia pracownika od jego produktywności krańcowej, a także na przekonaniu, że wydajność takiego

²⁶⁴ United Nations Conference on Trade and Development, *Trade and development report 2017. Beyond austerity: towards a global new deal*, https://unctad.org/system/files/official-document/tdr2017ch3_en.pdf [dostęp: 03.06.2021].

pracownika zależy od jego kwalifikacji, jak i również od popytu i podaży tych kwalifikacji w konkretnym środowisku. Dyskusja na temat tego czy robotyzacja zmienia udział pracy w dochodzie narodowym w naturalny sposób prowadzi do pytań o to w jaki sposób można taką zmianą zarządzać. W rozdziale drugim przedstawiono najszerszej dyskutowane możliwości, takie jak opodatkowanie robotów, wprowadzenie bezwarunkowego dochodu podstawowego czy umożliwienie pracownikom uzyskiwania częściowej własności robotów.

Przed wszystkim jednak w tej części pracy dążono do zebrania informacji na temat tego co już wiemy o tym w jaki sposób rozwija się robotyzacja produkcji i jak wpływa ona na pracę. Prezentowane wyniki badań w tym zakresie podzielono na dwie kategorie. Do pierwszej zaliczono te koncentrujące się na potencjale omawianego zjawiska, a także na możliwościach zastępowania pracowników robotami. W grupie drugiej znalazły się analizy obserwowanego wpływu robotyzacji na pracę, przede wszystkim na zatrudnienie oraz na wynagrodzenia. W przywoływanych dyskusjach zauważalne są dwie narracje. Zgodnie z jedną roboty nie tylko zastępują pracowników, ale też wpływają na ich produktywność oraz podnoszą popyt na ich usługi (*jest to efekt produktywności*). Druga perspektywa jest bardziej pesymistyczna, podkreśla się w niej potencjalne straty. Wskazuje się, że roboty w połączeniu z mniejszą liczbą pracowników są w stanie produkować więcej (*efekt wyparcia pracowników*), a także że część wzrostu nierówności można przypisać presji związanej z rozwojem technologii (*zakłada się, że relatywne płace ludzi z nisko wycenianymi umiejętnościami będą spadać i będą spadać w przyszłości*).

Rezultaty uzyskiwane w kolejnych badaniach wpływu robotów na pracę często różniły się w zależności od analizowanego okresu, kraju czy przyjętego podejścia. Skutkiem tego ciągle nie wypracowano konsensusu w sprawie charakteru wpływu robotyzacji na gospodarkę. Jest to jeden z powodów, dla których warto powtarzać badania prowadzone w tym zakresie. Gdy bowiem dotyczą one różnych przedziałów czasowych, analizuje się w ich ramach wykorzystanie robotów o innych możliwościach, a także opłacalności. Co więcej, badania obejmujące różne kraje uwypuklają różnice na poszczególnych rynkach pracy. Warto też jednak podkreślić, że świat pracy zmienia się na przestrzeni dziesięcioleci i nie dzieje się to wyłącznie pod wpływem postępu technologicznego, w tym między innymi ze względu na rozwój robotyzacji. W wymiarze ekonomicznym przedsiębiorstwa mają współcześnie możliwość uczynienia z pracy bardziej kosztu zmiennego niż stałego za sprawą różnych form zatrudnienia, opcji zarządzania przez internet czy zatrudniania w razie

potrzeby. W wymiarze społecznym na przestrzeni wieków można było obserwować zanik pozytywnego związku, jaki występował wcześniej między wielkością rodziny i posiadanymi przez nią zasobami. Doprowadziło to do występowania negatywnej proporcji: bogatsze rodziny co do zasady mają mniej dzieci. Wzmacnia się tym samym tendencja do nierówności²⁶⁵. Oznacza to, że gdy mowa o estymowaniu oddziaływania robotyzacji produkcji na pracę, a tym bardziej na jej udział w dochodzie narodowym, należy mieć na uwadze, że zależności tego typu jesteśmy w stanie oszacować w ograniczonym stopniu, skupiając się przede wszystkim na tendencjach w kierunku wzrostu bądź zmniejszania nierówności, nie zaś na precyzyjnych pomiarach. Empiryczna część rozprawy będzie próbą zmierzenia takiego wpływu wykorzystania robotów na udział pracy w dochodzie narodowym.

²⁶⁵ Atkinson A.B., *Nierówności. Co da się zrobić?*, Wydawnictwo Krytyki Politycznej, Warszawa 2017.

ROZDZIAŁ 3. ROBOTYZACJA A PODZIAŁ DOCHODU NARODOWEGO. ZAŁOŻENIA ORAZ PLAN BADAŃ EMPIRYCZNYCH

Rozdział trzeci ma przybliżyć założenia, a także plan badań empirycznych. Informacje w nim zawarte bazują na ustaleniach pochodzących z części teoretycznej pracy, zwłaszcza jeśli chodzi o wybór czynników wpływających na udział pracy w dochodzie narodowym, ale także źródeł danych o tym udziale oraz o rynku robotów przemysłowych. Ponadto w rozdziale zostaną przedstawione narzędzia wykorzystane w badawczej części pracy. Przy okazji uzasadniania wyboru metod estymacji poruszony jest wątek komplikacji metodologicznych będących efektem wykorzystania danych panelowych, wzięcie pod uwagę ich cech wyróżniających jest bowiem niezbędnym warunkiem właściwego doboru tych metod. Wreszcie zarysowany jest problem dodatkowych wyzwań metodologicznych, a także potencjalnych ograniczeń w badaniu zależności między robotyzacją produkcji i udziałem pracy w dochodzie narodowym. Efektem prac nad przygotowaniem tego rozdziału jest więc zebranie wszystkich statystyk niezbędnych w dalszych analizach, a także określenie sposobów ich wykorzystania.

3.1 Uzasadnienie wyboru analizowanych krajów, przyjętych ram czasowych oraz źródeł danych

Celem zachowania większej homogeniczności próby, do badania włączono gospodarki europejskie o najwyższym zagęszczeniu robotów przemysłowych w produkcji przypadającym na 10,000 zatrudnionych. Należą do nich: Szwajcaria, Słowacja, Włochy, Hiszpania, Austria, Niderlandy, Słowenia, Szwecja, Francja, Czechy, Belgia, Niemcy. W analizach uwzględniono również Polskę w celu porównania jej sytuacji na tle wymienionych państw. Okres badawczy dotyczy ostatnich piętnastu lat. Zawiera się w przedziale 2005-2019. Jest to czas najbardziej intensywnego rozwoju rynku robotów przemysłowych, nie tylko w Europie, ale na całym świecie.

Sytuacja wskazanych państw została przeanalizowana w kontekście rozwoju rynku robotów przemysłowych na całym świecie, jednak ze względu na specyfikę rynków pracy

oraz różnorodność prowadzonej polityki rozwoju robotyzacji w poszczególnych regionach bardziej celowe wydało się zawężenie samej analizy do obszaru o cechach zbieżnych, tak by możliwe było uchwycenie faktycznego wpływu wdrażania robotów przemysłowych na udział pracy w dochodzie narodowym, nie zaś innych, nieujętych w modelu czynników.

Materiał badawczy w badaniach empirycznych stanowią dane Międzynarodowej Federacji Robotyki na temat wykorzystania robotów przemysłowych w produkcji, a także dane o pracy i jej udziale w dochodzie narodowym. Zostaną one wykorzystane przy konstrukcji modeli badających związki między udziałem pracy w dochodzie narodowym oraz zagęszczeniem robotów w wybranych krajach europejskich w latach 2005-2019.

3.1.1 Omówienie danych o udziale pracy w dochodzie narodowym i podziale dochodu z pracy

Analityczną część pracy oparto na dwóch źródłach danych statystycznych na temat udziału pracy. Pierwsze z nich dostarcza danych na temat udziału pracy w produkcie krajowym brutto, natomiast drugie - w dochodzie narodowym.

Szacunki udziału pracy w produkcie krajowym brutto pochodzą z bazy International Labour Organization (ILO). Głównym źródłem, z którego korzystano przy jej konstruowaniu, jest zbiór zharmonizowanych mikrodanych (danych ankietowych dotyczących pracy). W momencie przeprowadzania badania repozytorium to składało się z 11,819 zestawów danych pochodzących ze 151 krajów. Zbiór ten tworzyły przede wszystkim wyniki oficjalnych badań przeprowadzanych przez krajowe urzędy statystyczne. Pojedyncze badanie zawiera anonimowe informacje na temat aktywności zawodowej osób w badanych gospodarstwach domowych. Podstawową zaletą wskazanej bazy danych jest to, że zawiera ona dane umożliwiające dokonywanie porównań między krajami oraz w czasie, gdyż metody przetwarzania danych, a także przyjmowane definicje zostały ustandaryzowane. W badaniu ILO wspomniany zbiór został zawężony do 93 krajów oraz 711 zestawów danych (63 miliony pojedynczych obserwacji) z uwagi na fakt, że wykorzystano wyłącznie badania z danymi o dochodach z pracy, a także o przepracowanych godzinach. Ponadto wybrano zbiory pochodzące z lat 2004-2017, gdyż przed tym okresem dostępność zmiennych - a zwłaszcza informacji o dochodach - jest wyraźnie niższa. Dodatkowo w przypadku Niemiec wykorzystano zbiory pochodzące z bazy Luxembourg Income Study Database²⁶⁶.

²⁶⁶ United Nations Global SDG Database, 2022, SDG indicator metadata, <https://unstats.un.org/sdgs/metadata/files/Metadata-10-04-01.pdf> [dostęp: 03.08.2022].

Tymczasem statystyki udziału pracy w dochodzie narodowym zostały zaczerpnięte z badania bazującego na bazie World Inequality Database oraz dodatkowo UN System of National Accounts, Harvard i źródłach uzupełniających. Dane dotyczą produktu krajowego brutto i dochodu narodowego netto, a więc również amortyzacji i dochodu zagranicznego netto, a także zmienne odnoszące się do wskaźników cen i parytetu siły nabywczej. Drugie źródło dostarcza informacji o wynagrodzeniu pracowników, nadwyżce operacyjnej korporacji oraz przedsiębiorstw prywatnych nieposiadających osobowości prawnej, zużyciach środków trwałych, jak i o wysokościach podatków pośrednich bez subsydiów. Wymienione dane zostały zgromadzone dla 180 krajów. Brakujące dane zostały uzupełnione estymacjami na bazie innych dostępnych źródeł²⁶⁷.

Fakt oparcia analiz na statystykach dotyczących udziału pracy w dochodzie narodowym (oraz kontrolnie w produkcie krajowym brutto) wynika z tego, że zarówno historia rewolucji przemysłowych, jak i dotychczasowe badania nad wpływem robotyzacji na gospodarkę pokazują, że analiza sytuacji przemysłu w oderwaniu od zmian zachodzących na poziomie całego kraju daje niepełny obraz sytuacji. Jak dowodzą badania na temat wpływu robotów na pracę przywoływanych w rozdziale pierwszym, wdrażanie robotów może prowadzić do zastępowania pracowników (*displacement effect*), ale także do zwiększania popytu na pracę (*productivity effect*). Obliczanie wpływu zagęszczenia robotów na udział pracy w dochodach przedsiębiorstw przemysłowych oznaczałoby więc świadome pomijanie potencjalnego wpływu na kreację nowych stanowisk poza tymi przedsiębiorstwami.

W części teoretycznej podkreślono, że “udział pracy” jest pojęciem definiowanym podobnie przez badaczy, jednak na etapie operacjonalizacji badań nad jego wielkością przyjmuje się różne założenia, stąd osiągnane wyniki nie zawsze są spójne. W niniejszej pracy za podstawowe źródło danych przyjmuje się szacunki udziału pracy w dochodzie narodowym. Konwencjonalnie taki udział pracy w dochodach jest obliczany poprzez dzielenie wynagrodzenia, które zostaje wypłacone pracownikom, przez dochód narodowy.

²⁶⁷ Fisher-Post M., *Factor Shares in the Long Run*, “WID.world WORKING PAPER” nr 3, 2020.

Chociaż można uznać, że są to ustalenia, które nie nasuwają wątpliwości, z pomiarem udziału pracy wiąże się kilka problemów, zarówno konceptualnych, jak i natury praktycznej²⁶⁸.

Statystyki dotyczące udziału pracy w dochodzie narodowym zostaną porównane z udziałem pracy w produkcie krajowym brutto celem weryfikacji czy przyjęta metodologia w tym zakresie może nas prowadzić do różnych wniosków na temat potencjalnego wpływu robotyzacji produkcji na udział pracy. Udział pracy w produkcie krajowym brutto określono na podstawie danych opracowanych przez International Labour Organization (ILO). Zgodnie z przyjętą metodologią wykorzystano wzór: *udział pracy w produkcie krajowym brutto = (całkowite wynagrodzenie pracowników + dochody z pracy samozatrudnionych) / produkt krajowy brutto * 100*²⁶⁹. Z kolei kalkulacja statystyk dotyczących udziału pracy w dochodzie narodowym (pochodzących z bazy World Inequality Database) obejmuje dwa etapy. W pierwszym obliczany jest udział pracy w produkcie krajowym brutto w cenach czynników wytwórczych²⁷⁰:

$$\frac{Y_L}{Y} = \frac{CE + \alpha \cdot OS_{PUE}}{CE + OS_{CORP} + OS_{PUE}}$$

gdzie:

Y_L / Y - udział pracy w PKB w cenach czynników wytwórczych;

CE - dochód z pracy (wynagrodzenie w formalnych pensjach);

OS_{PUE} - dochód mieszany (dochód z pracy osiągniany przez samozatrudnionych; towarzyszy mu α - zazwyczaj nieobserwowalny składnik pracy w dochodzie mieszanym);

OS_{CORP} - dochód kapitałowy (nadwyżka operacyjna korporacji w sektorze przedsiębiorstw).

Założeniem, które przyjmuje się w powyższym równaniu, jest udział pracy w dochodzie mieszanym. Na bazie dotychczasowych szacunków dostępnych w literaturze zostało przyjęte, że wynosi on około 70%. Nie jest to założenie idealne, gdyż wskaźnik ten najprawdopodobniej różni się na poziomie krajów i na przestrzeni lat (zmieniają się choćby statystyki samozatrudnienia według branż), obecnie jednak badacze zakładają, że dostępny

²⁶⁸ Guerriero, M., *The Labor Share of Income Around the World: Evidence from a Panel Dataset*, “ADBI Working Paper” 920, 2019,

<https://www.adb.org/publications/labor-share-income-around-world-evidence-panel-dataset> [dostęp: 20.09.2022]

²⁶⁹ United Nations Global SDG Database, 2022, SDG indicator metadata, <https://unstats.un.org/sdgs/metadata/files/Metadata-10-04-01.pdf> [dostęp: 03.08.2022].

²⁷⁰ Fisher-Post M., *Factor Shares in the Long Run*, “WID.world WORKING PAPER” nr 3, 2020.

poziom wiedzy nie jest wystarczający, by możliwe było wykonanie bardziej dokładnych szacunków.

Ponadto należy zaznaczyć, że na finalnym etapie obliczenia dotyczą nie produktu krajowego brutto, lecz netto, zużycie środków trwałych jest więc odjęte od nadwyżki operacyjnej zarówno w liczniku, jak i w mianowniku równania. Etap drugi polega na przekształceniu produktu krajowego netto w dochód narodowy netto na podstawie wzoru:

dochód narodowy netto = PKB - amortyzacja + dochód zagraniczny netto, gdzie:

dochód zagraniczny netto = dochód zagraniczny netto przypadający pracy + dochód zagraniczny netto przypadający kapitałowi

Finalny wzór na udział pracy w dochodzie narodowym netto według cen czynników produkcji wygląda więc następująco:

$$\frac{Y_L}{Y} = \frac{CE + \alpha \cdot OS_{PUE} + NFI_L}{CE + OS_{CORP} + OS_{PUE} + NFI}$$

gdzie:

NFI - dochód zagraniczny netto (NFI_L - przypadający pracy).

3.1.2 Określenie pochodzenia danych z rynku robotów przemysłowych

Źródłem danych na temat zagęszczenia robotów przemysłowych wykorzystanym w pracy jest coroczny raport Międzynarodowej Federacji Robotyki (IFR). Publikacja "World Robotics Industrial Robots: Statistics, Market Analysis, Forecasts, Case Studies and Profitability of Robot Investments" obejmuje dane pozyskiwane od prawie wszystkich dostawców robotów przemysłowych na świecie. Dodatkowo są one uzupełniane statystykami dostarczonymi przez krajowe stowarzyszenia robotów (w celu walidacji danych pochodzących od dostawców oraz dołożenia informacji o podmiotach nieraportujących do IFR). Definicja zagęszczenia robotów wykorzystywana przez Międzynarodową Federację Robotyki jest spójna z tą przytoczoną w części teoretycznej pracy: jest to liczba robotów przemysłowych w produkcji przypadających na 10,000 pracowników.

Należy zaznaczyć, że analizowane statystyki dotyczą wyłącznie robotów przemysłowych z tego względu, że dostępne informacje pozwalają na ich podział według krajów, co w przypadku robotów usługowych jest niemożliwe, gdyż gromadzone dane na ich temat są zestawiane na poziomie kontynentów. Ograniczenie to utrudnia wykorzystanie bazy

do analizy robotów usługowych i porównanie wyników z wynikami dla robotów przemysłowych²⁷¹.

Raport przygotowywany przez Międzynarodową Federację Robotyki nie jest jedynym dostępnym publicznie źródłem danych na temat robotów przemysłowych. Alternatywę stanowi przede wszystkim baza UN Comtrade (roboty przemysłowe są w niej raportowane pod kodem 847950). Klimp i in. (2021) przeanalizowali korelacje między instalacjami robotów przemysłowych ujmowanymi w bazie Międzynarodowej Federacji Robotyki, a także Comtrade. Zgodnie z uzyskanymi przez nich wynikami dane dostarczane przez Comtrade są statystycznie wyższe. Szacowane przeciętne roczne instalacje na poziomie wszystkich krajów wynoszą 3,028 według IFR, natomiast według Comtrade import netto to wartość 4,407, różnica jest istotna statystycznie (*na poziomie istotności 5%*). Pomiędzy instalacjami raportowanymi przez IFR oraz wartościami pieniężnymi importu Comtrade występuje wysoka korelacja (porównywanie liczby sztuk raportowanych w obydwóch zestawieniach daje znacznie słabsze rezultaty), co sprawia, że wartościowa wydaje się kontrola wyników uzyskanych z obydwóch źródeł. Należy jednak zaznaczyć, że zbiory te różnią się od strony metodycznej. Przede wszystkim w Comtrade nie bierze się pod uwagę robotów przemysłowych, które nie podlegają importowi i eksportowi, a więc są produkowane w kraju docelowym. Istotnie obniża to statystyki krajów koncentrujących się na produkcji robotów na rynek własny. Jeszcze jedną charakterystyką różniącą obydwie zbiory jest przyjmowana w nich definicja robota przemysłowego - jest ona szersza w przypadku Comtrade, co zdaniem Klimpa i in. (2021) wynika z faktu, że Międzynarodowa Federacja Robotyki przyjęła definicję ISO²⁷². Jeszcze jednym potencjalnym źródłem danych na temat rozwoju rynku robotów przemysłowych w Europie jest European Manufacturing Survey, w ramach którego bada się wpływ robotów na zatrudnienie, a także na produktywność. EMS zawiera szacunki liczby przedsiębiorstw wykorzystujących roboty, jak i również informacje o intensywności ich wykorzystania w kontekście racjonalności ekonomicznej. Wreszcie dostępne są badania na poziomie poszczególnych krajów, prowadzone przede wszystkim przez krajowe stowarzyszenia robotyki. W przypadku ostatniej grupy badań dokonywanie międzynarodowych porównań jest jednak utrudnione ze względu na występujące różnice

²⁷¹ International Federation of Robotics, *World Robotics*, Frankfurt am Main 2021.

²⁷² Klimp R., Jurkat A., Schneider F., Tracking the rise of robots: A survey of the IFR database and its applications, "MPRA Paper" 2021, no. 110390.

metodologiczne na poziomie kraju. Badanie Klimpa i in. (2021) dowiodło, że aktualnie baza Międzynarodowej Federacji Robotyki stanowi jedyne wiarygodne źródło danych umożliwiających śledzenie tego w jaki sposób rozwija się rynek robotów przemysłowych na świecie, przede wszystkim ze względu na to, że zawiera ona statystyki obejmujące znaczną liczbę krajów, a także stosunkowo długi okres. Źródła alternatywne, takie jak wspomniana już baza UN Comtrade, European Manufacturing Survey oraz statystyki krajowe, stanowią cenne uzupełnienie, pozwalają na urzeczywistnienie wartości szacowanych w ramach badania Międzynarodowej Federacji Robotyki, ze względu na swoje ograniczenia nie są jednak w stanie tej bazy zastąpić²⁷³. Podobne wnioski można wyciągnąć po przeanalizowaniu wyników badania Duch-Browna i in. (2021), w którym dokonano przeglądu dostępnej literatury oraz raportów instytucjonalnych na temat wpływu robotyki przemysłowej i usługowej na gospodarkę. Stwierdzono, że w przypadku odniesień do danych o robotach około 90% z nich opiera się na statystykach przygotowywanych przez Międzynarodową Federację Robotyki. Niektóre opracowania dodatkowo łączą takie dane z informacjami pochodzącymi z innych źródeł, w tym z Eurostatu lub baz zawierających dane na poziomie firm²⁷⁴.

3.1.3 Wybór źródeł informacji o innych czynnikach wpływających na udział pracy w dochodzie

Na podstawie dokonanego przeglądu literatury stwierdza się, że na udział pracy w dochodzie narodowym może mieć wpływ wiele czynników na poziomie gospodarki. Kolejni badacze wskazują, że potencjalnie są to przede wszystkim zmienne odnoszące się do produktywności poszczególnych czynników produkcji, cen sprzętu i surowców, ekspozycji na import czy tempa wzrostu liczby pracowników. Bentolila, Saint-Paul (2003) zwracają dodatkowo uwagę na liczbę konfliktów pracowniczych w całym kraju, a Elsby M., Hobijn B., SahIn A. (2013) na zmiany wskaźnika uzwiązkowienia.

Tabela 4. Wybrane badania zmian udziału pracy w dochodzie

Badanie	Specyfikacja	Zmienne zależne	Zmienne niezależne
----------------	---------------------	------------------------	---------------------------

²⁷³ Klimp R., Jurkat A., Schneider F., Tracking the rise of robots: A survey of the IFR database and its applications, "MPRA Paper" 2021, no. 110390.

²⁷⁴ Duch-Brown N., Rossetti F., Haarburger R., *AI Watch. Evolution of the EU market share of robotics: Data and Methodology*, Publications Office of the European Union, Luxembourg 2021.

Bentolila, Saint-Paul (2003)	Wyjaśnienie zmian w udziale pracy	Udział pracy	Całkowita produktywność czynników produkcji (TFP), stosunek kapitału do produkcji, capital-output ratio, krajowa realna cena importowanej ropy, tempo wzrostu netto liczby pracowników w branży, liczba konfliktów pracowniczych w całym kraju, znormalizowana liczbą pracowników w roku poprzednim
Caines i in. (2017)	Zbadanie związku między złożonością zadań a strukturą płac i zatrudnienia, USA 1980–2005	Płace w postaci zlogarytmizowanej, zmiana wysokości płac, zmiana udziału w zatrudnieniu	Wskaźnik złożoności zadania, wskaźnik rutynowości zadania, zmienne kontrolne (udział kobiet w zatrudnieniu, udział absolwentów college'u i liceum, udział niebiałych ras, udział osób pozostających w związku małżeńskim, średnia wieku oraz średnia liczba posiadanych dzieci)
Elsby M., Hobijn B., Sahln A. (2013)	Wyjaśnienie spadku udziału pracy w USA w ciągu ostatnich 25 lat	Udział płac	Zmiana cen sprzętu, zmiana wskaźnika uzwiązkowienia, zmiana ekspozycji na import
Dauth i in. (2017)	Wyjaśnienie wyników rynku pracy, Niemcy 1994-2014	Skumulowany wynik rynku pracy, łączny wzrost zatrudnienia na poziomie lokalnym	Zmiana liczby zainstalowanych robotów, zmienne kontrolne: płeć, narodowość, trzy kategorie umiejętności, trzy kategorie stażu pracy, dwie grupy wiekowe, sześć kategorii wielkości zakładu pracy; ekspozycja na eksport netto na poziomie przemysłu

Źródło: opracowanie własne.

Opierając się na wskazanych badaniach przyjęto następujące propozycje zmiennych niezależnych do ujęcia w przygotowywanych modelach: ceny sprzętu, wskaźnik uzwiązkowienia, ekspozycja na import, tempo wzrostu netto liczby pracowników, zagęszczenie robotów przemysłowych. W toku prowadzonych analiz zostaną one uzupełnione dodatkowymi propozycjami zmiennych określających pracę i stan gospodarek w ogóle.

Dane dla powyższych charakterystyk pochodzą z następujących źródeł: dla cen sprzętu jest to Eurostat (*baza dotycząca parytetów siły nabywczej, wskaźników poziomu cen i realnych wydatków dla agregatów ESA 2010*), a dla wskaźnika uzwiązkowienia - OECD (*baza Trade Union Dataset*). Celem uchwycenia ekspozycji na import posłużono się danymi publikowanymi przez Bank Światowy oraz OECD (*baza World Development Indicators*), a w przypadku wzrostu netto liczby pracowników ponownie wykorzystano dane Eurostatu (*Employment and activity by sex and age (1992-2020) - annual data*).

3.2 Charakterystyka i proponowany przebieg badań

W ramach badania zaplanowano stworzenie, a następnie przetestowanie istotności modeli badających występowanie zależności między robotyzacją produkcji oraz udziałem pracy w dochodzie narodowym, a także weryfikujących zależności pomiędzy wspomnianą robotyzacją oraz rozwarstwieniem dochodów z pracy.

3.2.1 Zastosowane podejście badawcze

W etapie pierwszym zostaną omówione najważniejsze dane statystyczne, na których oparto dalsze analizy i które posłużą jako zmienne w modelowaniu. Następnie zaplanowano obliczenie korelacji między wspomnianymi zmiennymi. Otrzymane w ten sposób wartości mają przysłużyć się dwóm celom: po pierwsze pozwolić na wstępne określenie występujących powiązań, a po drugie na późniejsze wykluczenie w modelach zmiennych niosących ze sobą informacje zbliżone do innych, merytorycznie bardziej zasadnych (za wartość graniczną dla współliniowości przyjęto $|x| > 0,8$). W dalszym kroku zostaną wykonane regresje wielorakie z zastosowaniem procedury regresji krokowej (eliminacja wsteczna). Do porównania modeli z tą samą zmienną zależną wykorzystano skorygowane R^2 (pozytywnie oceniono modele o wartości R^2 nie mniejszej niż 0,75).

Podjęto decyzję o zastosowaniu modeli panelowych, biorąc jednak pod uwagę wiążące się z tym komplikacje natury metodologicznej, postanowiono o wprowadzeniu dodatkowego kroku dla sprawdzenia czy modele te rzeczywiście dostarczają dodatkowych informacji. Polega on na estymacji parametrów modeli za pomocą klasycznej metody najmniejszych kwadratów (KMNK), a także ważonej metody najmniejszych kwadratów.

Wreszcie w ostatnim kroku zaplanowano przeprowadzenie testów statystycznych, których wyniki zostaną zamieszczone w załącznikach. Od wyników wspomnianych testów uzależnione jest podjęcie dalszych kroków, polegających na ewentualnym wyciągnięciu

wniosków. W przypadku estymacji parametrów za pomocą KMNK oraz ważonej MNK jest to:

- badanie homoskedastyczności składnika losowego (test Breuscha-Pagana);
- weryfikacja autokorelacji (test Breuscha-Godfrey'a/Wooldridge'a);
- określenie współczynnika zmienności losowej;
- badanie normalności rozkładu składnika losowego (test Shapiro-Wilka);
- test liniowości modelu (Harveya-Colliera).

Przy estymacji dynamicznych modeli panelowych przeprowadzono:

- test wskazujący czy wykorzystane instrumenty są właściwe (Sargana);
- weryfikację występowania autokorelacji (test Arellano-Bonda);
- ocenę łącznej istotności zmiennych (test Walda);
- test łącznej nieistotności zmiennych reprezentujących efekt czasowy.

Ponadto z uwagi na panelowy charakter danych przeprowadzono badanie stacjonarności, wykorzystując najprostsze z dostępnych podejść, polegające na potraktowaniu zestawu danych jak zbioru szeregów czasowych i wykonanie niezależnych testów na obecność pierwiastka jednostkowego dla każdego niezależnie. Zdecydowano o wykorzystaniu w tym celu testu Dickeya - Fullera. Warto podkreślić, że takie podejście nie jest wolne od wad, zwiększa ono prawdopodobieństwo nieodrzućenia fałszywej H_0 ²⁷⁵.

3.2.2 Specyfika danych panelowych, wybór metody estymacji

Decyzja o wykorzystaniu w analizach danych panelowych pozwala na rozszerzenie poruszanych wątków o kolejne lata oraz kraje, z drugiej jednak strony wiąże się z komplikacjami, jakie nie występują w przypadku modelowania na podstawie danych wyłącznie czasowych bądź przekrojowych. Wzięcie pod uwagę podstawowych cech danych panelowych jest niezbędne przy wyborze metod estymacji, które niejednokrotnie są bardziej skomplikowane niż metody używane w przypadku modeli bazujących na danych jednowymiarowych (dla większości zbiorów panelowych zastosowanie modelu uogólnionego jest niemożliwe).

Modele panelowe (*ang panel data models*) zorientowane są zwykle na wyodrębnienie różnic między obiektami. Ich heterogeniczność staje się więc podstawowym zagadnieniem prowadzonych analiz, natomiast efekty czasowe są uważane za skokowe zmiany stanu. Co za

²⁷⁵ Staszczuk A., *Stacjonarność danych panelowych a konwergencja cenowa na przykładzie importu do krajów UE*, "Studia Ekonomiczne. Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego w Katowicach" nr 324, 2017.

tym idzie, najczęściej zakłada się, że na kształtowanie zmiennej objaśnianej wpływają niemierzalne, specyficzne dla obiektu czynniki (efekty grupowe) oraz/lub stałe względem obiektów, ale charakterystyczne dla okresu czynniki (efekty czasowe)²⁷⁶. Założenia te pokrywają się z tymi przyjętymi w rozprawie, gdyż z jednej strony jej celem jest zidentyfikowanie różnic między krajami w adaptacji robotów przemysłowych i udziale pracy w dochodzie narodowym, natomiast z drugiej nie można wykluczyć występowania efektów czasowych wspólnych dla analizowanych państw, wynikających choćby z wpływu kryzysu finansowego na gospodarkę.

Wśród zalet wykorzystania danych panelowych w praktyce wymienia się możliwość wyeliminowania z modelu nieobserwowalnego efektu θ_i , który jest niezmienny w czasie²⁷⁷. Co więcej, dają one szansę na weryfikację wielu hipotez, które nie mogłyby zostać przetestowane na podstawie danych jednowymiarowych. Równocześnie też jednak generują dodatkowe problemy. Jednym z wyzwań jest uwzględnienie dynamiki czasowej w modelach szacowanych na bazie danych panelowych. O ile bowiem w przypadku klasycznych modeli te same metody estymacji znajdują zastosowanie dla modeli statycznych i dynamicznych, gdy do modelu bazującego na danych panelowych wprowadzane są opóźnione wartości zmiennej objaśnianej, wpływa to negatywnie na własności estymatorów modeli statycznych. W literaturze przedmiotu można znaleźć różne propozycje poradzenia sobie z tym problemem, z których do najpopularniejszych zalicza się wykorzystanie uogólnionej metody momentów pierwszych różnic (*FDGMM*) opracowanej przez Arellano i Bonda. Uważa się, że jest to jedna z metod użytecznych w przypadku, gdy model zawiera endogeniczne bądź z góry ustalone zmienne objaśniające. Endogeniczność tymczasem jest zjawiskiem występującym powszechnie²⁷⁸. Także w przypadku udziału pracy w dochodzie narodowym przyjęcie założenia o ścisłej egzogeniczności nie wydaje się w pełni uzasadnione, oznaczałoby bowiem, że przeszłe wartości udziału pracy nie wpływają na wartości bieżące.

Dańska-Borsiak wskazuje, że GMM można uznać za metodę uniwersalną, która nie wymaga przyjmowania wielu założeń i jest nieskomplikowana w praktycznych

²⁷⁶ Barbara Dańska-Borsiak, *Dynamiczne modele panelowe w badaniach ekonomicznych*, Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego, Łódź 2011.

²⁷⁷ Lee M.J., *Panel Data Econometrics: Methods-of-Moments and Limited Dependent Variables 1st Edition*, Emerald Group Pub Ltd, New York 2002.

²⁷⁸ Barbara Dańska-Borsiak, *Dynamiczne modele panelowe w badaniach ekonomicznych*, Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego, Łódź 2011.

zastosowaniach²⁷⁹. GMM pierwszych różnic (ang. first-differenced GMM, FDGMM) została zaproponowana przez Arellano i Bonda (1991). Polega ona na obliczaniu pierwszych różnic w modelu celem usunięcia efektów grupowych, które są stałe w czasie:

$$y_{it} = \gamma y_{i,t-1} + u_{it} \quad (1)$$

$$y_{it} - y_{i,t-1} = \gamma(y_{i,t-1} - y_{i,t-2}) + (\varepsilon_{it} - \varepsilon_{i,t-1}) \quad \text{dla } t = 3, \dots, T \quad (2)$$

(1) Przypadek modelu autoregresyjnego, gdzie $u_{it} = \alpha_i + \varepsilon_{it}$.

(2) Pierwsze różnice dla modelu (1).

W kroku drugim zmienne objaśniające zastępuje się instrumentami. Ich zbiór stanowią poziomy zmienne opóźnione o dwa bądź więcej okresów. Przykładowo dla $t = 3$ zmienną instrumentalną może być y_{i1} , gdyż z założeń wynika, że jest ona nieskorelowana z $(\varepsilon_{i3} - \varepsilon_{i2})$ ²⁸⁰ i skorelowana z $(y_{i2} - y_{i1})$.

Wreszcie estymatory parametrów strukturalnych otrzymuje się stosując GMM do modelu pierwszych różnic.

$$\hat{\gamma}_{\text{GMM}} = \left[\left(\sum_{i=1}^N \Delta y_{i,-1}^T \mathbf{Z}_i \right) \mathbf{W}_N \left(\sum_{i=1}^N \mathbf{Z}_i^T \Delta y_{i,-1} \right) \right]^{-1} \left[\left(\sum_{i=1}^N \Delta y_{i,-1}^T \mathbf{Z}_i \right) \mathbf{W}_N \left(\sum_{i=1}^N \mathbf{Z}_i^T \Delta y_{i,-1} \right) \right]$$

Zastosowanie tego estymatora w praktyce wymaga wyznaczenia macierzy \mathbf{Z}_i zawierającej zmienne instrumentalne i estymacji macierzy wag. Początkowy estymator parametru, uzyskany z wykorzystaniem macierzy wag zaproponowanej przez Arellano i Bonda, nazywany jest jednostopniowym estymatorem GMM pierwszych różnic. Estymator dwustopniowy można uzyskać po zastąpieniu proponowanej macierzy wag jej zgodnym i asymptotycznie efektywnym estymatorem postaci ogólnej. Wskazane podejście można naturalnie zmodyfikować na taki przypadek modelu, gdzie występują niezależne zmienne objaśniające²⁸¹.

²⁷⁹ Ibidem.

²⁸⁰ ε_{it} są nieskorelowane w czasie.

²⁸¹ Barbara Dańska-Borsiak, *Dynamiczne modele panelowe w badaniach ekonomicznych*, Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego, Łódź 2011.

Należy zaznaczyć, że stosowanie wskazanej metody może być problematyczne, gdy opóźnione poziomy zmiennych są zbyt słabymi instrumentami, to jest zmienne instrumentalne są słabo skorelowane ze zmienną objaśniającą²⁸². Nie jest to więc metoda zupełnie pozbawiona wad i ograniczeń, ze względu na jej zalety podjęto jednak decyzję o wykorzystaniu jej w obliczeniach zawartych w rozdziale piątym. Dokładniejszy opis zastosowanej metody badawczej można znaleźć między innymi w: Dańska-Borsiak (2011), Arellano (2004), Baltagi (2005).

Podsumowując, jak podkreślało wielu badaczy, nie istnieje jedna uniwersalna metoda szacowania dynamicznych modeli dla danych panelowych, a wybór różnych estymatorów może skutkować otrzymaniem innych oszacowań. Wyniki wydają się więc zależeć nie tylko od próby badawczej czy okresu analizy, ale też od zastosowanej metody estymacji. W przypadku estymatorów Arellano-Bonda, które zostaną użyte w rozdziale piątym, podkreśla się że cechuje je znaczna wariancja, natomiast z drugiej strony są one najbardziej adekwatne w przypadku krótkich paneli.

3.3 Identyfikacja dodatkowych wyzwań metodologicznych i potencjalnych ograniczeń w badaniu zależności między robotyzacją produkcji i udziałem pracy w dochodzie narodowym

Wyzwania metodologiczne, a także potencjalne ograniczenia w planowanych badaniach wynikają nie tylko z faktu estymacji modeli w oparciu o dane panelowe. Najważniejszym ograniczeniem badania wpływu rozwoju rynku robotów przemysłowych na podział dochodu jest dostępność rzetelnych danych na temat wykorzystania robotów w przedsiębiorstwach. Po zapoznaniu się z metodologią publikowanych informacji w tym zakresie można wyróżnić kilka potencjalnych ograniczeń wynikających z przyjętych sposobów gromadzenia danych²⁸³:

- Ze względu na przyjmowaną definicję robota przemysłowego, część robotów może nie być klasyfikowana odpowiednio, co potencjalnie prowadzi do różnic między zbiorami przygotowywanymi na podstawie definicji, które nie są zbieżne, a także jest powodem nieujmowania części robotów w kategorii “roboty przemysłowe”.

²⁸² Ibidem.

²⁸³ Klimp R., Jurkat A., Schneider F., Tracking the rise of robots: A survey of the IFR database and its applications, "MPRA Paper" 2021, no. 110390.

- Z kolei ze względu na specyfikę transakcji, część wdrożeń także nie jest brana pod uwagę. W przypadku bazy Comtrade dotyczy to robotów sprzedawanych w kraju producenta. W zbiorze Międzynarodowej Federacji Robotyki problemem jest pomijanie danych na temat robotów wykorzystywanych bezpośrednio w przedsiębiorstwach, które je wytworzyły.
- Istnieje również ryzyko niewłaściwej klasyfikacji części transakcji. Chociaż w teorii miernikiem wykorzystania robotów w przedsiębiorstwach powinny być ich roczne instalacje, łatwiej dostępne i bardziej kompletne są dane na temat wysyłki robotów od producenta do klienta (Międzynarodowa Federacja Robotyki używa słów “wysyłki” i “instalacje” zamiennie, bazując kalkulacje na wysyłkach). Powoduje to, że dane o rocznych instalacjach mogą być niedokładne po pierwsze ze względu na możliwość wystąpienia odchyleń geograficznych (gdy kupujący zainstaluje robota w innym kraju niż ten, do którego został on oryginalnie dostarczony) lub czasowych (gdy przykładowo robot zostaje wysłany przez producenta w danym roku, ale instalowany jest dopiero w roku kolejnym)²⁸⁴.
- Założenie dotyczące amortyzacji może mieć znaczący wpływ na bieżące wartości robotów przemysłowych znajdujących się w użyciu (przykładowo w statystykach Międzynarodowej Federacji Robotyki przyjmuje się, że amortyzacja jest jednorazowa i dokonuje się po dwunastu latach, co jest niezgodne z literaturą głównego nurtu, gdzie przyjmuje się, że zwykle amortyzacja dokonywana jest z jednego okresu na drugi²⁸⁵).
- Koncentrując się na statystykach dotyczących liczby zainstalowanych robotów, świadomie pomijamy jakościowe różnice wynikające z dokonującego się nieustannie postępu technologicznego. Zakładamy więc, że robot zainstalowany w ostatnim roku badanego okresu będzie miał taką samą jakość jak ten, który został przyjęty do użytku na jego początku. Nie uwzględniamy wreszcie, co jest ograniczeniem większości badań ilościowych, różnic na poziomie pojedynczego produktu, takich jak różnice w konstrukcji funkcjonalności czy w stopniu autonomii. Przyjmujemy również, że poziom przyjęcia (wykorzystania) robota nie zależy od charakterystyki działalności branży czy przedsiębiorstwa.

²⁸⁴ International Federation of Robotics, *World Robotics*, Frankfurt am Main 2021.

²⁸⁵ Graetz G., Michaels G., Robots at work, “Review of Economics and Statistics” 2018, nr 100(5).

Wyzwaniem jest jednak nie tylko zebranie jak najbardziej zbliżonych do stanu faktycznego danych na temat wielkości rynku robotów przemysłowych w poszczególnych krajach, ale także zestawienie ich z odpowiednimi danymi dotyczącymi pracy i jej udziału w dochodzie narodowym. W przypadku tych ostatnich konieczne jest pamiętanie o następujących ograniczeniach²⁸⁶:

- Przede wszystkim na udział pracy w dochodzie narodowym potencjalnie wpływa wiele czynników, a rozwój robotyzacji w ostatniej dekadzie może być tylko jednym z nich, niekoniecznie najważniejszym. Udział pracy może spaść wskutek spadku płac, spadku zarobków samozatrudnionych, zmian w strukturze zatrudnienia, a najprawdopodobniej kombinacji tych czynników, uchwycenie więc wszystkich składowych tych zmian jest zadaniem niewykonalnym.
- Ważnym ograniczeniem jest konieczność dokonywania założeń dotyczących udziału pracy w dochodzie mieszanym, którego wielkość jest nieobserwowalna, a równocześnie konieczna do uwzględnienia jako dochód z pracy osiągniany przez samozatrudnionych. Szacuje się, że jest to parametr stabilny, a jego wartość wynosi w przybliżeniu 70%. Alternatywne metody szacowania dochodu z pracy samozatrudnionych także wymagają przyjęcia założeń - na przykład o występowaniu korelacji między dochodem z pracy osiąganym przez pracowników z dochodem samozatrudnionych o zbliżonych cechach²⁸⁷.
- Wyzwanie stanowi także odpowiednia interpretacja wspomnianego wskaźnika po zestawieniu go ze zmianami w zagęszczeniu robotów. Kiedy myślimy o udziale pracy w dochodzie narodowym, w naturalny sposób porównujemy wartość tego wskaźnika z udziałem gromadzonym przez kapitał w danym okresie. Ważne jest jednak podkreślenie zależności obydwóch wartości od cyklu koniunkturalnego. W okresach ekspansji udział pracy w dochodzie narodowym rośnie, gdy dochody z pracy rosną szybciej niż dochody z kapitału, z kolei w przypadku recesji udział pracy rośnie także w sytuacji, gdy dochody z pracy spadają, jednak spadki te są mniejsze niż w przypadku zysków. Wzrost udziału pracy w dochodzie narodowym niekoniecznie więc będzie oznaczał wzrost dochodów z pracy.

²⁸⁶ United Nations Global SDG Database, 2022, SDG indicator metadata, <https://unstats.un.org/sdgs/metadata/files/Metadata-10-04-01.pdf> [dostęp: 03.08.2022].

²⁸⁷ Fisher-Post M., *Factor Shares in the Long Run*, "WID.world WORKING PAPER" nr 3, 2020.

Wreszcie niektóre ograniczenia badań opierających się na danych statystycznych związanych z dochodem narodowym są pochodną wad przypisywanych samemu miernikowi. Punktem wyjścia do jego obliczenia jest oszacowanie produktu krajowego brutto. Do wad przypisywanych takim kalkulacjom zalicza się to, że:

- Część aktywności jest z założenia pomijana. Dotyczy to zmian w produkcji czy aktywności nierynkowych, w tym także nielegalnych przedsięwzięć. Do tej grupy zaliczyć można darmowe dobra cyfrowe, takie jak Facebook, Wikipedia czy Twitter. Biorąc pod uwagę fakt, że zarówno internet, jak i telefonia mobilna dostarczają darmowe usługi na coraz większą skalę, a proponowane przez nie rozwiązania stają się coraz bardziej popularne wśród użytkowników, oznacza to, że błąd pomiaru rośnie w czasie²⁸⁸.
- Co więcej, przy obliczaniu produkcji krajowej brutto nie uwzględnia się wynikających z niej ujemnych efektów zewnętrznych, którymi obciążone są podmioty niezaangażowane bezpośrednio w proces produkcyjny (*wynikających przykładowo z zanieczyszczenia powietrza czy gleby, a w przypadku robotyzacji potencjalnie z występowania efektu wypierania na skalę masową, który dotyczy sytuacji wyparcia motywacji wewnętrznej pracownika w wyniku wystąpienia interwencji zewnętrznej, a który przypisuje się obniżeniu poczucia własnej wartości oraz poczucia samostanowienia*²⁸⁹; w takiej sytuacji koszt ponosi zarówno pracodawca, gdyż następuje obniżenie wydajności pracownika, ale też sam zatrudniony, ponieważ obniża się jakość jego życia).

Ze względu na te charakterystyki produkt krajowy brutto częściowo traci na wiarygodności jako miara poziomu dobrobytu. Nadal jednak pozostaje on najlepszą miarą produkcji wytworzonej w danym kraju i w przyjętym okresie z punktu widzenia możliwości dokonywania porównań międzynarodowych ze względu na ujednoliconą metodologię jego opracowywania na poziomie światowym.

Do listy ograniczeń, które wiążą się z wykorzystywaniem w obliczeniach produktu krajowego brutto, należy doliczyć dodatkowe szacowania, które są niezbędne, by uzyskać

²⁸⁸ Brynjolfsson E., McAfee A., *Wyścig z maszynami. Jak rewolucja cyfrowa napędza innowacje, zwiększa wydajność i w nieodwracalny sposób zmienia rynek pracy*, Kurhaus Publishing Kurhaus Media sp. z o.o. sp.k., Warszawa 2015.

²⁸⁹ Frey B.S., Jegen R., *Motivation Interactions: Effects on Behaviour*, "Annales d'Économie et de Statistique", nr 63/64.

wartość dochodu narodowego w cenach czynników wytwórczych, a które wiążą się dodatkowo z ryzykiem utraty precyzji. Dotyczy to dochodu zagranicznego netto, ale też - lub raczej przede wszystkim - amortyzacji. Szacowanie jej wielkości jest uważane za wyzwanie metodologiczne.

Co więcej, badając związek pomiędzy zmianami w udziale pracy w dochodzie a zagęszczeniem robotów z uwzględnieniem innych czynników wpływających na udział pracy w dochodzie, należy mieć świadomość, że także szacunki dotyczące pozostałych czynników mogą być niedokładne:

- W przypadku badania ekspozycji na import bierze się pod uwagę zestawienia raportów celnych oraz danych bilansu płatniczego. Nawet jeśli dane o transakcjach transgranicznych są rzetelne, mogą nie odpowiadać właściwym zasadom wyceny dóbr czy określania terminów dokonania transakcji. Ponadto rejestracji nie podlegają oczywiście transakcje nielegalne, jak i również dobra przewożone w ramach legalnego, jednak niezgłoszonego handlu wahadłowego²⁹⁰. Istnieje więc spore prawdopodobieństwo niedoszacowania ekspozycji na import.
- Jeśli chodzi o badanie tempa wzrostu liczby pracowników, podstawowe ograniczenie jest ujęte w przyjmowanej definicji zatrudnionego, która mówi o tym, że jest to osoba, która w badanym okresie wykonywała pracę zarobkową przez przynajmniej jedną godzinę. W statystykach sporządzonych zgodnie z tą definicją pracownik, który otrzymał wynagrodzenie za jedną godzinę pracy, będzie więc ujęty w dokładnie taki sam sposób jak ten, który przepracował pełny tydzień. Alternatywą dla mierzenia liczby pracowników jest analizowanie liczby stanowisk (w tym przypadku jednak pojedyncza osoba zatrudniona w dwóch miejscach jest ujęta w statystykach podwójnie) lub liczby przepracowanych godzin, jednak to liczba pracowników jest uznawana za wartość najbardziej uniwersalną, wykorzystuje się ją również przy konstrukcji różnych wskaźników oceniających aktualną kondycję danego rynku pracy.
- W odniesieniu do wskaźnika uzwiązkowienia należy podkreślić, że jego ograniczenia różnią się w zależności od tego czy analizujemy wskaźnik uzwiązkowienia brutto

²⁹⁰ World Bank national accounts data, and OECD National Accounts data, <https://databank.worldbank.org/reports.aspx?source=2&series=NE.IMP.GNFS.ZS&country=#> [dostęp: 04.04.2022].

(uwzględniani są w tym przypadku wszyscy członkowie związków, także bezrobotni, studenci czy emerytowani pracownicy; ich liczba zestawiana jest z liczbą wszystkich osób otrzymujących wynagrodzenie z tytułu zatrudnienia lub z sumą wspomnianych osób i bezrobotnych) czy też wskaźnik netto (tutaj analizuje się liczbę członków związków zawodowych pomniejszoną o liczbę bezrobotnych oraz emerytów, w odniesieniu do liczby aktywnych zawodowo)²⁹¹. Drugi wskaźnik w dokładniejszy sposób szacuje reprezentację związków zawodowych w sile roboczej, jednak może mówić mniej o ich sile w społeczeństwie w ogóle. Kolejnym ograniczeniem - zarówno wskaźnika brutto, jak i netto - jest dostęp do źródeł danych na temat przynależności do związków zawodowych w poszczególnych krajach. W jednym z podejść wykorzystuje się dane przygotowywane przez poszczególne związki zawodowe oraz federacje związkowe. W znacznej części krajów są one publikowane przez krajowy urząd statystyczny, ministerstwo pracy albo federację związków zawodowych. Jego zaletą jest to, że zapewnia ona dostęp do długoterminowych szeregów czasowych danych o członkostwie w związkach zawodowych. Wśród wad należy wymienić fakt, że na jakość danych wpływają różne praktyki administracyjne. Ich występowanie wynika z tego, że związki zawodowe mogą mieć różne powody, by zawyżać lub zaniżać statystyki dotyczące swoich członków w raportach przygotowywanych dla agencji rządowych, pracodawców, konkurentów - natury finansowej bądź politycznej. Poszczególne jednostki mogą także stosować różne definicje członka aktywnego i świadomie wpływać na proces opóźniania usuwania członków, którzy nie pracują już w danej branży lub nie płacą składek członkowskich, co prowadzi do uwzględniania w statystykach osób, które nie są już aktywne na rynku pracy lub nie uważają się za członków związków zawodowych. Związki czasami utrzymują przynależność bezrobotnych czy emerytów, a w niektórych przypadkach także osób prowadzących działalność na własny rachunek, takich jak sprzedawcy czy drobni rolnicy (podobnie Lesch (2004) wspomina o uwzględnianiu emerytowanych, a także bezrobotnych członków, którzy powinni zostać pominięci). Co do zasady takie grupy powinny zostać wykluczone z danych sondażowych, tak by zgłoszenia dotyczyły wyłącznie osób otrzymujących pensje. Jest to kluczowe dla zapewnienia spójności wskaźników zagęszczenia, gdyż te oblicza się dzieląc liczbę zgłoszonych

²⁹¹ Lesch H., Trade Union Density in International Comparison, "CESifo Forum", nr 4/2004.

członków związków zawodowych przez liczbę zatrudnionych pracowników najemnych. Wskaźniki po tym dostosowaniu to wspomniane już wskaźniki netto. Jeszcze jednym wyzwaniem jest ryzyko podwójnego liczenia, dotyczy ona zwłaszcza pracowników należących do związków zawodowych i stowarzyszeń zawodowych. Dostępne badania sugerują, że istnieje możliwość, że statystyki członkostwa zgłaszane przez związki z tego tytułu są zawyżone, ale w większości przypadków są to niewielkie różnice²⁹². Drugie podejście pozwalające na szacowanie wskaźnika uzwiązkowania polega na badaniu gospodarstw domowych albo też siły roboczej. Ma to wyraźne zalety, gdy celem jest uzyskanie szczegółowych wskaźników dla danego przemysłu, grupy zawodowej, płci czy innych cech osób pracujących albo miejsc pracy. Charakterystyki konkretnego pracownika czy jego nastawienie może być bezpośrednio powiązane z przynależnością do związku zawodowego, zaangażowaniem w jego działalność. Z drugiej jednak strony niewiele krajów (Niemcy, Finlandia, kraje anglosaskie) dysponuje danymi historycznymi na takim poziomie szczegółowości²⁹³. Jeszcze inne podejście ankietowe zakłada zwracanie się do zarządzających przedsiębiorstwami o oszacowanie liczby pracowników zaangażowanych w działalność związkową²⁹⁴.

- Ostatni z proponowanych wskaźników odnosi się do cen sprzętu. Jego szacowanie także wiąże się z koniecznością zderzenia się z kilkoma wyzwaniami. Pierwsze dotyczy możliwości wystąpienia błędów pomiarowych wynikających z niezgodności pomiędzy przyjętą definicją oraz faktyczną definicją produktów ujętych w próbie (na przykład w zakresie parametrów jakościowych). W teorii proces walidacji powinien wyeliminować błędy tego typu poprzez porównanie materiałów dostarczanych przez każdy kraj, a także ocenę ich wiarygodności, jednak w praktyce niektóre błędy są trudne do zidentyfikowania, zwłaszcza jeśli dotyczą one jakości. Problem wynika więc przede wszystkim z niejednorodności źródeł danych. Jest z tym związane także drugie potencjalne ograniczenie. Pojawia się ono, gdy nie ma możliwości uzyskania odpowiedzi ze strony konkretnej jednostki statystycznej na temat cen danego

²⁹² OECD, *Key issues for labour market and social policies*, www.oecd.org/els/emp/4358365.pdf [dostęp: 05.04.2022].

²⁹³ Lesch H., Trade Union Density in International Comparison, "CESifo Forum", nr 4/2004.

²⁹⁴ OECD, *Key issues for labour market and social policies*, www.oecd.org/els/emp/4358365.pdf [dostęp: 05.04.2022].

produktu, zwłaszcza gdy ceny te nie występują. W takich sytuacjach przypisuje się relatywną cenę na podstawie relatywnych cen innych produktów. Idąc dalej, jeśli kraj nie dostarcza informacji na temat żadnego przykładowego produktu w podstawowej pozycji, luki są wypełniane na podstawie dostępnych danych dla podobnego bądź hierarchicznego produktu²⁹⁵.

Reasumując, badając związek między udziałem pracy w dochodzie narodowym oraz czynnikami mogącymi mieć na niego wpływ zawsze narażamy się na ryzyko popełnienia błędów w szacowaniu ze względu na fakt korzystania z danych, które nie są kompletne czy dokładne. Najważniejszym jednak ograniczeniem badań tego typu jest brak możliwości uchwycenia wszystkich czynników potencjalnie zmieniających udział pracy w dochodzie narodowym.

W celu zminimalizowania wynikającego z tego faktu błędu pomiaru do grupy analizowanych krajów zaliczono te, które mają cechy wspólne jeśli chodzi o sposób funkcjonowania rynku pracy czy przyjętą kulturę pracy, a przy tym różniące się w kolejnych latach odsetkiem dochodu narodowego przypadającym pracy. Ponadto w analizie wykorzystano wyłącznie dane pochodzące ze źródeł międzynarodowych, tak by wyeliminować ewentualne błędy wynikające z różnic definicyjnych oraz metodologicznych występujących w analizach krajowych.

²⁹⁵ *Purchasing power parities (PPPs), price level indices and real expenditures for ESA 2010 aggregates*, Eurostat, https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/PRC_PPP_IND__custom_2519098/default/table?lang=en [dostęp: 03.04.2022].

ROZDZIAŁ 4. DYNAMIKA ROZWOJU RYNKU ROBOTÓW PRZEMYSŁOWYCH W KONTEKŚCIE ZMIAN NA RYNKU PRACY. FAKTOGRAFIA

W części teoretycznej zidentyfikowano warunki, które potencjalnie kształtują różnice w rozwoju robotyzacji produkcji, a także decydują o tym jak wyglądają rynki pracy w poszczególnych krajach. Kolejnym krokiem jest wykorzystanie zebranych informacji do określenia czy wybrane kraje europejskie rzeczywiście różnią się we wskazanych obszarach oraz czy wyjaśnia to na jaką skalę wdrażane są w nich roboty przemysłowe i zmienia się udział pracy w dochodzie narodowym.

Punktem wyjścia będzie ustalenie stanu faktycznego robotyzacji produkcji, zarówno na poziomie świata, jak i w dalszej kolejności Europy. Analiza powinna dostarczyć odpowiedzi na pytanie o to które kraje Starego Kontynentu stały się liderami pod względem wykorzystania robotów przemysłowych w produkcji i co mogło do tego doprowadzić. Pozwoli to dokonać wyboru podmiotów do dalszej analizy, a także pogrupować je ze względu na podobieństwa w zagęszczeniu robotów. W kroku drugim zostanie przedstawiona sytuacja na wskazanych rynkach pracy Europy celem ustalenia jakie czynniki niezwiązane z robotyzacją produkcji mogą kształtować udział pracy w dochodzie narodowym wybranych państw. Przygotowane dane zostaną opisane, a następnie wykorzystane do wyodrębnienia grup krajów o cechach zbliżonych (przy użyciu grupowania hierarchicznego).

W rezultacie kolejne fragmenty powinny dostarczyć odpowiedzi na kilka pytań. Pierwsze z nich dotyczy tego czy państwa o zbliżonych charakterystykach rynków pracy wdrażają roboty przemysłowe w podobnym stopniu. Drugie odnosi się do propozycji zmiennych oddziałujących na udział pracy w dochodzie narodowym: czy można mówić o występowaniu korelacji między wspomnianym udziałem pracy i charakterystykami wskazanymi w literaturze przedmiotu w przypadku wybranych krajów i okresu analizy zawężonego do lat 2005-2019? I wreszcie - czy wskaźnik zagęszczenia robotów przemysłowych może zostać uznany za jedną z takich propozycji? Ustalenia te posłużą w ostatnim rozdziale przy konstrukcji modeli ekonometrycznych mających zweryfikować

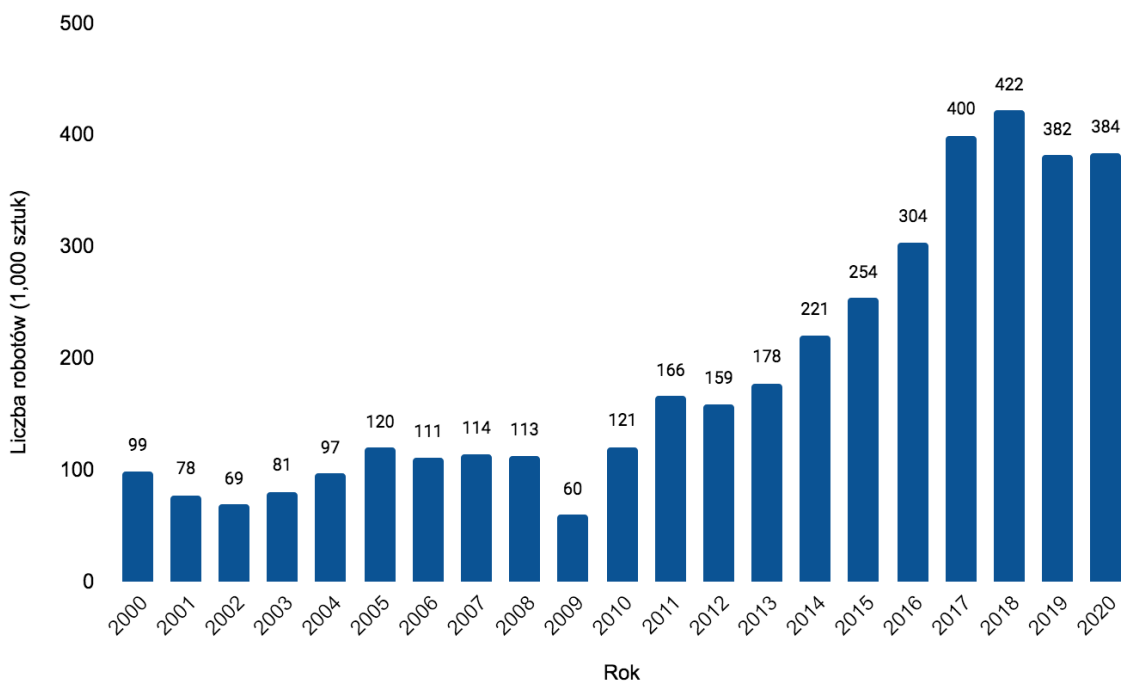
występowanie zależności między udziałem pracy w dochodzie narodowym i zagęszczeniem robotów przemysłowych.

4.1 Robotyzacja procesów produkcyjnych w Europie i na świecie. Stan oraz perspektywy rozwoju zjawiska

4.1.1 Roboty przemysłowe na świecie

Dane na temat sprzedaży robotów przemysłowych na świecie wskazują, że zainteresowanie ich wykorzystaniem rosło niemal nieprzerwanie na przestrzeni ostatnich dwudziestu lat. Sugerują to publikowane corocznie szacunki Międzynarodowej Federacji Robotyki.

Wykres 1. Sprzedaż robotów przemysłowych na świecie (tys. sztuk)



Źródło: International Federation of Robotics, *World Robotics*, Frankfurt am Main 2021.

Wyraźny spadek nastąpił jedynie w roku 2009, przy okazji kryzysu finansowego, po którym trend wzrostowy utrzymywał się do roku 2018. Popyt na roboty przemysłowe zwiększał się pod wpływem rosnącego zainteresowania automatyzacją procesów, a także

dzięki rozwojowi technologii pozwalających na dostarczanie coraz lepszych rozwiązań w coraz niższych cenach. Spadek liczby szacunkowych instalacji w roku 2019 w opinii ekspertów Międzynarodowej Federacji Robotyki jest wynikiem przejściowych trudności w sektorach generujących największy popyt na roboty przemysłowe, a także konfliktów handlowych między Chinami oraz Stanami Zjednoczonymi. Łącznie od roku 2005 do 2019 sprzedano 3,125 tys. sztuk robotów przemysłowych w skali świata. Roczna wielkość sprzedaży wzrosła w tym czasie ze 120 tys. sztuk w roku 2005 do 382 tys. sztuk w roku 2019. Szacuje się, że na koniec roku 2019 łączna liczba robotów przemysłowych działających na całym świecie wyniosła około 2,7 miliona sztuk²⁹⁶.

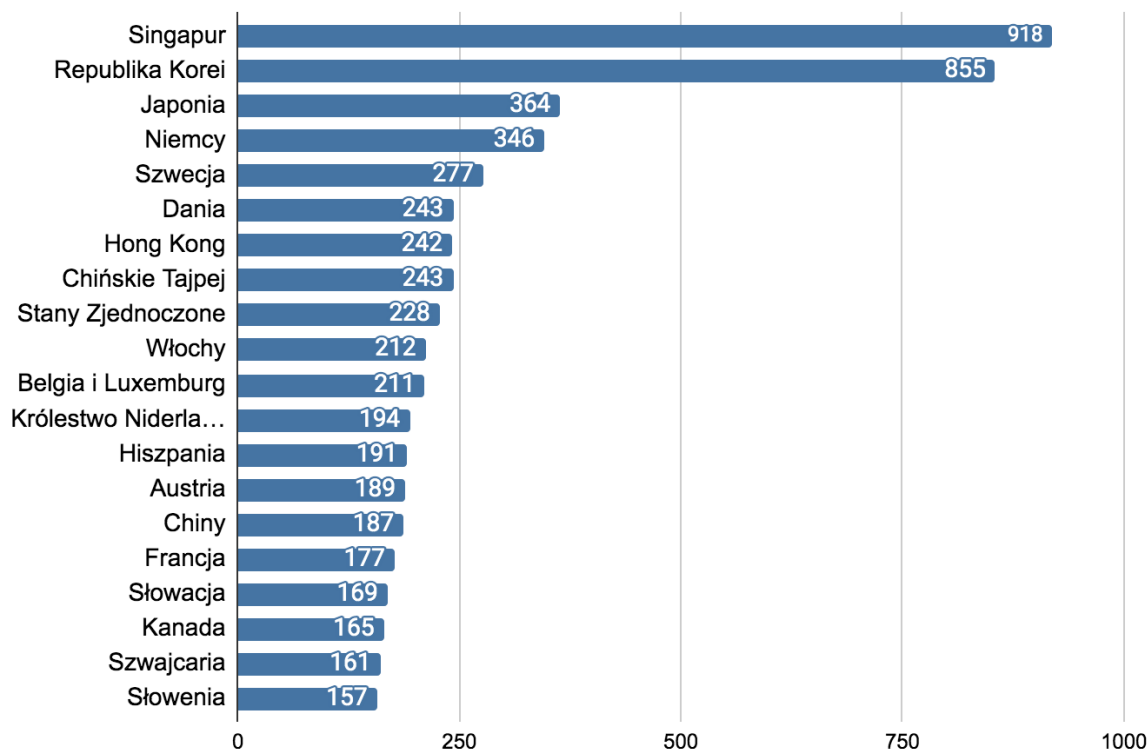
Największym rynkiem robotów przemysłowych jest Azja (przede wszystkim Chiny, Japonia oraz Korea Południowa), około 67% robotów wdrożonych w roku 2019 zostało zainstalowanych właśnie tam. Europa pozostaje drugim pod względem wielkości rynkiem robotów przemysłowych. Trzecim jest rynek amerykański, na którym największą liczbę operujących robotów w przeliczeniu na 10,000 pracowników odnotowuje się dla Stanów Zjednoczonych. Powodów takiego rozłożenia robotów na świecie można dopatrywać się w determinantach rozwoju rynku robotów o zastosowaniach przemysłowych (*omówionych szerzej w Rozdziale 1.5*)²⁹⁷:

- Republika Korei mierzy się z problemem starzejącego się społeczeństwa. Podobnie Japonia, gdzie już teraz odczuwalny jest niedobór pracy, co jest przykładem spadającej konkurencyjności pracy ludzkiej.
- Singapur jest uznawany za idealne środowisko do testowania automatycznych systemów miejskich, można więc stwierdzić, że ma wysoko rozwinięty rynek konsumencki, umożliwiającą szersze stosowanie robotów.
- Stany Zjednoczone charakteryzuje wysoki poziom inwestycji, zarówno w rozwiązania z zakresu robotyki, jak i sztucznej inteligencji, a także ponadprzeciętne możliwości w zakresie przyciągania inżynierskich talentów z całego świata. Oznacza to znacznie mniejsze narażenie na występowanie podstawowych ograniczeń w rozwoju robotyzacji, do których zalicza się brak wykwalifikowanej siły roboczej czy ryzyko wydłużania się czasu oczekiwania na zwroty z inwestycji.

²⁹⁶ International Federation of Robotics, World Robotics 2020 Report.Extraits, <http://reparti.free.fr/robotics2000.pdf> [dostęp: 10.05.2022]

²⁹⁷ Lee K.F., *Inteligencja sztuczna, rewolucja prawdziwa. Chiny, USA i przyszłość świata*, Wydawnictwo Media Rodzina, Poznań 2019.

Wykres 2. Liczba zainstalowanych robotów w przeliczeniu na 10,000 pracowników produkcyjnych, 2019



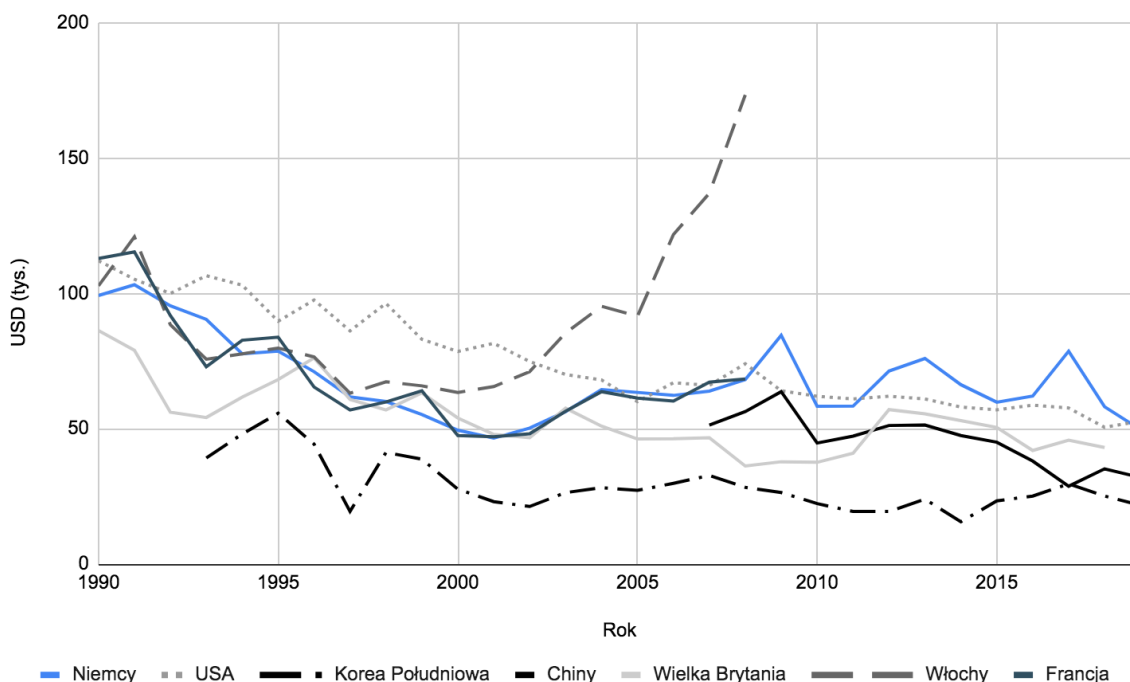
Źródło: International Federation of Robotics, *World Robotics*, Frankfurt am Main 2021.

- Natomiast siłą Chin, w których liczba rocznych instalacji jest obecnie najwyższa na świecie, jest przede wszystkim kultura przedsiębiorczości oparta na regule “zwycięzca bierze wszystko” (poszczególne podmioty kopiują nawzajem swoje rozwiązania, wprowadzając tym samym bardziej zaciekłą konkurencję na rynku), jak i również rządowe wsparcie dla rozwoju sztucznej inteligencji w ogóle. Ponadto Chiny mają większe niż w innych krajach możliwości jeśli chodzi o gromadzenie danych, które stanowią bazę zaawansowanych rozwiązań.

W przypadku wielu krajów zauważa się jeszcze jedną tendencję wyszczególnianą jako czynnik mający wpływ na tempo rozwoju robotyzacji, są to malejące koszty ich wykorzystania. W skali globalnej zauważa się spadek średnich cen jednostkowych robotów przemysłowych przy równoczesnej poprawie ich jakości na przestrzeni lat. Warto zauważyć, że w niektórych krajach (*przykładem zamieszczonym na Wykresie 3. są Włochy*) rosły one

przed kryzysem finansowym wyraźnie mocniej niż w innych. Przeważnie po wzrostach następowała stabilizacja lub dalszy spadek cen. Obecnie najniższe ceny można zaobserwować w Korei Południowej, równocześnie jest to kraj z drugą największą liczbą zainstalowanych robotów w przeliczeniu na 10,000 pracowników (*Wykres 2.*).

Wykres 3. Średnie ceny jednostkowe robotów przemysłowych w wybranych krajach, 1990-2019 (tys. USD)



Źródło: Klimp R., Jurkat A., Schneider F., Tracking the rise of robots: A survey of the IFR database and its applications, "MPRA Paper" 2021, no. 110390.

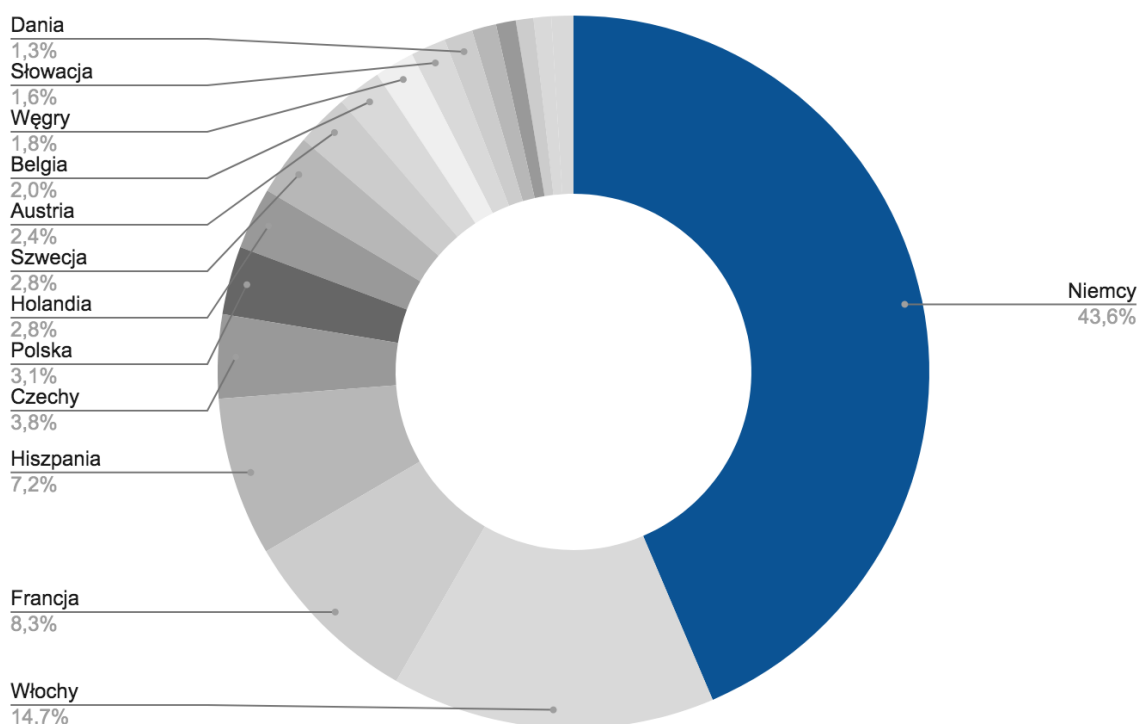
Sytuacja we wskazanych państwach pozaeuropejskich sugeruje, że sprzyjające warunki przekładają się na wzrost zagęszczenia robotów. Oznaczałoby to, że w kolejnych latach różnica w rozwoju robotyzacji pomiędzy poszczególnymi krajami będzie ulegać zwiększeniu.

4.1.2 Charakterystyka europejskiego rynku robotów przemysłowych

Wyraźne różnice między poszczególnymi krajami jeśli chodzi o zapasy operacyjne robotów, ich zagęszczenie oraz roczne instalacje, są widoczne także na poziomie Europy. W roku 2019 na Starym Kontynencie osiągnięto łączny zapas operacyjny sięgający 580 tysięcy sztuk. Znaczna jego część jest ulokowana w Niemczech (221,5 tys. sztuk), a dalej w kolejności we Włoszech (74,4 tys. sztuk) oraz we Francji (42 tys. sztuk). Kolejne państwa

Europy z największym zapasem robotów przemysłowych to Hiszpania, Czechy, a także Polska. Szczegółowy rozkład zapasów w Europie z uwzględnieniem procentowego udziału poszczególnych krajów został przedstawiony na *Wykresie 4*.

Wykres 4. Rozkład geograficzny zapasów operacyjnych robotów przemysłowych w UE-27, 2019



Źródło: International Federation of Robotics, *World Robotics*, Frankfurt am Main 2021.

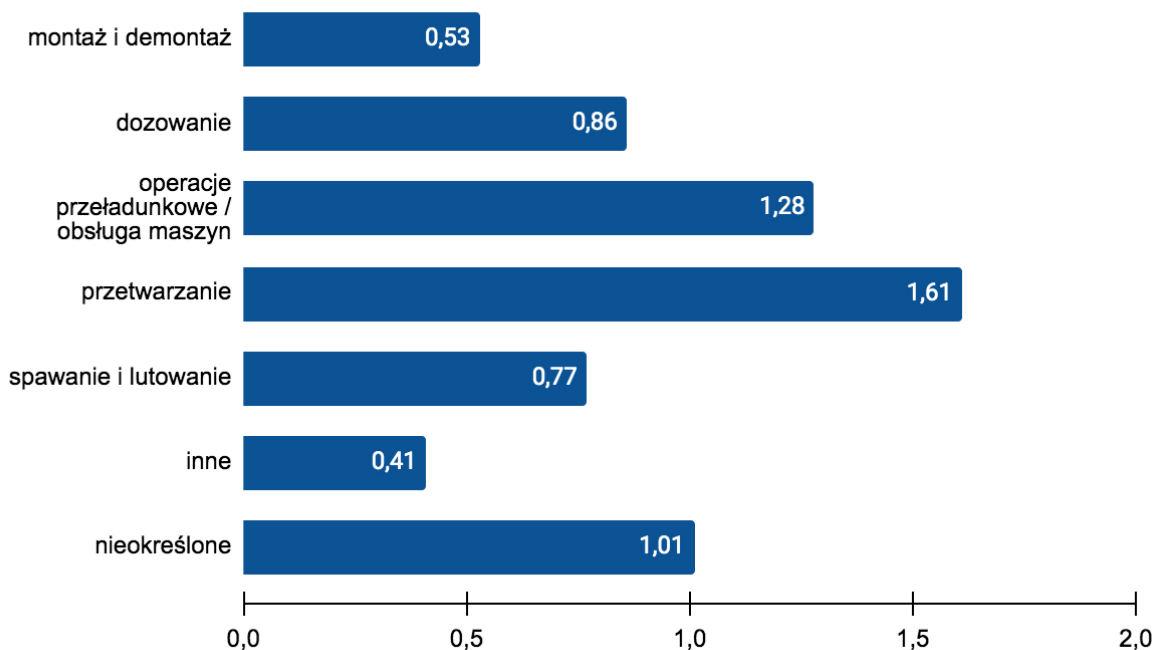
Poziomy rocznych instalacji również świadczą o zróżnicowaniu europejskiego rynku. W roku 2019 zainstalowano około 21 tysięcy nowych robotów w Niemczech, 11 tysięcy sztuk we Włoszech i niemal 7 tysięcy sztuk we Francji. Prawie 80% nowych instalacji w 2019 roku miała miejsce w sektorze produkcyjnym. W tej kategorii również występuje znaczna koncentracja - połowa robotów trafiła do sektora motoryzacyjnego, pozostałe to przede wszystkim działalność związana z wyposażeniem maszyn, komputerami i produktami elektronicznymi; tworzywami sztucznymi oraz żywnością i napojami²⁹⁸.

Ponad połowa (55%) robotów zainstalowanych w Europie wykonuje operacje manipulacyjne oraz zajmuje się obsługą maszyn (przenoszenie przedmiotów). Spawanie i lutowanie to 22% wszystkich przeznaczeń (polega ono na łączeniu materiałów przez ich

²⁹⁸ International Federation of Robotics, *World Robotics*, Frankfurt am Main 2021.

podgrzanie lub wypełnienie topionym metalem). Montażem i demontażem zajmuje się z kolei 5% robotów przemysłowych działających w Europie.

Wykres 5. Względna specjalizacja w szerokich zastosowaniach robotów przemysłowych w UE-27, 2019



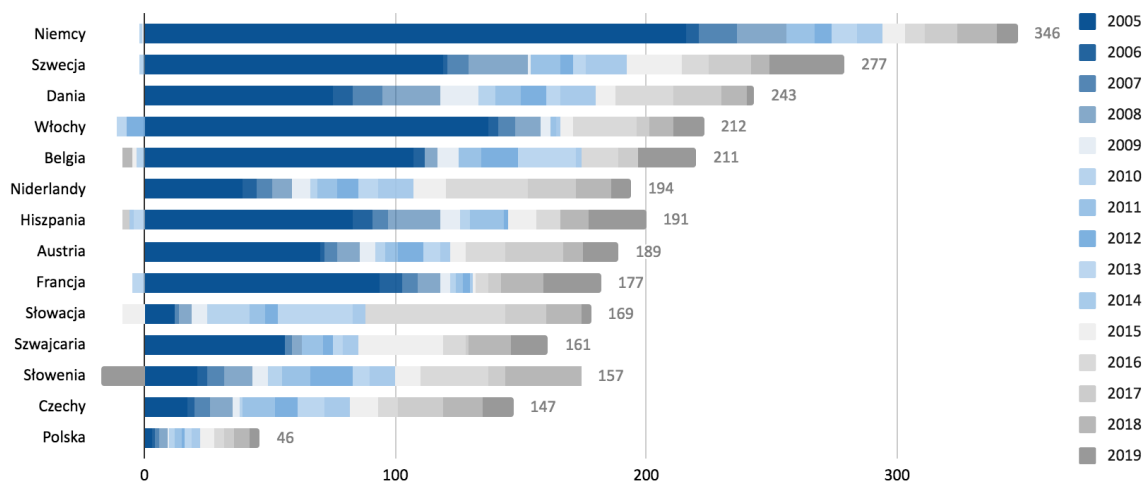
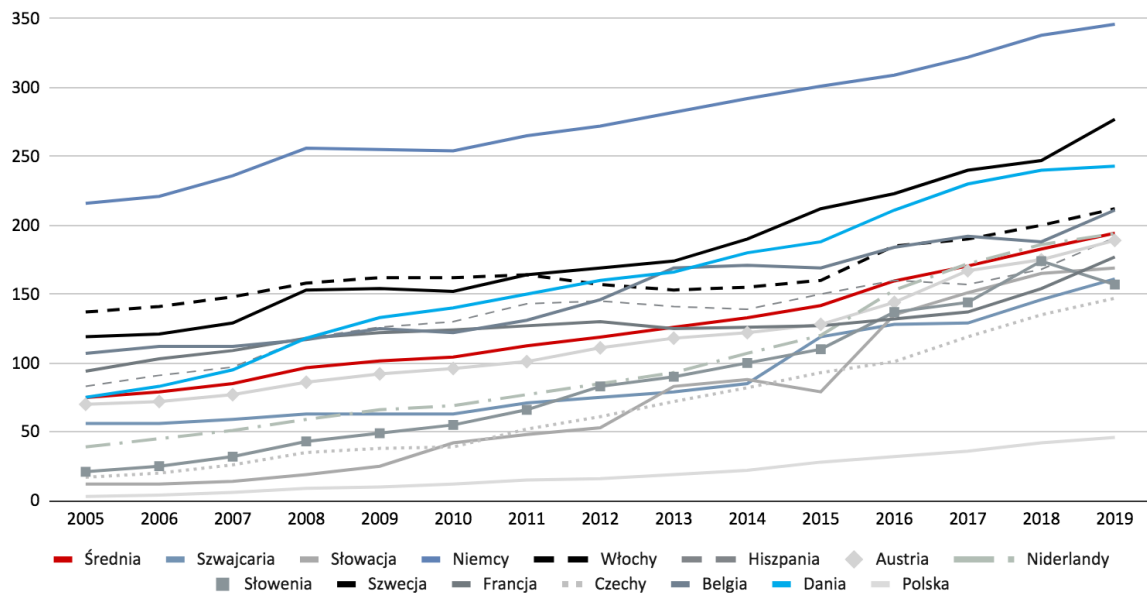
Źródło: International Federation of Robotics, *World Robotics*, Frankfurt am Main 2021.

Na podstawie tych danych można stwierdzić, że gospodarka europejska specjalizuje się w działaniach takich jak przeładunek i obsługa maszyn czy przetwarzanie (cięcie laserowe, cięcie mechaniczne, szlifowanie...). Potwierdzają to dane znajdujące się na *Wykresie 5.*, gdzie przedstawiono względną specjalizację w szerokich zastosowaniach robotów przemysłowych. Wartości powyżej 1 oznaczają, że Europa jest w danym zakresie bardziej wyspecjalizowana niż wynosi średnia dla całego świata, podczas gdy wartości poniżej 1 wskazują na mniejszą specjalizację. Czynności, w których względna specjalizacja Europy jest najniższa, to montaż i demontaż (0,53), jak i również spawanie i lutowanie (0,77). Poniżej średniej znalazło się także dozowanie (0,86).

Co do zasady kraje posiadające największe zapasy operacyjne robotów przemysłowych w Europie mogą się również pochwalić ich największą gęstością, chociaż w przypadku tej drugiej statystyki mniejsze państwa wyraźnie zyskują na tle większych. Nie

jest to zaskoczeniem biorąc pod uwagę fakt, że gęstość robotów przemysłowych definiujemy jako liczbę robotów w użyciu przypadających w danym roku na 10,000 pracowników.

Wykres 6. Gęstość robotów przemysłowych dla wybranych krajów, 2005-2019



Źródło: International Federation of Robotics, *World Robotics*, Frankfurt am Main 2021.

W roku 2019 średnia zagęszczenia dla Europy wyniosła 114 sztuk (była więc bardzo zbliżona do średniej światowej na poziomie 113 sztuk). Na podstawie tej statystyki wyodrębniono 13 krajów o największym zagęszczeniu robotów przemysłowych. Dane dla nich zostały ujęte na *Wykresie 6.*, gdzie umieszczono także statystyki dla Polski. Jak można zaobserwować, w roku 2019 największe zagęszczenie robotów odnotowano kolejno dla

Niemiec (346 sztuk/10,000 zatrudnionych), Szwecji (277) oraz Danii (243). Średnia dla wszystkich wyszczególnionych krajów wyniosła 194 sztuki. Co więcej, w każdym z nich gęstość robotów rosła niemal nieprzerwanie w latach 2005-2019, co można zauważyć na wykresie poniżej.

Jeśli chodzi o stronę popytową, aktualnie w UE-27 szacunkowo 5% przedsiębiorstw zatrudnia roboty przemysłowe, z kolei około 2% z nich korzysta z usługowych. Także w tym temacie pomiędzy poszczególnymi państwami występują różnice. Podczas gdy w przypadku Danii jest to 9%, a dla Belgii 8%, w niektórych krajach znacznie mniejszy odsetek firm adaptuje roboty przemysłowe (dla Irlandii jest to 1%, z kolei dla Grecji i Cypru - 2%)²⁹⁹.

Szukając przyczyn aktualnego rozłożenia robotów przemysłowych w Europie w pierwszej kolejności zwraca się uwagę na konkurencyjność siły roboczej w poszczególnych państwach, a także dostępność robotów (przejawiającą się przede wszystkim w ich kosztach). Istotne wydają się również charakterystyki krajowych przedsiębiorstw takie jak ich wielkość. Do tej pory zauważa się, że większe firmy częściej wdrażają roboty i jest to zauważalne we wszystkich krajach UE (W roku 2020 aż 28% dużych europejskich przedsiębiorstw wykorzystywało roboty przemysłowe bądź usługowe, z kolei w przypadku średnich przedsiębiorstw było to 13%, a dla małych - 5%). Wydaje się to naturalne biorąc pod uwagę fakt, że większe przedsiębiorstwa mają generalnie łatwiejszy dostęp do kapitału oraz wyszkolonych pracowników³⁰⁰). Jeszcze jednym potencjalnym wyjaśnieniem różnic we wdrażaniu robotów przemysłowych w poszczególnych krajach może być to jak kształtuje się w nich opinia społeczeństwa na temat obecności robotów w środowisku pracy, charakterystyka ta także została bowiem zidentyfikowana jako determinanta rozwoju robotyzacji.

Na podstawie pierwszych badań obejmujących całą Unię Europejską (2012) można było stwierdzić, że przeważająca część mieszkańców miała generalnie pozytywną opinię w kwestii robotów (70%), tymczasem zdecydowanie negatywną opinię na ich temat wyrażało 5% badanych, podczas gdy 18% stwierdziło, że ich pogląd jest umiarkowanie negatywny. Wyniki te różnią się oczywiście na poziomie kraju, przykładowo w Danii oraz w Szwecji aż 88% badanych zadeklarowało pozytywne nastawienie do robotów w miejscach pracy.

²⁹⁹ Duch-Brown N., Rossetti F., Haarburger R., *AI Watch. Evolution of the EU market share of robotics: Data and Methodology*, Publications Office of the European Union, Luxembourg 2021.

³⁰⁰ Ibidem.

Zgodnie z wynikami badania nastawienia do robotów w miejscu pracy, mieszkańcy Unii Europejskiej w większości podzielali przekonanie, że roboty kradną ludziom pracę. Jest to opinia szczególnie popularna w Portugalii (wśród 89% ankietowanych) oraz w Hiszpanii (84%). Odsetek przekonanych, że roboty zawłaszczają pracę ludzką, wśród pracowników fizycznych wyniósł 75%. Co ciekawe, większość respondentów, którzy generalnie pozytywnie oceniają roboty, podziela tę opinię. Równocześnie jednak na pytanie o to, czy roboty są potrzebne, bo wykonują prace ciężkie i niebezpieczne dla ludzi, ankietowani odpowiadali przeważnie twierdząco. Odsetek osób zgadzających się z tym poglądem przekroczył 90% w 13 z badanych krajów.

Tabela 5. Nastawienie do robotów w miejscu pracy w Unii Europejskiej, 2012

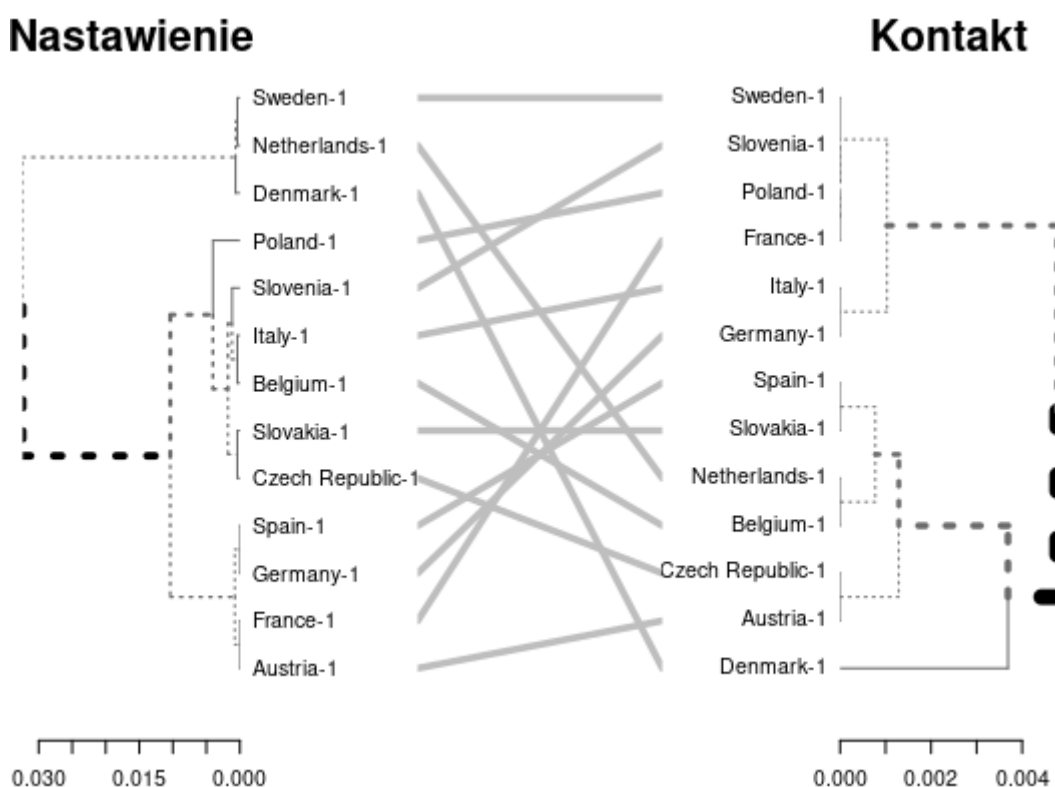
Pytanie o poglądy na temat robotów w pracy		Odsetek odpowiedzi oceniających roboty pozytywnie
Ogólnie mówiąc, jaka jest twoja opinia na temat robotów?		70%
W jakim stopniu zgadzasz się ze stwierdzeniem...?	Roboty kradną miejsca pracy ludziom	27%
	Roboty są potrzebne, gdyż mogą wykonywać prace, które są zbyt ciężkie lub zbyt niebezpieczne dla ludzi	88%
	Powszechne stosowanie robotów może zwiększyć możliwości zatrudnienia w UE	39%

W pytaniach odnoszących się do (1) opinii na temat robotów, (3) ich przydatności oraz (4) ocenianego wpływu na zatrudnienie w UE wzięto pod uwagę odpowiedzi "bardzo pozytywne" oraz "całkiem pozytywne". W przypadku pytania (2) o zawłaszczanie miejsc pracy przez roboty uwzględniono odpowiedzi: "nie zgadzam się" oraz "raczej się nie zgadzam".

Źródło: Opracowanie własne na podstawie: Special Eurobarometer 382 Public Attitudes towards Robots (2012).

Mniej optymistycznie odnoszono się od kwestii tego czy wykorzystanie robotów prowadzi do zwiększania możliwości zatrudnienia dla ludzi. Mniej niż połowa tych, którzy generalnie pozytywnie ocenili roboty, zgodziła się z tym stwierdzeniem (48%). W badaniu poproszono także respondentów o odpowiedź na pytania na temat własnych odczuć w sytuacji, gdyby robot miał asystować im w pracy. W dwunastu krajach ponad połowa osób

potwierdziła, że jest to potencjalnie komfortowa sytuacja. Należy jednak podkreślić, że także osoby, które generalnie pozytywnie oceniają roboty, często zauważają, że ich wpływ na zatrudnienie może być negatywny. Z drugiej strony część osób nastawionych do robotów negatywnie także przyznaje, że mogą być one przydatne przy wykonywaniu prac ciężkich czy niebezpiecznych. Trudno więc mówić o jednoznaczności opinii, nie zmienia to jednak faktu, że w przypadku niektórych krajów opinia społeczna wydaje się być generalnie bardziej przekonana do obecności robotów w miejscach pracy niż respondenci w innych państwach.



Rysunek 4.1. Grupowanie hierarchiczne krajów (metodą Warda) ze względu na nastawienie do robotów i kontakt z nimi w miejscu pracy, 2017

Po lewej: “Nastawienie” rozumiane jest jako odsetek osób, które zadeklarowały, że ogólnie mówiąc mają pozytywną opinię na temat robotów oraz sztucznej inteligencji. **Po prawej:** “Kontakt” rozumiany jest jako odsetek osób, które kiedykolwiek używały robotów w pracy.

Źródło: opracowanie własne na podstawie European Commission, Directorate-General for Communication, *Special Eurobarometer 460: Attitudes towards the impact of digitisation and automation on daily life* http://data.europa.eu/88u/dataset/S2160_87_1_460_ENG [dostęp: 10.12.2022].

Wspomniane badania zostały powtórzone w roku 2017. Z uwagi na fakt, że są to najnowsze z dostępnych badań nastawienia do robotów przemysłowych na poziomie całej Unii Europejskiej, ich wyniki zostały wykorzystane w celu przygotowania grupowania hierarchicznego (*Rysunek 4.1*) mającego ułatwić sprawdzenie czy grupy krajów podobne pod względem odsetka pracowników, którzy mieli już kontakt z robotami w miejscu pracy (*“Kontakt”*) są także zbliżone w kwestii nastawienia społeczeństwa do robotów w ogóle (*“Nastawienie”*).

Zaobserwowano brak występowania oczywistych powiązań, które wskazywałyby na to, że w krajach, gdzie pracownicy częściej stykają się z robotami w miejscu pracy, opinia społeczna jest bardziej lub mniej pozytywnie nastawiona do robotów w ogóle, co sugeruje, że o nastawieniu do robotów decydują inne czynniki. Ze względu na istotne różnice rozkładów analizowanych danych w porównaniu z rozkładem normalnym i niewielki wolumen dostępnych danych (badania przeprowadzono dla lat 2012, 2014 oraz 2017), nie zdecydowano o włączeniu danych dotyczących opinii o robotach do analizy korelacji oraz testu t Studenta dla prób niezależnych. Sugeruje to potrzebę bardziej regularnego powtarzania procedury zbierania opinii o obecności robotów w miejscach pracy.

Na podstawie dostępnej literatury przedmiotu należałoby więc stwierdzić, że o postawach względem robotów decydują raczej czynniki takie jak wykształcenie (kobiety z niższym wykształceniem oceniają roboty bardziej negatywnie) czy struktura demograficzna kraju (w państwach o wyższym udziale starszych obywateli roboty są oceniane bardziej pozytywnie)³⁰¹. Dodatkowo w przypadku robotów świadczących usługi społeczne stwierdzono, że mniej pozytywne nastawienie do nich wykazują osoby przynależące do niższych klas społecznych oraz mieszkające na wsi³⁰². Co ciekawe, generalnie ocenia się, że w latach 2012-2017 opinie na temat robotów w badanych krajach stały się bardziej negatywne, a te dotyczące robotów wspierających pracowników w wykonywaniu ich zadań odznaczały się największymi spadkami pozytywnych opinii (nadal jednak obecność robotów

³⁰¹ Gnambs T., Appel M., *Are robots becoming unpopular? Changes in attitudes towards autonomous robotic systems in Europe*, “Computers in Human Behavior” nr 93, 2019.

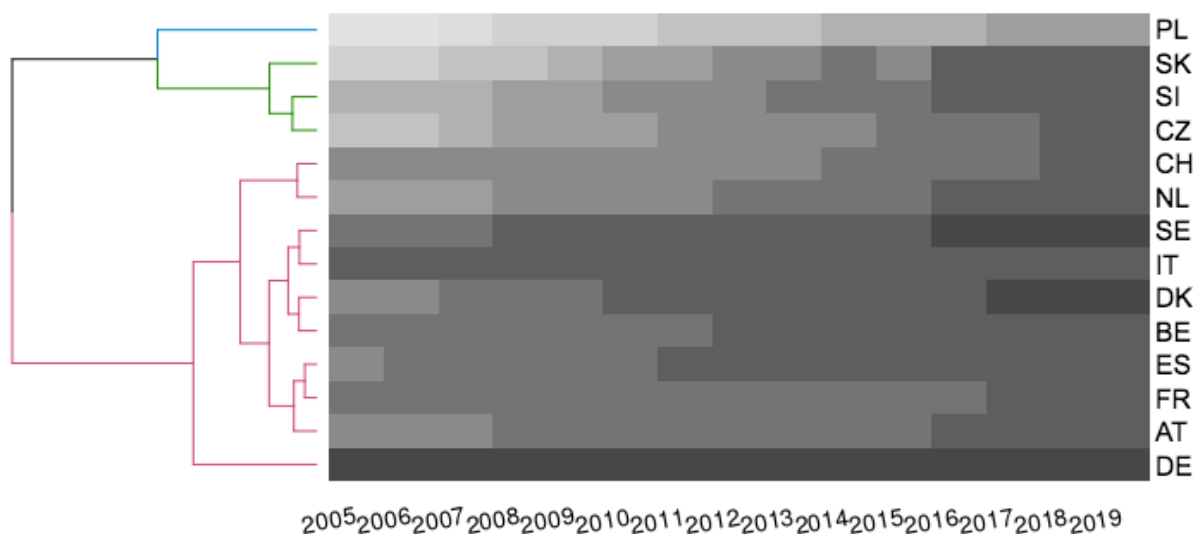
³⁰² Carradore M., *People's Attitudes Towards the Use of Robots in the Social Services: A Multilevel Analysis Using Eurobarometer Data*, “International Journal of Social Robotics”, <https://doi.org/10.1007/s12369-021-00831-4> [dostęp: 15.12.2022].

w miejscu pracy jest oceniana lepiej niż wykonywanie przez nie operacji czy wprowadzanie do przestrzeni publicznej samochodów autonomicznych)³⁰³.

Podsumowując, europejski rynek robotów przemysłowych jest zróżnicowany zarówno pod względem aktualnego zagęszczenia robotów w poszczególnych krajach, jak i opinii społeczeństwa na temat ewentualnego rozwoju tego zjawiska. Celem uchwycenia ewentualnego wpływu robotyzacji na pracę, dalsza analiza zostanie zawężona do krajów o największym zagęszczeniu robotów w przeliczeniu na 10,000 osób zatrudnionych w Europie.

4.1.3 Grupowanie analizowanych krajów ze względu na podobieństwa w zagęszczeniu robotów przemysłowych

Wspomniane wcześniej kraje o największym zagęszczeniu robotów przemysłowych w Europie zostały pogrupowane hierarchicznie z wykorzystaniem metody kompletnego połączenia³⁰⁴.



Rysunek 4.2. Grupowanie hierarchiczne krajów (metodą kompletnego połączenia) ze względu na zagęszczenie robotów w wybranych krajach europejskich, 2005-2019

Źródło: opracowanie własne.

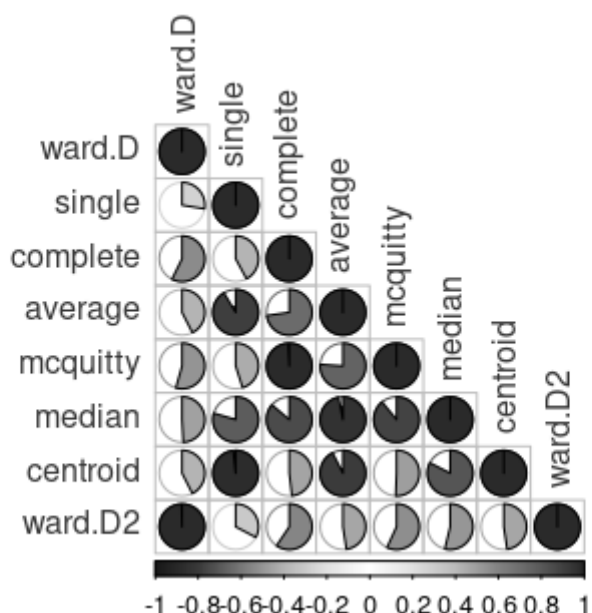
Na tej podstawie można wyodrębnić dwie grupy państw o podobnych charakterystykach:

³⁰³ Gnambs T., Appel M., *Are robots becoming unpopular? Changes in attitudes towards autonomous robotic systems in Europe*, "Computers in Human Behavior" nr 93, 2019.

³⁰⁴ W kompletnym połączeniu brana jest pod uwagę maksymalna odległość między obserwacjami w klastrach.

- 1) Polska, Słowacja, Słowenia oraz Czechi zostały zaklasyfikowane do grupy krajów o mniejszym zagęszczeniu robotów przemysłowych.
- 2) Szwajcaria, Niderlandy, Szwecja, Włochy, Dania, Belgia, Hiszpania, Francja, Austria, a także Niemcy znalazły się w grupie krajów, gdzie notowane zagęszczenie robotów w analizowanym okresie było większe.

W następnym kroku wykonano analogiczne klastrowanie z wykorzystaniem siedmiu innych metod łączenia krajów w grupy. Korelacje między wynikami dla poszczególnych grupowań zostały przedstawione na *Rysunku 4.3*, z którego wynika, że podobne rezultaty daje zastosowanie metody kompletnego połączenia, metody połączenia McQuitty'ego oraz medianowego. Z kolei wykorzystanie połączenia Warda³⁰⁵ wiąże się z uzyskaniem trochę innych rezultatów. Rozbieżności zostały przedstawione dalej, na *Rysunku 4.4*.



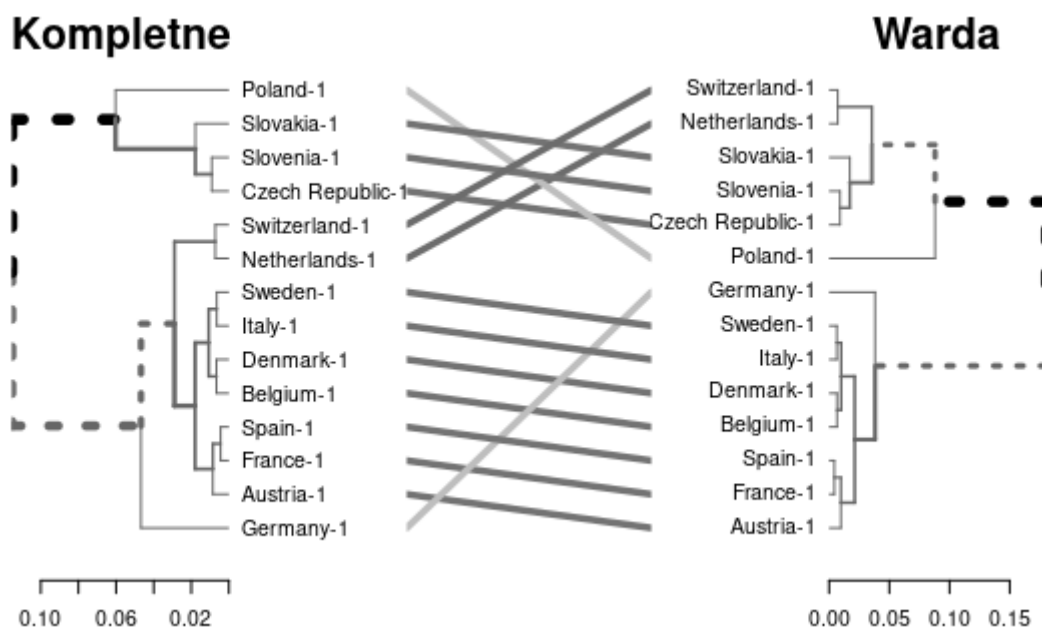
Rysunek 4.3. Porównanie wyników z wykorzystaniem różnych metod łączenia krajów w klastry ze względu na zagęszczenie robotów, 2005-2019

Źródło: opracowanie własne.

Grupowanie hierarchiczne przygotowane z wykorzystaniem połączenia Warda również dzieli kraje na dwie grupy, są one jednak bardziej równe pod względem liczebności. Szwajcaria oraz Niderlandy, które w wyniku zastosowania metody kompletnego połączenia znalazły się w grupie krajów o większym zagęszczeniu robotów, po grupowaniu za pomocą

³⁰⁵ W połączeniu Warda odległość między klastrami jest równa sumie kwadratów odchyleń od punktów do centroidów (minimalizowana jest suma kwadratów wewnątrz klastrów).

metody Warda trafiły do grupy przeciwnej. Wy tłumaczenia dołączenia ich do grupy państw mniej zrobotyzowanych można doszukiwać się w fakcie, że dla obydwóch krajów w prawie całym okresie notowano wartości zagęszczenia robotów poniżej średniej dla wszystkich analizowanych państw.



Rysunek 4.4. Porównanie wyników grupowania hierarchicznego dla metody kompletnego połączenia oraz połączenia Warda

Źródło: opracowanie własne.

Grupowanie uzyskane w wyniku zastosowania metody kompletnego połączenia wydaje się lepiej oddawać rzeczywistość z uwagi na fakt, że do jednej z grup trafiły wyłącznie kraje Europy Środkowej³⁰⁶, podobne nie tylko pod względem stopnia zrobotyzowania gospodarki, ale też ze względu na inne cechy. Obserwuje się w nich wzrost zainteresowania wykorzystaniem robotów w produkcji, zwłaszcza po rozszerzeniu Unii Europejskiej w roku 2004³⁰⁷. W przypadku tej grupy trzeba być jednak szczególnie ostrożnym oceniając wysokie tempo wzrostu zagęszczenia robotów, gdyż jest ono między innymi wynikiem nadrabiania wcześniejszych braków. Kraje Europy Środkowej charakteryzują się stosunkowo niskimi kosztami pracy (co nie stanowi zachęty do

³⁰⁶ Bank Światowy i OECD do Europy Środkowej zaliczają kraje Grupy Wyszehradzkiej i Słowenię.

³⁰⁷ Gryczka M., *New EU Members on the Market of Industrial Robots – Analysis of Post-accession Developments*, "Procedia Computer Science" nr 207, 2022.

robotyzacji), ale też równocześnie wysokim tempem wzrostu tych kosztów (a to z kolei może prowadzić w perspektywie najbliższych lat do zmiany sytuacji i zwiększenia presji na wdrażanie robotów).

W kolejnej części przedstawione powyżej grupowania zostaną porównane z grupowaniami ze względu na wybrane cechy rynków pracy celem odpowiedzi na pytanie czy kraje o podobnych charakterystykach wykorzystują roboty przemysłowe w zbliżonym stopniu.

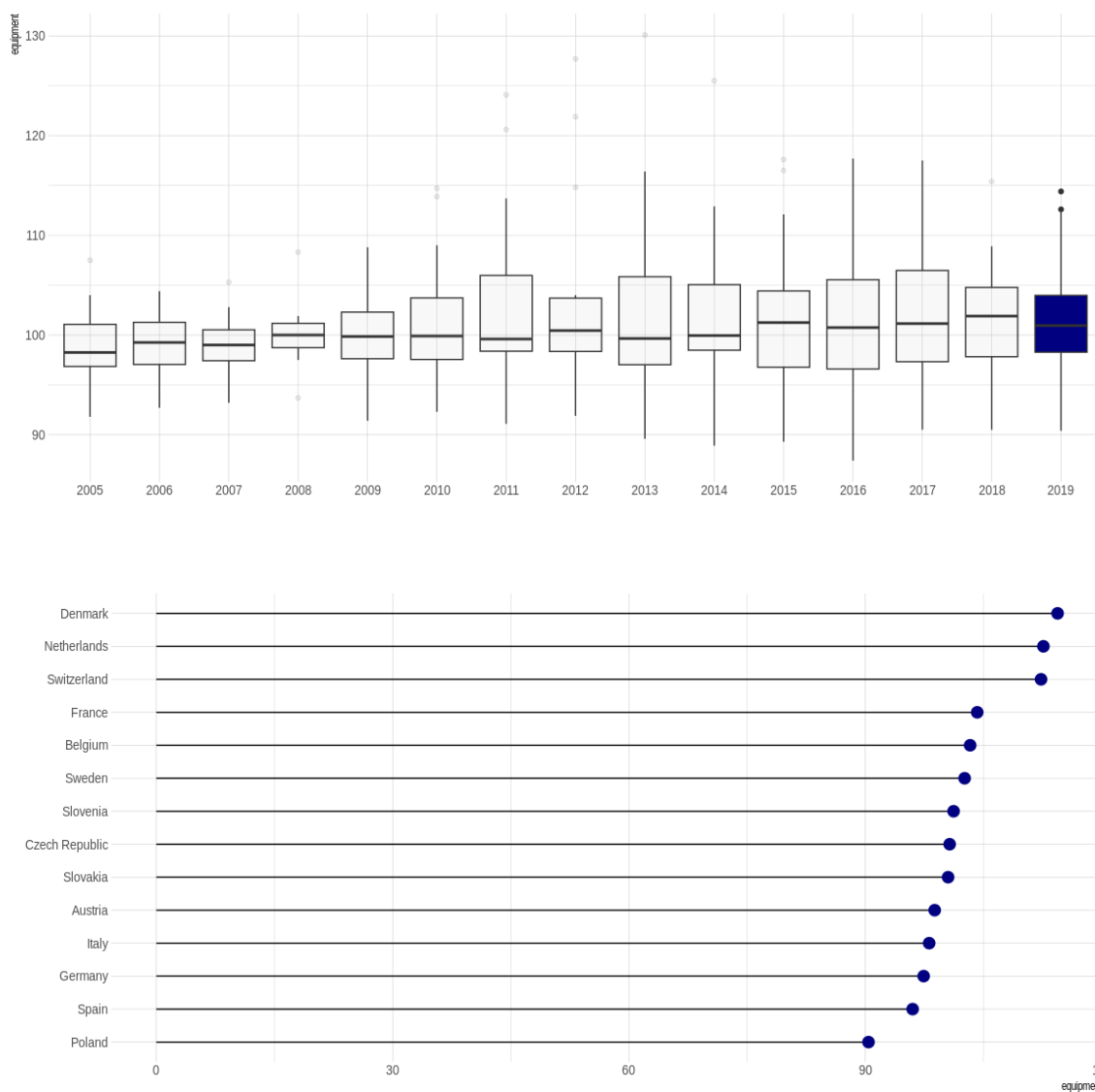
4.2 Praca i jej udział w dochodzie narodowym. Sytuacja na świecie oraz w wybranych krajach europejskich

Na podstawie wyników badań dostępnych w literaturze przedmiotu należy stwierdzić, że na udział pracy w dochodzie narodowym potencjalnie wpływają różne czynniki, zarówno te w bezpośredni sposób charakteryzujące pracę (jak tempo wzrostu liczby pracowników czy wskaźnik gęstości uzwiązkowienia), jak i te związane z otoczeniem (dotyczące cen sprzętu czy ekspozycji na import). Zostaną one scharakteryzowane w kolejnym punkcie z uwzględnieniem specyfiki ich zmian dla analizowanych krajów europejskich w latach 2005-2019.

4.2.1 Zróżnicowanie czynników warunkujących udział pracy w dochodzie analizowanych krajów

Pierwszym czynnikiem mogącym mieć wpływ na udział pracy w dochodzie narodowym są obserwowane ceny sprzętu. Ceny te w poszczególnych krajach znajdują swoje odzwierciedlenie w parytetach siły nabywczej (*ang. purchasing power parties*), które są wskaźnikami różnic w poziomie cen dla konkretnych kategorii towarów, a także usług. Pozwalają one odpowiedzieć na pytanie o to ile jednostek walutowych kosztuje dana ilość towarów w wybranych państwach w danym okresie, mogą więc być stosowane w analizach względnych poziomów cen dla różnych gospodarek. Na podstawie tak rozumianych parytetów możemy stwierdzić, że w ujęciu realnym na poziomie Unii Europejskiej wydatki na maszyny i urządzenia wzrosły w roku 2019 o 42% w porównaniu do roku 2005. Największy wzrost odnotowano w Polsce (129%), a w dalszej kolejności w Słowacji (84%).

Wykres 7. Wskaźnik poziomu cen dla maszyn i urządzeń w wybranych krajach europejskich (2005-2019)



Część górna: zgrupowane dane dla wszystkich krajów, lata 2005-2019. **Część dolna:** dane dla roku 2019.

Źródło: *Purchasing power parities (PPPs), price level indices and real expenditures for ESA 2010 aggregates*, Eurostat, https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/PRC_PPP_IND__custom_2519098/default/table?lang=en [dostęp: 03.04.2022].

Chcąc odnieść wydatki analizowanych krajów do unijnej średniej, możemy spojrzeć na wartości wskaźnika poziomu cen. Jeśli wskaźnik jest wyższy niż 100, dany kraj jest stosunkowo drogi³⁰⁸, gdyby porównać go ze średnią Unii Europejskiej, liczoną jako średnia

³⁰⁸ Analogicznie wartości wskaźnika poniżej 100 oznaczają kraj stosunkowo tani.

ważona krajowych wskaźników, ważona wydatkami z rachunków narodowych oraz skorygowana różnicami w poziomach cen.

Wskaźnik przygotowany w oparciu o dane dla maszyn i urządzeń zawiera w sobie wyroby i urządzenia metalowe, jak i również sprzęt elektryczny, optyczny i transportowy. Warto podkreślić, że poziomy cen tego typu produktów charakteryzują się stosunkową jednorodnością w poszczególnych krajach. Współczynniki zmienności dla krajów Unii Europejskiej, a zwłaszcza dla strefy euro, potwierdzają niewielkie rozproszenie cen, zwłaszcza w przypadku oprogramowania. Największą zmiennością cenową pomiędzy państwami charakteryzował się sprzęt transportowy³⁰⁹.

W roku 2019 najwyższą wartość wskaźnika wśród analizowanych krajów odnotowano dla Danii (114,4), Królestwa Niderlandów (112,6) oraz dla Szwajcarii (112,3). W Niderlandach osiągnięto najwyższą cenę za sprzęt transportowy, z kolei w Luksemburgu - za oprogramowanie, jak i również za sprzęt elektryczny i optyczny. Wyroby i sprzęt metalowy kosztowały najwięcej w Szwajcarii.

Tymczasem najniższe wartości - w kategorii maszyny i urządzenia oraz w trzech podkategoriach: sprzęt transportowy, elektryczny i optyczny oraz metalowy - osiągnęła Polska (88,0). W przypadku oprogramowania wskaźnik o najniższej wartości również przypadł w udziale Polsce, ale także Słowacji. W dalszej kolejności najniższe wskaźniki dla maszyn oraz urządzeń odnotowano dla Hiszpanii (96,4) oraz dla Niemiec (98,0)³¹⁰.

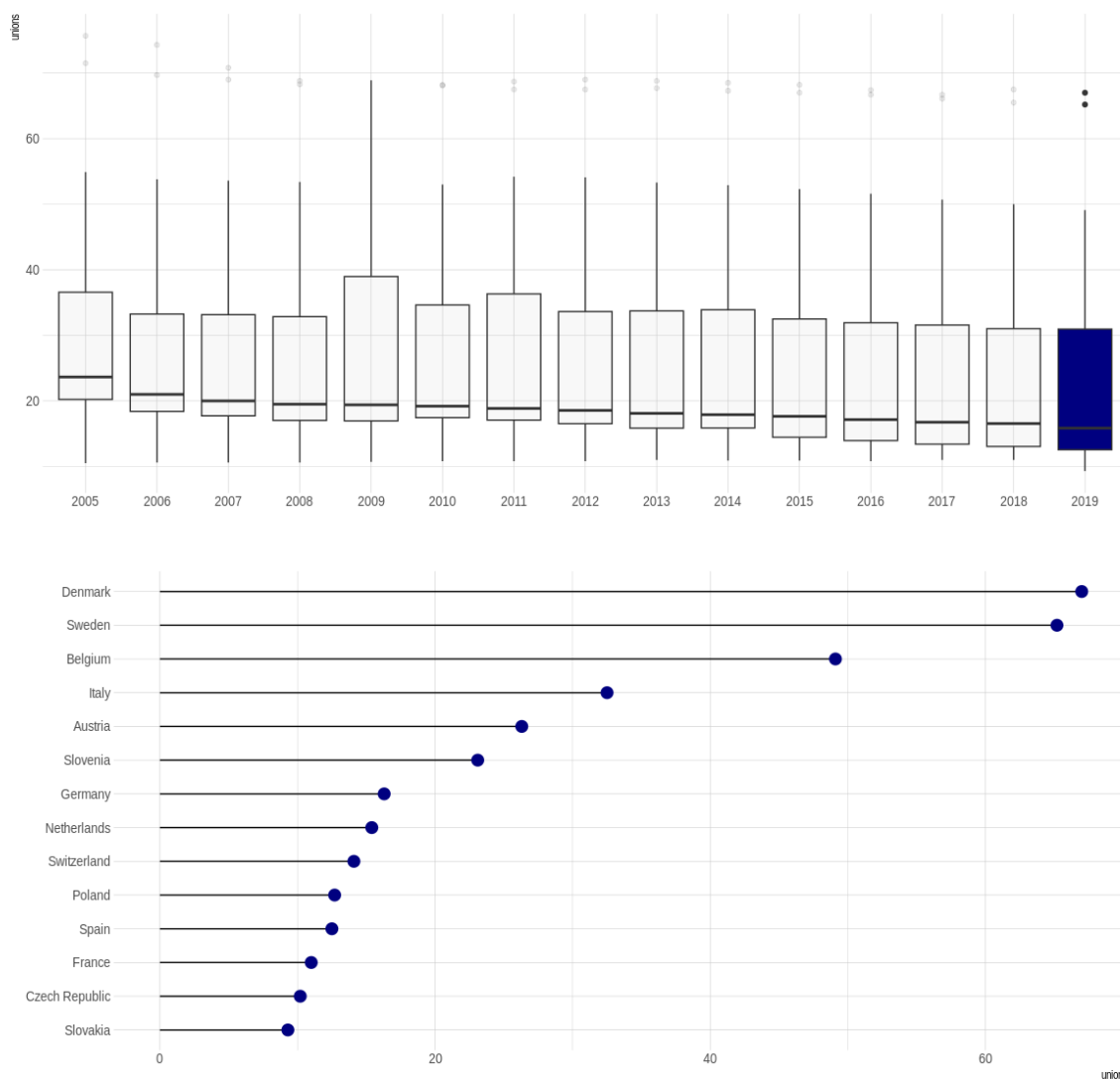
Kolejnym czynnikiem brany pod uwagę przy analizie zmian w udziale pracy w dochodzie jest wskaźnik uzwiązkowienia. Stosunek liczby członków w związkach do liczby pracowników jest szeroko stosowanym sumarycznym miernikiem siły negocjacyjnej związków zawodowych. Pozwala on porównać pozycję tych związków - definiowanych jako organizacje pracowników, których działalność obejmuje negocjowanie warunków zatrudnienia ich członków - w poszczególnych krajach i branżach, a także ocenić jak zmienia się ona w czasie. Warto podkreślić, że przy badaniu gęstości uzwiązkowienia bierze się pod uwagę wyłącznie członków związków netto, to znaczy wyklucza się nieaktywnych

³⁰⁹ Eurostat, *Comparative price levels for investment*, https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Comparative_price_levels_for_investment&oldid=551034#Machinery.2C_equipment_and_other_products [dostęp: 02.04.2022].

³¹⁰ Ibidem.

zawodowo, bezrobotnych, a także samozatrudnionych. Szacunki opierane są na źródłach administracyjnych, a także badaniach siły roboczej³¹¹.

Wykres 8. Wskaźnik gęstości uzwiązkowienia dla wybranych krajów europejskich, 2005-2019



Część górna: zgrupowane dane dla wszystkich krajów, lata 2005-2019. **Część dolna:** dane dla roku 2019.

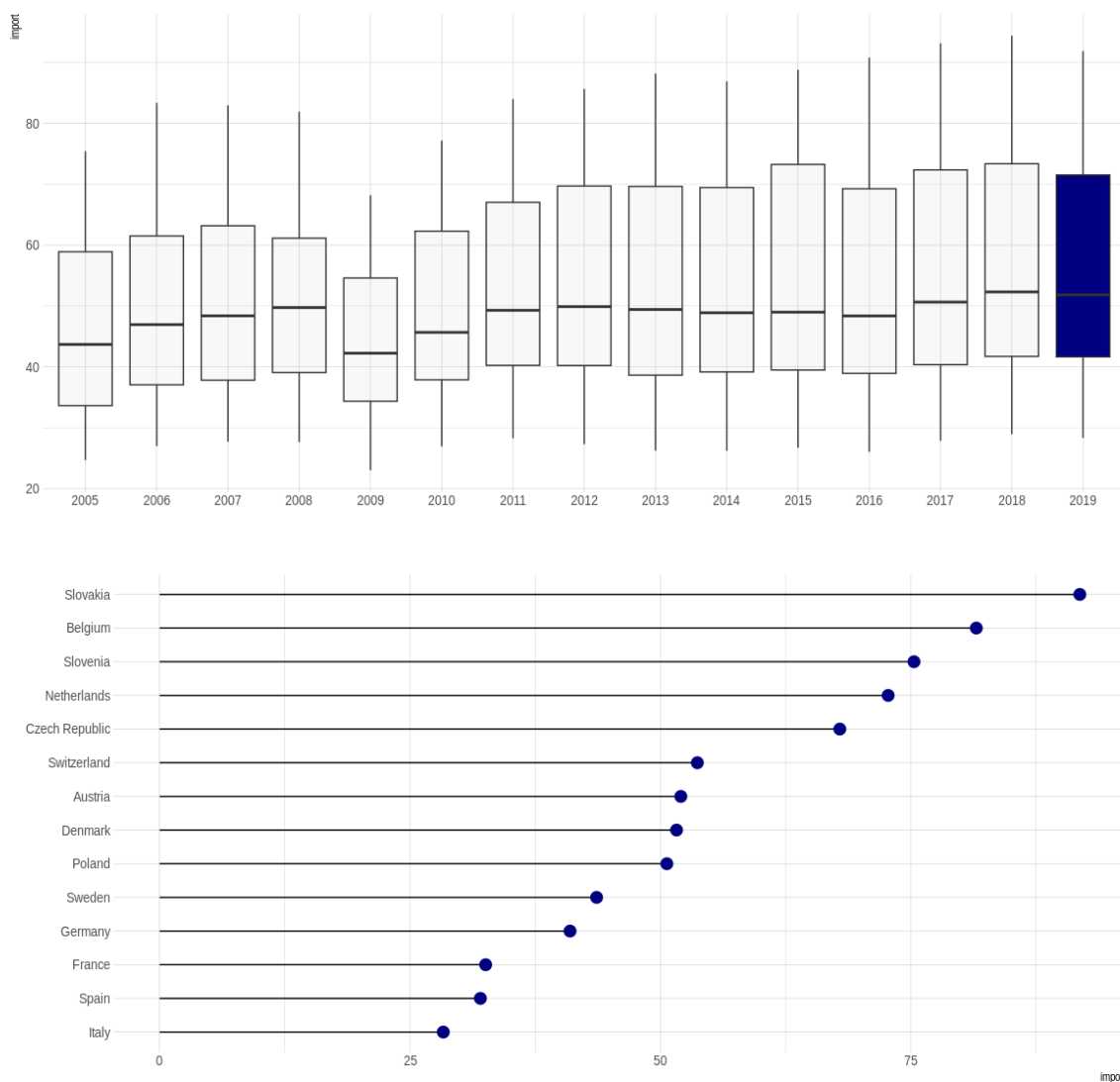
Źródło: *Trade Union Dataset*, OECD, <https://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=TUD> [dostęp: 04.04.2022].

Najwyższą wartość wskaźnika gęstości uzwiązkowienia można było zaobserwować w analizowanym okresie dla dwóch krajów: Szwecji oraz Danii (odpowiednio 65,2% oraz

³¹¹ OECD/AIAS ICTWSS Database, https://www.oecd.org/els/emp/MethodologicalNote-OECD-AIAS_ICTWSS.pdf [dostęp: 03.04.2022].

67% w roku 2019). Związki zawodowe mają też stosunkowo duży odsetek członków w Belgii (49,1% w 2019 roku). Dla pozostałych krajów wartości wskaźnika są zauważalnie niższe. Najmniejszą popularnością cieszą się związki zawodowe na Słowacji (11,3% w roku 2018), w Czechach (11,4% - 2018) oraz w Hiszpanii (12,5 w roku 2019). Zauważalny jest lekki trend spadkowy w niemal wszystkich analizowanych krajach, to znaczy na przestrzeni ostatnich lat spada odsetek aktywnych zawodowo osób, które są członkami związków zawodowych.

Wykres 9. Import dóbr i usług jako % PKB dla wybranych krajów europejskich, 2005-2019



Część górna: zgrupowane dane dla wszystkich krajów, lata 2005-2019. **Część dolna:** dane dla roku 2019.

Źródło: World Bank national accounts data, and OECD National Accounts data,

<https://databank.worldbank.org/reports.aspx?source=2&series=NE.IMP.GNFS.ZS&country=#>

[dostęp: 04.04.2022].

Jeszcze jedną charakterystyką, której wielkość potencjalnie oddziałuje na udział pracy w dochodzie narodowym, jest ekspozycja na import. Za miarę tej ekspozycji przyjęto wskaźnik importu towarów oraz usług w stosunku do wartości produktu krajowego brutto, przy czym import towarów i usług rozumiany jest jako zsumowana wartość wszystkich towarów i usług rynkowych otrzymanych z zagranicy. Można do nich zaliczyć wartość towarów i usług, ale także opłat, transportu czy ubezpieczenia. Pojęcie to nie mieści w sobie natomiast wynagrodzenia pracowników, a także dochodów z inwestycji czy płatności transferowych³¹².

Dla wszystkich analizowanych krajów stosunek wartości importu do produktu krajowego brutto nie przekracza 100%, co ilustruje *Wykres 9*. Co więcej, wszystkie kraje poza Hiszpanią odnotowały wzrost w analizowanym okresie, jednak był on znacząco mniejszy. Kolejne kraje o najwyższym udziale importu w PKB w roku 2019 to Słowacja (91,9%), a także Belgia (81,5%). Tymczasem najniższe wartości wskaźnika zaobserwowano dla Włoch (28,3%), Hiszpanii (32,0%), jak i Francji (32,5%). Rozbieżności pomiędzy krajami w wartościach tego wskaźnika wydają się znaczne.

Ostatnim z czynników branych pod uwagę przy analizie zmian w udziale pracy w dochodzie narodowym jest tempo wzrostu liczby pracowników. Jego wartości są obliczane w oparciu o założenie, że osoba zatrudniona to taka osoba, która w danym tygodniu odniesienia przepracowała co najmniej jedną godzinę zarobkową albo była czasowo nieobecna we wskazanej pracy. Po zsumowaniu liczby tak rozumianych pracowników uzyskuje się wskaźnik zatrudnienia, który mówi o tym jaki odsetek ogółu ludności to osoby zatrudnione.

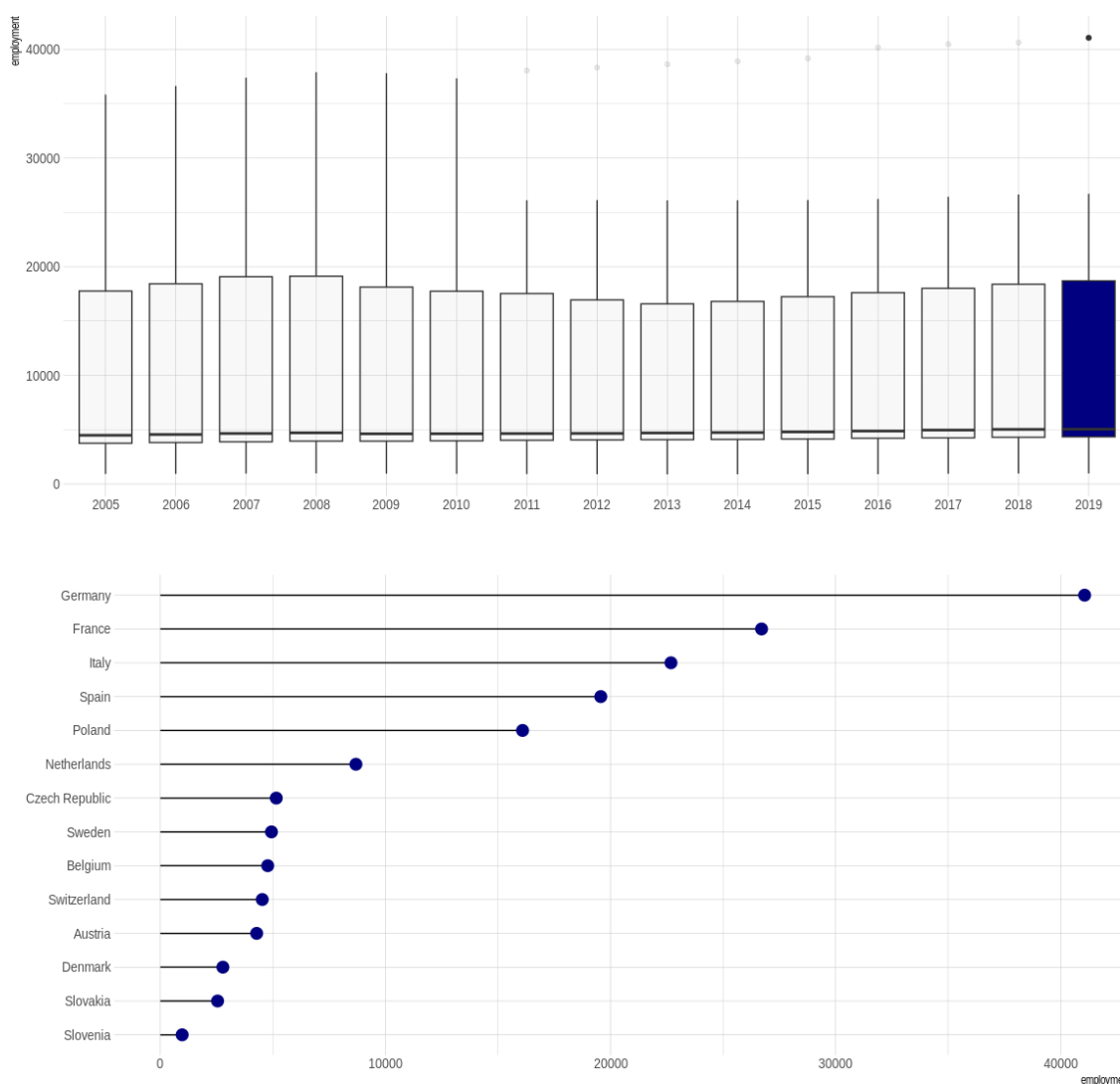
Oceniając sytuację z poziomu Unii Europejskiej, można zaobserwować przede wszystkim to, że w latach 2005-2019 wskaźnik zatrudnienia dla populacji w wieku pracującym (15-64 lata) wzrósł o niemal 6 punktów procentowych, z 62,15% do 68,1%³¹³. Sytuacja poszczególnych krajów kształtowała się jednak w różny sposób. Niektóre państwa

³¹² World Bank national accounts data, and OECD National Accounts data, <https://databank.worldbank.org/reports.aspx?source=2&series=NE.IMP.GNFS.ZS&country=#> [dostęp: 04.04.2022].

³¹³ OECD, Employment rate (indicator), data.oecd.org/emp/employment-rate.htm#indicator-chart [dostęp: 04.04.2022].

osiągnęły więc spadek wskaźnika, podczas gdy w innych wzrost przekroczył 10 punktów procentowych (najczęściej w wyniku zwiększenia udziału zatrudnionych w wieku 55-64; na przestrzeni lat rosną też wskaźniki zatrudnienia kobiet, przy czym należy odnotować, że w 2019 roku udział mężczyzn w całkowitej liczbie zatrudnionych był większy niż udział kobiet w przypadku wszystkich krajów Unii Europejskiej)³¹⁴.

Wykres 10. Całkowite zatrudnienie (tys. osób), wybrane kraje europejskie, 2005-2019



Część górna: zgrupowane dane dla wszystkich krajów, lata 2005-2019. **Część dolna:** dane dla roku 2019.

Źródło: *Employment and activity by sex and age (1992-2020)* - annual data, Eurostat, https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/LFSI_EMP_A_H_custom_2554109/default/table?lang=en [dostęp: 05.04.2022]

³¹⁴ *Employment - annual statistics*, https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Employment_-_annual_statistics [dostęp: 05.04.2022].

Zauważyć można również wyraźne różnice w poziomie zatrudnienia osób o odmiennych poziomach wykształcenia. W roku 2019 na poziomie Unii Europejskiej 34,5% łącznie zatrudnionych w wieku 15-64 to pracownicy z wykształceniem wyższym. Większość analizowanych państw osiągnęła wyższą wartość tego wskaźnika (Belgia, Szwecja, Hiszpania, Francja, Szwajcaria, Dania, Słowenia, Polska, Niemcy, Austria). Jeśli chodzi o osoby z wykształceniem średnim, stanowią oni niemal połowę (48,1%) ogólnie zatrudnionych w UE, a pracownicy z wykształceniem podstawowym - 17,1%. W przypadku ostatniego wskaźnika wartości powyżej średniej zaobserwowano dla czterech analizowanych krajów (Hiszpanii, Włoch, Niemiec oraz Danii). W latach 2005-2019 stopa zatrudnienia rosła najwolniej dla najmniej wykształconych³¹⁵.

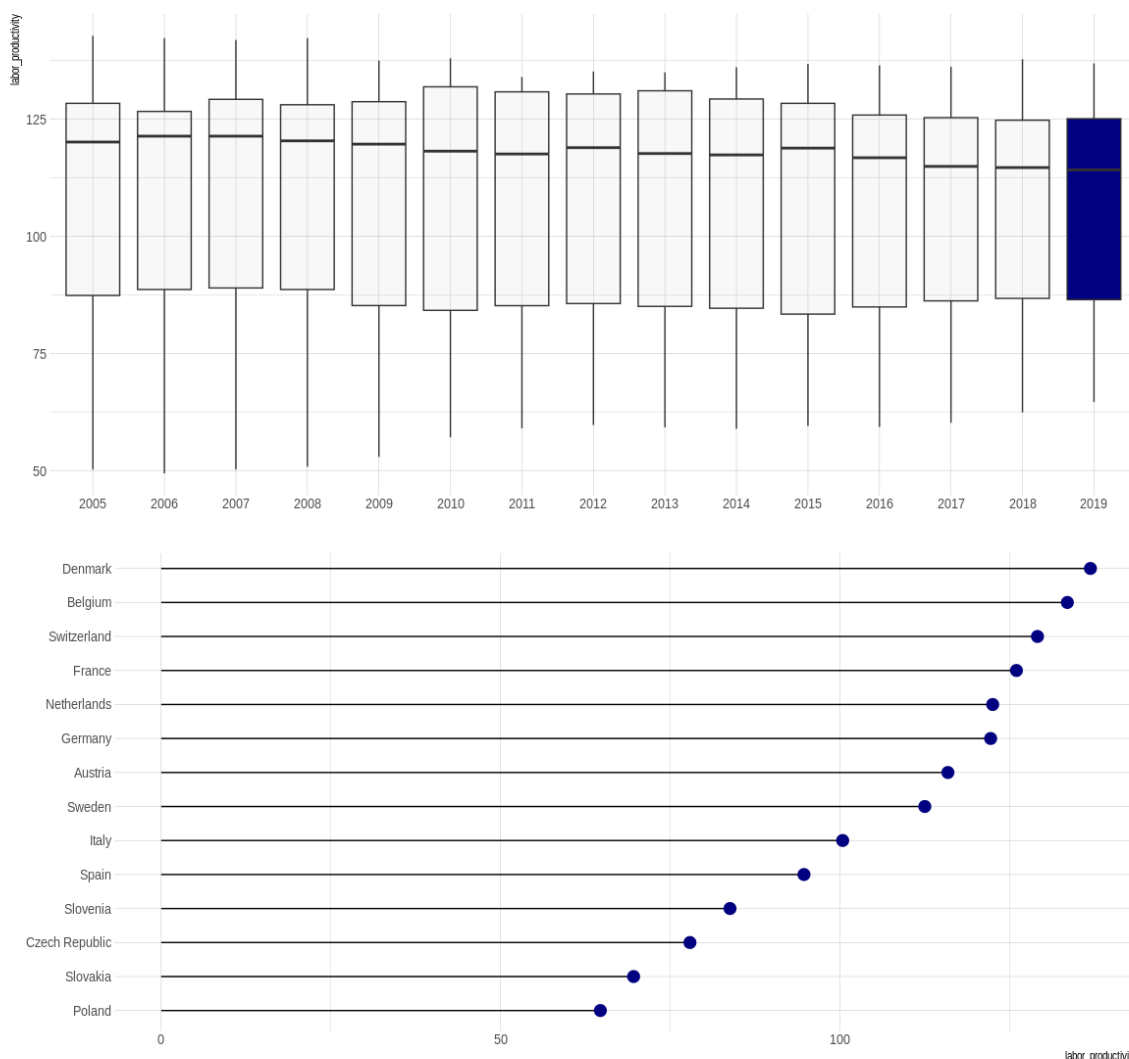
Na *Wykresie 10.* można zaobserwować, że całkowite zatrudnienie w większości analizowanych krajów pozostawało na względnie stałym poziomie w latach 2005-2019. Jeśli chodzi o wartości bezwzględne, najwięcej osób było w tym czasie zatrudnionych w Niemczech (40,155 tys. osób) oraz we Francji (26,536 tys. osób). Najniższe wartości przypisuje się Słowenii (965 tys. osób). Różnice te pokazują jak różne wielkościami są gospodarki analizowanych państw. Z tego względu analizę panującej w nich sytuacji na rynku pracy ułatwia spojrzenie na wskaźniki zatrudnienia w relacji do całkowitej populacji kraju. Najwyższą wartością w tej kategorii może się pochwalić Szwajcaria z wynikiem 82,5%. Dalej jest Szwecja - 80,8% - oraz Niemcy z wynikiem 80%. Najniższą wartość wskaźnika osiągnęły Włochy i jest to 62,6%. Przed nimi znalazła się Hiszpania - 65,7% - a także Belgia - 70%. Biorąc pod uwagę różnice w liczbie zatrudnianych pracowników, zakłada się, że możliwe jest występowanie istotnych różnic w liczbie instalowanych robotów rocznie. Oznaczałoby to, że w krajach, gdzie zużywane jest więcej czynnika pracy, chętniej wprowadza się rozwiązania z zakresu robotyki przemysłowej.

W przypadku obserwowania zmian w udziale pracy w dochodzie narodowym w naturalny sposób nasuwa się dodatkowo pytanie o to czy (lub też raczej w jakim stopniu) korelują one z przeobrażeniami pracy. Dotyczy to charakterystyk takich jak wydajność pracy, czas pracy czy poziom kwalifikacji zatrudnionych osób zatrudnionych.

³¹⁵ *Employment - annual statistics*,

https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Employment_-_annual_statistics [dostęp: 05.04.2022].

Wykres 11. Wydajność pracy w przeliczeniu na godziny pracy w wybranych krajach europejskich, 2005-2019



Część górna: zgrupowane dane dla wszystkich krajów, lata 2005-2019. **Część dolna:** dane dla roku 2019.

Źródło: *Labour productivity per person employed and hour worked*, Eurostat, <https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/tesem160> [dostęp: 03.04.2022].

Pierwsza z tych wielkości, wskaźnik wydajności pracy, mówi o zależnościach między produkcją i nakładami pracy, obliczany jest bowiem jako stosunek rzeczywistej produkcji do całkowitej liczby przepracowanych godzin (zarówno przez pracowników zatrudnionych na pełnym etacie, jak i tych pracujących w niepełnym wymiarze godzin w poszczególnych krajach w latach 2005-2019). Pozwala więc spojrzeć na to jakie efekty daje proces produkcyjny w zestawieniu z nakładami pracy poniesionymi przy jego okazji.

W analizowanych państwach najwyższą wartość wskaźnika w roku 2019 odnotowano dla Danii, Belgii oraz Szwajcarii, z kolei najniższą - dla krajów Europy Środkowej.

Dla wszystkich czynników zidentyfikowanych powyżej jako potencjalnie kształtujące udział pracy w dochodzie narodowym w kolejnych punktach zostaną przedstawione korelacje pomiędzy charakterystykami i udziałem pracy. Analizowane kraje zostaną również pogrupowane ze względu na opisane cechy rynków pracy.

4.2.2 Grupowanie krajów ze względu na udział pracy w dochodzie narodowym i inne cechy rynków pracy

Na podstawie szacunków skorygowanego udziału pracy w produkcie krajowym brutto można stwierdzić, że w skali globalnej w latach 2004-2017 wykazywał on wyraźną tendencję spadkową. Przyczyniły się do tego zarówno zmiany na poziomie Europy (spadek o ponad 2 punkty procentowe od 2004), jak i Ameryk (spadek na poziomie 1,6 punktu procentowego, przy czym w samych Stanach Zjednoczonych były to prawie trzy punkty procentowe). Afryka tymczasem wydaje się nie notować spadków udziału pracy, warto jednak podkreślić, że w przypadku tego kontynentu mamy do czynienia z wysokim stopniem niepewności danych statystycznych³¹⁶.

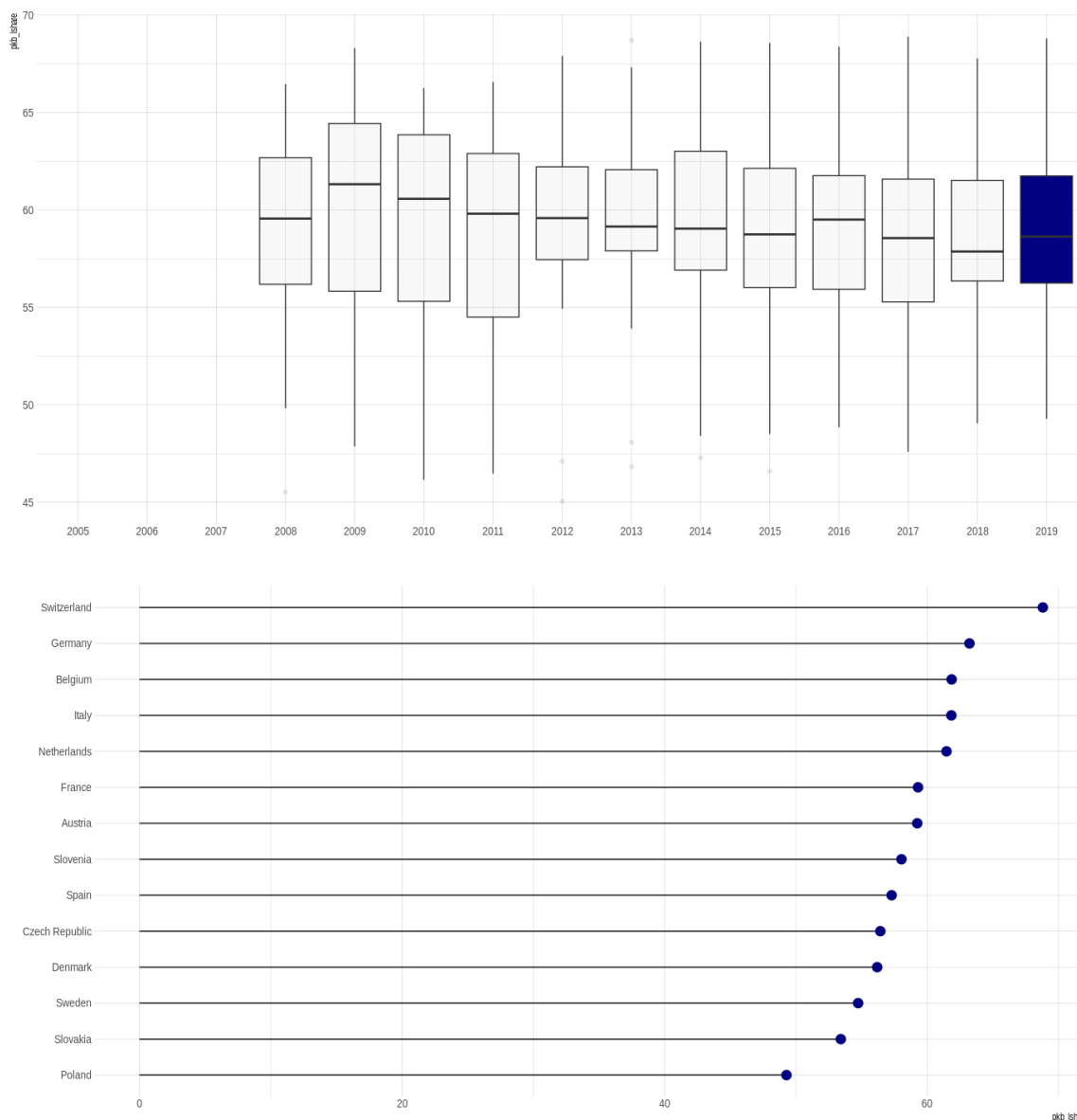
Generalnie w przypadku nieskorygowanych danych zauważa się wyższy udział dochodów z pracy dla regionów o wyższych dochodach. W przypadku skorygowanego wskaźnika korelacja między udziałem dochodów z pracy a dochodem jest słabsza. Tłumaczone jest to faktem, że rozwój gospodarczy jest powiązany negatywnie z poziomem samozatrudnienia³¹⁷. Udział pracy w produkcie krajowym brutto (*stanowiącym zgodnie z metodą dochodową sumę dochodów z pracy, dochodów z kapitału, dochodów państwa oraz amortyzacji*) na świecie wyniósł przeciętnie 51,4% w roku 2017³¹⁸, co oznacza, że na poziomie globalnym dochody z pracy nadal przeważają nad dochodami z kapitału. Podobnie wyglądało to na poziomie analizowanych krajów w latach 2008-2019 w odniesieniu do produktu krajowego brutto, co zostało zobrazowane na *Wykresie 12*.

³¹⁶ Gomis R., *The global labour income share and distribution. Data Production and Analysis Unit*, ILO Department of Statistics, <https://www.ilo.org/ilostat-files/Documents/Labour%20income%20share%20and%20distribution.pdf> [dostęp: 13.04.2022].

³¹⁷ Ibidem.

³¹⁸ *United Nations Global SDG Database, 2022.*

Wykres 12. Udział pracy w produkcie krajowym brutto w wybranych krajach europejskich, 2008-2019



Część górna: zgrupowane dane dla wszystkich krajów, lata 2005-2019. **Część dolna:** dane dla roku 2019.

Źródło: *United Nations Global SDG Database, 2022.*

Najwyższą przeciętną wartość wskaźnika odnotowano dla Szwajcarii (69,5%) oraz Belgii i Niderlandów (kolejno 64,4% oraz 64%), natomiast najniższy w przypadku Słowacji (47,2%), a w dalszej kolejności dla Polski (47,8%). Warto jednak zaznaczyć, że Słowacja jest krajem, dla którego obserwowano największy wzrost wskaźnika w analizowanym okresie (13,8%). W ostatnim badanym roku to Polska została więc zidentyfikowana jako kraj o najniższym udziale pracy w produkcie krajowym brutto (jako jedyna osiągnęła wartość

poniżej 50%). Największe spadki wartości wskaźnika odnotowano w przypadku Danii (5,2%), Włochów (4,8%), Hiszpanii (3,5%), jak i Niemiec (2,4%).

Dla porównania gdy mowa o udziale pracy w dochodzie narodowym, zauważalne jest, że szacunki tych wartości są przeciętnie wyższe niż przy zestawieniu udziału pracy z produktem krajowym brutto, ich wielkości wahały się bowiem w roku 2019 w przedziale od 69,65% w przypadku Włoch do 84,66% dla Słowenii. Największy wzrost w latach 2005-2019 odnotowano dla Czech (8,33%), a także Szwecji (6,37%), z kolei największy spadek osiągnięto w Hiszpanii (-4,97%) i w dalszej kolejności w Danii (-3,24%). Łącznie spadek udziału pracy w dochodzie narodowym w roku 2019 w stosunku do roku 2005 zaobserwowano w przypadku pięciu krajów, natomiast wzrost można zauważyć dla dziewięciu krajów. Szczegółowe dane zostaną zaprezentowane w rozbiciu na grupy państw stworzone na podstawie podobieństw cech rynku pracy. Grupowania dokonano po przeprowadzeniu testu dopasowania danych na potrzeby analizy czynnikowej. Współczynnik Kaisera-Mayera-Olkin (KMO) osiągnął wartości powyżej krytycznej - 0.5. Przed wykonaniem grupowania metodą Warda potwierdzono także brak występowania problemu współliniowości w analizowanym zbiorze danych (wartości VIF poniżej 2.5).

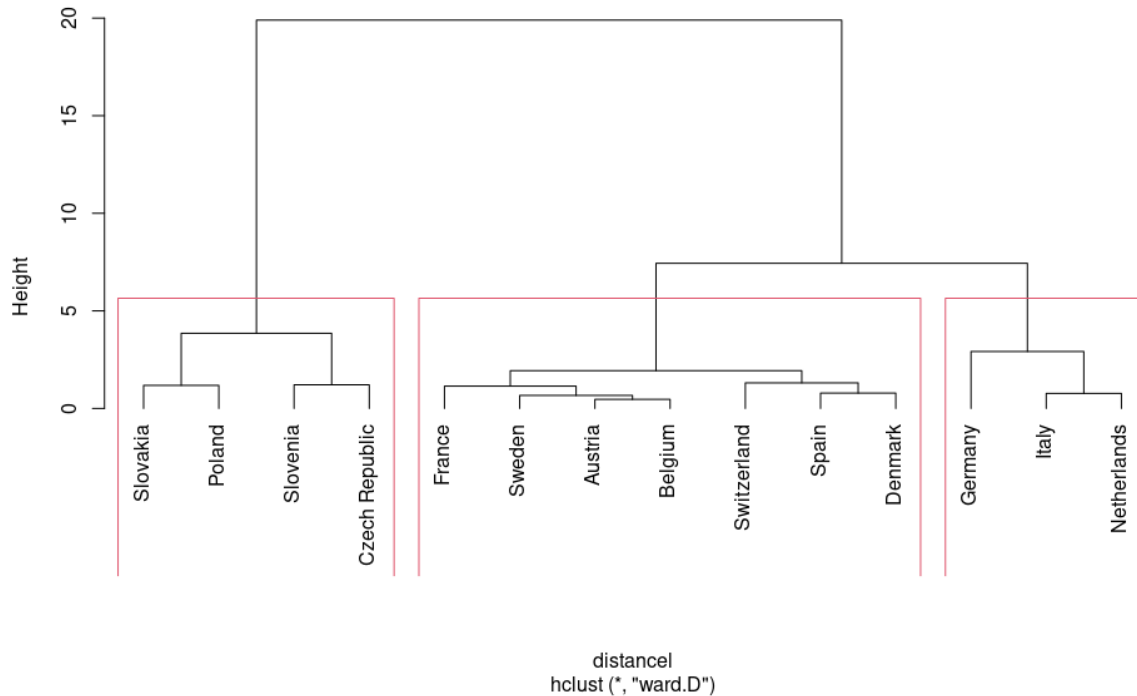
Jak widać na *Rysunku 4.5*, grupowanie hierarchiczne pozwala na wydzielenie trzech grup krajów:

- 1) W grupie pierwszej znalazły się: Austria, Belgia, Dania, Francja, Hiszpania, Szwecja i Szwajcaria (w rankingu European Innovation Scoreboard 2022 cztery kraje z tej grupy zostały uznane za liderów innowacji, dwa (Austria i Francja) za silnych innowatorów, a jeden - Hiszpania - za umiarkowanego innowatora).
- 2) Do grupy drugiej przyporządkowano Czechy, Polskę Słowację oraz Słowenię (we wspomnianym rankingu dwa kraje to umiarkowani innowatorzy, a dwa - Polska i Słowacja - wschodzący innowatorzy).
- 3) Z kolei w grupie trzeciej znalazły się Niemcy, Włochy oraz Niderlandy (kolejno: silny, umiarkowany innowator i lider innowacji)³¹⁹.

Na podstawie wyników rankingu European Innovation Scoreboard 2022, a także statystyk zagęszczenia robotów można ocenić, że grupy numer jeden oraz trzy są bardziej innowacyjne

³¹⁹ European Commission, Directorate-General for Research and Innovation, *European Innovation Scoreboard 2022*, <https://data.europa.eu/doi/10.2777/309907> [dostęp: 20.12.2022].

i wdrażają rozwiązania z zakresu robotyki przemysłowej na większą skalę niż grupa numer dwa.



Rysunek 4.5. Grupowanie hierarchiczne krajów (metodą Warda) ze względu na wybrane cechy rynków pracy, 2005-2019

Źródło: *opracowanie własne.*

Z uwagi na fakt, że grupa druga także została wyodrębniona w grupowaniu hierarchicznym dla metody kompletnego połączenia pod względem zagęszczenia robotów, natomiast grupy numer jeden oraz trzy zostały w tamtym przypadku potraktowane jako podobne, zdecydowano o wykonaniu dodatkowego testu weryfikującego różnice między dwoma ostatnimi przypadkami.

Ze względu na podejrzenie nierówności wariancji (potwierdzone testem Levene'a), a także różne liczebności grup, wykorzystano w tym celu test Welcha, dla którego wyniki zostały zaprezentowane na *Rysunku 4.6*. Dają one podstawy do odrzucenia hipotezy zerowej o równości średnich i stwierdzenia, że przeciętne zagęszczenie robotów dla grupy trzeciej jest istotnie wyższe niż średnie wartości dla grupy pierwszej ($t_{\text{Welch}}(59.12)=-2.69$; $p=9.31e-03$).



Rysunek 4.6. Weryfikacja istotności różnic w średniej wartości zagęszczenia robotów dla grupy numer 1 oraz 3 za pomocą testu Welcha

Na podstawie statystyki \hat{g}_{Hedges} - średnia różnica. Na podstawie $\log_e(\text{BF}_{01})$ - silny dowód na rzecz hipotezy alternatywnej. Dane dotyczące zagęszczenia robotów zostały poddane transformacji mającej na celu normalizację rozkładów (szczegóły w załączniku nr 2).

Źródło: *opracowanie własne*.

Można więc stwierdzić, że grupy krajów wyodrębnione ze względu na różnice w wybranych charakterystykach rynków pracy różniły się także pod względem zagęszczenia robotów przemysłowych w latach 2005-2019, i nie zidentyfikowano przeciwwskazań do traktowania ich jako odrębne w dalszej analizie.

Dodatkowo sprawdzono, za pomocą skorygowanego³²⁰ indeksu Randa (*ang. Adjusted Rand Index*), stopień podobieństwa między grupowaniami (*ze względu na zrobotyzowanie gospodarek i wybrane cechy rynków pracy*), uzyskując wynik 0.7 wskazujący na dość wysoką zgodność podziału, może on być bowiem interpretowany jako prawdopodobieństwo, że wskazana para jest podobnie sklasyfikowana w obydwóch grupowaniach³²¹.

Porównując wyodrębnione grupy można zauważyć, że:

³²⁰ Wskaźnik jest korygowany pod kątem przypadku.

³²¹ Hubert L., Arabie P., *Comparing partitions*, "Journal of Classification" nr 2, 1985.

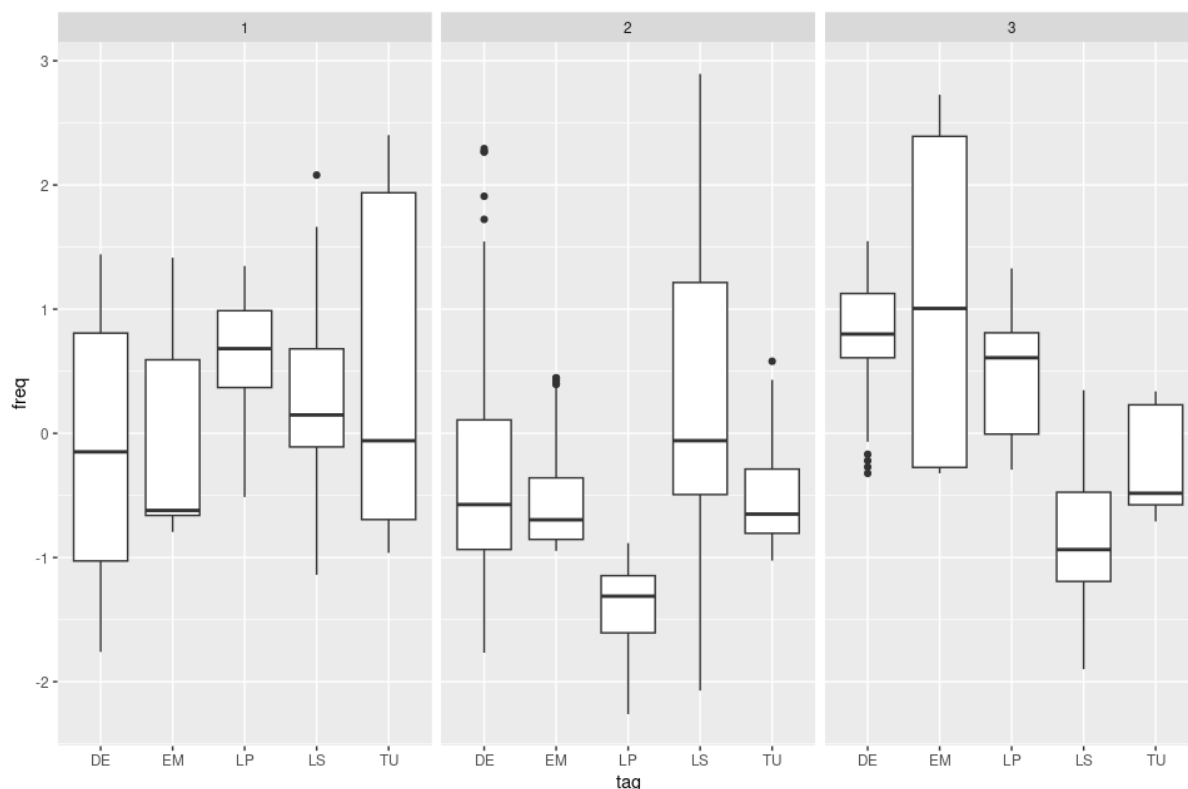
1. Dla wszystkich krajów na przestrzeni lat spadał odsetek pracowników zatrudnionych w przemyśle. Różnice między poszczególnymi państwami pozostają jednak na tyle wysokie, że mogą świadczyć o istotnych rozbieżnościach w zapotrzebowaniu na roboty przemysłowe na poziomie gospodarki. W roku 2019 liderami w tej grupie były kraje zaliczone do grupy drugiej (Europa Centralna) oraz dwie gospodarki z grupy trzeciej (Niemcy i Włochy; tymczasem odsetek zatrudnionych w przemyśle w Niderlandach pozostawał niski). Wyniki dla grupy pierwszej są przeciętne oraz niskie³²². Oceniając sytuację z tej perspektywy, można stwierdzić, że grupy druga oraz trzecia powinny zauważać u siebie potencjalnie więcej zastosowań dla robotów przemysłowych.
2. Jeśli chodzi o strukturę krajowych przedsiębiorstw, trudno o wskazanie wyraźnych różnic między grupami, które sugerowałyby większą skłonność do robotyzacji w określonych przypadkach. Mogłaby temu sprzyjać wysoka liczba przedsiębiorstw zatrudniających powyżej 250 pracowników, żadna grupa nie wyróżnia się jednak pod tym względem na tle pozostałych. Jeden kraj znacznie odbiega od reszty analizowanych pod względem liczby takich przedsiębiorstw, są nim Niemcy (4,512). W grupie trzeciej także Włochy uzyskały w 2019 wysoki wynik, jednak dla Niderlandów odnotowano niewielką liczbę przedsiębiorstw zatrudniających powyżej 250 osób. Pozostałe grupy również są rozproszone pod względem osiągniętych wyników. Co ciekawe, drugi kraj z najwyższym wynikiem wśród analizowanych to Polska (1,590)³²³.
3. Jeśli chodzi o średnią roczną liczbę przepracowanych godzin (rozumianą jako całkowitą liczbę godzin podzieloną przez liczbę zatrudnionych w roku) w analizowanych krajach, można zauważyć, że dla niemal wszystkich na przestrzeni lat wartość tego wskaźnika obniża się. Najwyższe wartości odnotowuje się dla grupy drugiej (w roku 2019 w szczególności dla Czech i Polski). W grupie pierwszej większość krajów uzyskała przeciętne wielkości, z kolei w grupie trzeciej Niemcy i Niderlandy osiągnęły niemal najniższą wartość dla średniej liczby przepracowanych

³²² International Labour Organization, Employment in industry (% of total employment) (modeled ILO estimate) - European Union, data.worldbank.org/indicator/SL.IND.EMPL.ZS?end=2019&locations=EU [dostęp: 20.12.2022].

³²³ OECD, *Enterprises by business size (indicator)*, <https://data.oecd.org/entrepreneur/enterprises-by-business-size.htm> [dostęp: 20.12.2022].

godzin, a Włochy znalazły się wśród krajów, gdzie przeciętnie ta wartość jest największa³²⁴.

4. Jeszcze jednym wskaźnikiem mogącym różnicować grupy krajów pod względem konkurencyjności pracy jest jej produktywność. W tej kategorii wszystkie kraje z grupy drugiej znalazły się poniżej unijnej średniej. W pozostałych grupach wszystkie kraje poza Hiszpanią osiągnęły wynik powyżej średniej dla Unii Europejskiej³²⁵.



Rysunek 4.7. Charakterystyka grup wydzielonych metodą Warda

Źródło: *opracowanie własne*.

5. W kontekście spodziewanej przychylności społeczeństwa dla wdrażania w miejscach pracy rozwiązań takich jak wykorzystanie robotów przemysłowych warto również zwrócić uwagę na wskaźnik udziału w całkowitej ludności kraju osób starszych (w wieku 65 lat i więcej). Jego najwyższe wartości obserwuje się dla grupy trzeciej. Włochy zarejestrowały w 2019 roku najwyższy odsetek osób starszych

³²⁴ OECD, *Hours worked (indicator)*, <https://data.oecd.org/emp/hours-worked.htm>, [dostęp: 20.12.2022].

³²⁵ Eurostat, *Labour productivity per hour worked*, <https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/tesem160/default/bar>, [dostęp: 20.12.2022].

w społeczeństwie na poziomie Unii Europejskiej (23%), Niemcy także osiągnęły wartość powyżej średniej - 22%, natomiast dla Niderlandów było to 19%. Średnie wielkości uzyskały kraje z grupy pierwszej (najwyżej notowany kraj to Francja z wynikiem 21%), natomiast najniższe - państwa z grupy drugiej³²⁶. Sugeruje to, że opinia społeczna może być najbardziej przychylna obecności robotów w miejscach pracy w przypadku krajów z grupy trzeciej, natomiast najmniej - dla grupy drugiej.

Zbiorcze cechy każdej z trzech grup w kategoriach takich jak: udział pracy w dochodzie narodowym, produktywność pracy, wielkość zatrudnienia, gęstość uzwiązkowienia oraz rozkład dochodów z pracy (a właściwie stosunek decyla 9 do 1) zostały przedstawione na *Rysunku 4.7*.

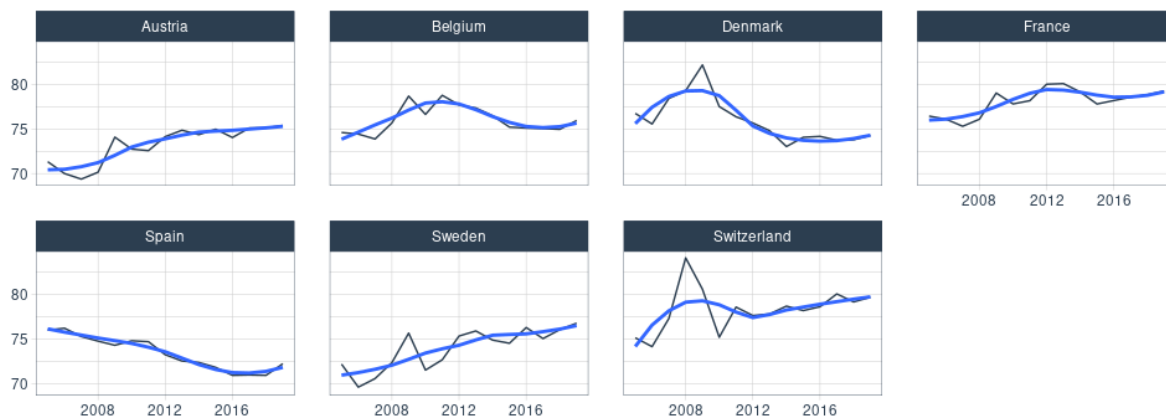
Jeśli chodzi o udział pracy w dochodzie narodowym (LS), zauważalne jest, że jego wartości są przeciętnie wyższe dla dwóch pierwszych grup, podczas gdy w grupie trzeciej odnotowuje się niższe odsetki. Równocześnie w grupie pierwszej oraz trzeciej produktywność pracy (LP) jest wyraźnie wyższa niż dla grupy drugiej. Ponadto, dla grupy numer jeden charakterystyczne jest to, że znalazły się w niej wszystkie kraje o najwyższej wartości wskaźnika gęstości uzwiązkowienia (TU), a więc Szwecja, Dania oraz Belgia. Z kolei w grupie trzeciej zatrudnienie (EM) oraz stosunek udziału decyla 9 do 1 przy podziale dochodu z pracy (DE) osiągały w analizowanym okresie przeciętnie najwyższe wartości.

Porównując wyniki grupowania hierarchicznego krajów ze względu na wybrane cechy rynków pracy oraz zagęszczenie robotów przemysłowych można zauważyć, że kraje, które zostały zgrupowane razem przy użyciu metody kompletnego połączenia jako te, które charakteryzują się mniejszym zagęszczeniem robotów, zostały również wyodrębnione jako podobne z uwagi na cechy rynków pracy. Odbiegające od reszty kraje Europy Centralnej znalazły się bowiem w tej samej grupie, a rozbitcie pozostałych państw na dwie grupy także zostało potwierdzone dodatkowym testem statystycznym. Może to sugerować występowanie związku pomiędzy rozwojem robotyzacji i cechami danego rynku pracy, takimi jak udział pracy w dochodzie narodowym, wielkość zatrudnienia, produktywność pracy, gęstość uzwiązkowienia czy rozkład dochodów z pracy.

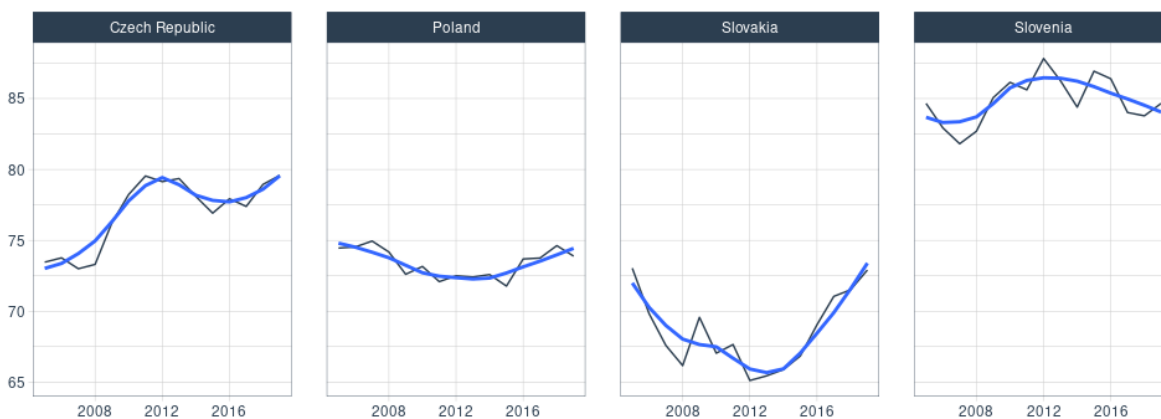
³²⁶ United Nations Population Division, *World Population Prospects: 2022 Revision. Population ages 65 and above (% of total population) - European Union*, <https://data.worldbank.org/indicator/SP.POP.65UP.TO.ZS> [dostęp: 20.12.2022].

Wykres 13. Udział pracy w dochodzie narodowym dla wybranych krajów europejskich, 2005-2019. Podział ze względu na klastry

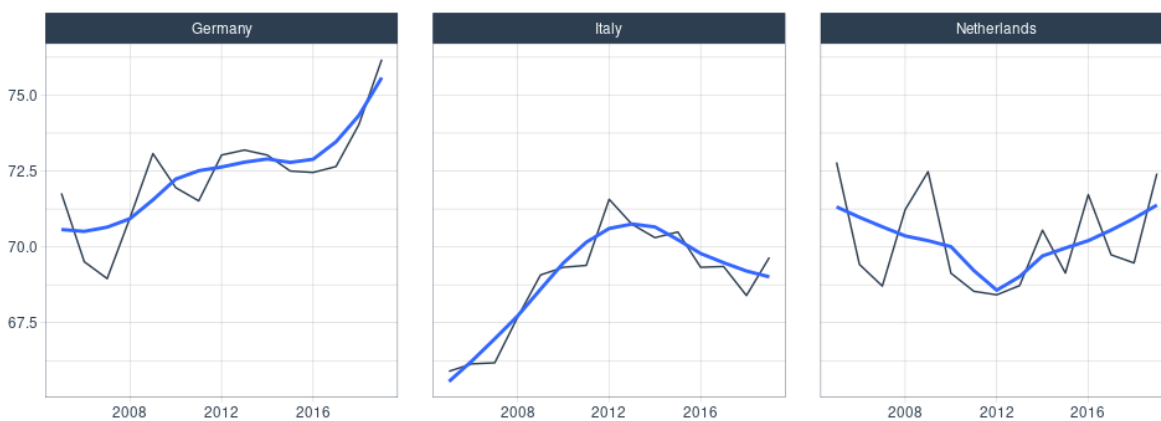
Grupa 1: Austria, Belgia, Dania, Francja, Hiszpania, Szwecja, Szwajcaria



Grupa 2: Czechy, Polska, Słowacja, Słowenia



Grupa 3: Niemcy, Włochy, Niderlandy



Źródło: opracowanie własne na podstawie: Fisher-Post M., *Factor Shares in the Long Run*, "WID.world WORKING PAPER" nr 3, 2020.

W oparciu o zaprezentowany powyżej podział krajów przygotowano wizualizację (*Wykres 13.*), której celem jest zobrazowanie szczegółowych różnic w udziale pracy w dochodzie narodowym na przestrzeni lat dla krajów zgrupowanych jako podobne.

Największy rozrzut wartości obserwuje się dla grupy drugiej, gdzie wahały się one od 65% do 87%. Udział pracy w dochodzie narodowym w przypadku Słowenii był we wszystkich latach wyraźnie wyższy niż dla innych krajów w grupie. Również w przypadku pozostałych państw obserwuje się istotne różnice, zwłaszcza w okolicach roku 2012, gdy udziały te w Polsce i w Słowacji spadały, podczas gdy dla Czech rosły.

Grupa pierwsza oraz trzecia wydają się bardziej spójne, w przypadku obydwóch wahania na przestrzeni lat zawierały się w przedziale 10%, przy czym wartości osiągnięte w grupie pierwszej były nieznacznie wyższe. Wyszczególnione różnice wskazują na występowanie znacznych rozbieżności pomiędzy analizowanymi krajami pod względem udziału pracy w ich dochodzie narodowym. Dla uzyskania pełniejszego obrazu sytuacji konieczne jest jednak spojrzenie nie tylko na to jak dochód rozkłada się pomiędzy pracę i kapitał, ale też w jaki sposób dzielone są dochody z samej pracy. Perspektywa ta zostanie przybliżona w kolejnym punkcie.

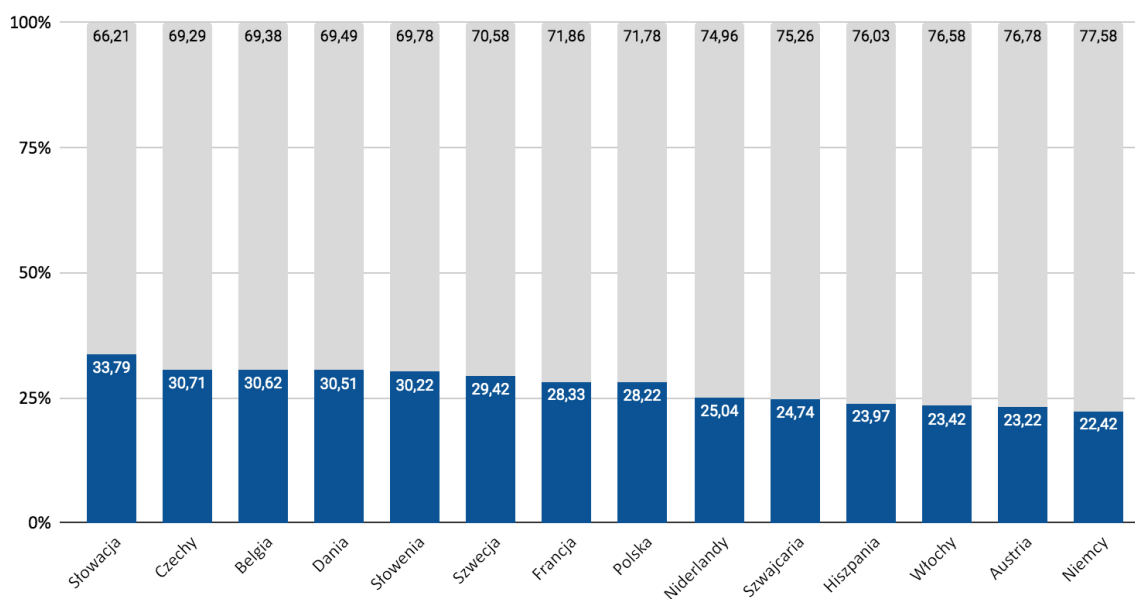
4.3 Rozkład dochodów z pracy w Europie i na świecie

Jeśli na podstawie statystyk dotyczących udziału pracy w dochodzie narodowym chcielibyśmy porównać przeciętny dochód z pracy uzyskiwany w poszczególnych państwach Europy i świata, uzyskalibyśmy bardzo ograniczony obraz sytuacji z uwagi na fakt, że tak skonstruowane panele nie odzwierciedlałyby rozkładów, pomijając tym samym nierówności generowane w ramach dochodów z pracy. Z tego względu bardziej zasadne wydaje się zwrócenie szczególnej uwagi na rozkład wspomnianych dochodów z pracy według grup decylowych.

Generalnie przyjmuje się, że podział dochodów z pracy jest w mniejszym stopniu nierówny niż podział dochodów z kapitału. Globalny dochód z pracy nadal dzielony jest jednak w sposób bardzo nierównomierny. W roku 2017 dolne 50% pracowników w skali globalnej otrzymywało zaledwie 6,4% ogólnych dochodów z pracy. Nierówności te

w ostatnim czasie wykazywały jednak tendencję spadkową (w roku 2004 ten sam odsetek zarabiających najmniej otrzymywał 4,6% całkowitego dochodu z pracy). Ocenia się, że zmiany te były wywołane przede wszystkim wysokim tempem wzrostu gospodarczego odnotowywanego zwłaszcza w Indiach, a także w przypadku Chin (po wyłączeniu wspomnianych krajów z analizy można zauważyć znacznie mniejsze tempo zmniejszania nierówności w przypadku dochodów z pracy, spadek z 6,9% do 6,1% w okresie 2004-2017). Dochód z pracy rozkłada się w skali globalnej w sposób nierównomierny ze względu na różnice w przeciętnym dochodzie z pracy, ale także bardziej nierówną dystrybucję w tych krajach, które są uważane za biedniejsze. Jak wskazują badania, dla biednych krajów obserwuje się bardziej nierówne rozkłady dochodów z pracy. Występowanie tej zależności sprawia, że obserwowany poziom nierówności także jest większy³²⁷.

Wykres 14. Udział dochodów z pracy górnych 5 górnych oraz 5 dolnych decyli, wybrane kraje europejskie, 2019



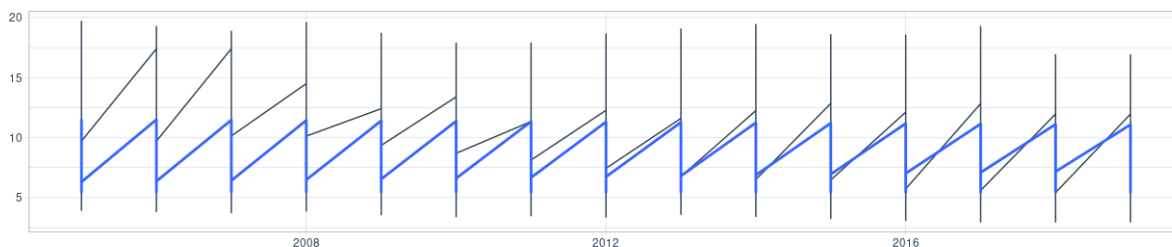
Źródło: opracowanie własne na podstawie: The global labour income share and distribution. Data Production and Analysis Unit, ILO Department of Statistics, <https://www.ilo.org/ilostat-files/Documents/Labour%20income%20share%20and%20distribution.pdf> [dostęp: 20.11.2022].

³²⁷ The global labour income share and distribution. Data Production and Analysis Unit, ILO Department of Statistics, <https://www.ilo.org/ilostat-files/Documents/Labour%20income%20share%20and%20distribution.pdf> [dostęp: 13.04.2022].

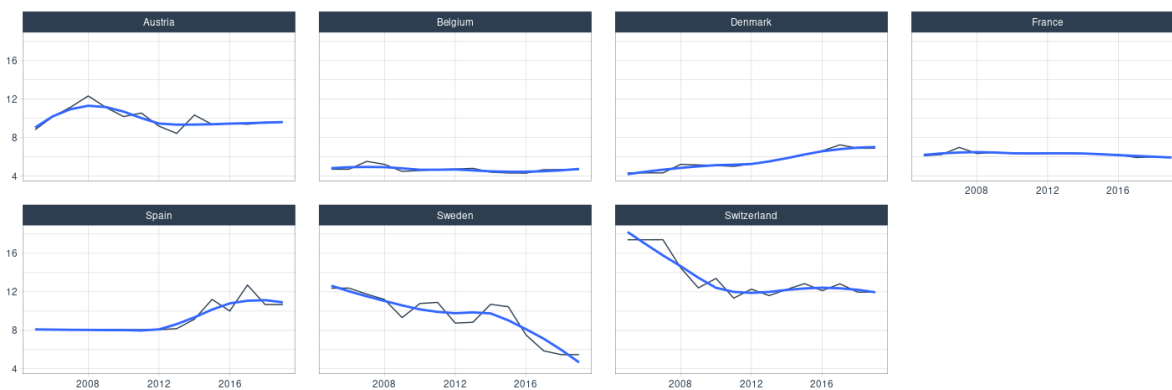
Przyjmując perspektywę europejską, należy zauważyć, że odsetek dochodów z pracy przypadających pięciu dolnym decydom pracowników jest wyraźnie wyższy na Starym Kontynencie, co sugeruje mniejsze nierówności niż te notowane na poziomie światowym. Szczegółowe wartości zostały zamieszczone na *Wykresie 14*. W roku 2019 dla analizowanych krajów wartości wskaźnika zawierały się w przedziale od 22,42% w Niemczech do 33,79% w przypadku Słowacji. Pięć krajów osiągnęło wartość poniżej 25%, co oznacza, że połowa pracowników w Szwajcarii, Hiszpanii, Austrii, we Włoszech i w Niemczech otrzymuje mniej niż ¼ dochodu z pracy.

Dodatkowo w grupowaniu krajów pod względem cech rynków pracy uwzględniono relację decyla dziewiątego do decyla pierwszego jako miarę nierówności wynikających ze sposobów dystrybucji dochodów z pracy. Na podstawie charakterystyk grup (*Rysunek 4.7.*) można stwierdzić, że najwyższe wartości tego współczynnika (oznaczające najbardziej nierówną dystrybucję) uzyskano dla grupy trzeciej, a więc dla Niemiec, Włoch i Niderlandów. Szczegóły dotyczące kształtowania się tego wskaźnika na poziomie krajów na przestrzeni lat zostały zamieszczone na *Wykresie 15*.

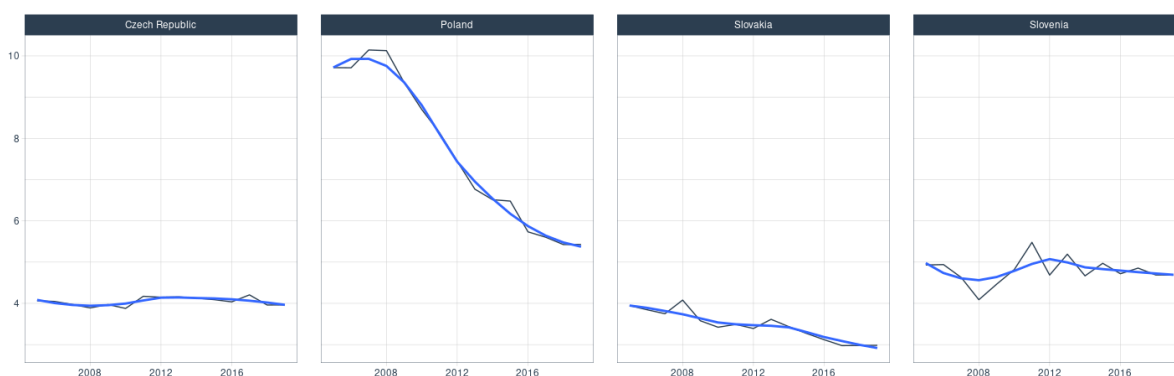
Wykres 15. Relacja decyla dziewiątego do pierwszego w rozkładzie dochodów z pracy, 2005-2019. Podział ze względu na klastry



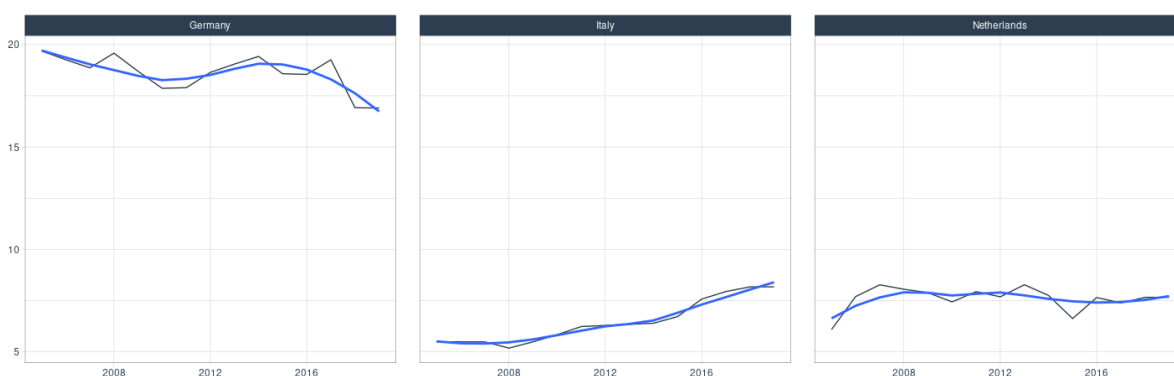
Grupa 1: Austria, Belgia, Dania, Francja, Hiszpania, Szwecja, Szwajcaria



Grupa 2: Czechy, Polska, Słowacja, Słowenia



Grupa 3: Niemcy, Włochy, Niderlandy



Źródło: opracowanie własne na podstawie: The global labour income share and distribution. Data Production and Analysis Unit, ILO Department of Statistics, <https://www.ilo.org/ilostat-files/Documents/Labour%20income%20share%20and%20distribution.pdf> [dostęp: 20.11.2022].

Na podstawie powyższych wykresów można stwierdzić, że wysokie wartości dla grupy trzeciej są odzwierciedleniem wyników dla Niemiec, dla których relacja decyla dziewiątego do pierwszego jest znacznie wyższa niż w przypadku pozostałych analizowanych krajów. Dla grupy pierwszej wartości wskaźnika w przedstawionym okresie mieściły się w przedziale od nieco poniżej 5 w przypadku Szwecji w roku 2019 do ponad 16 dla Szwajcarii w roku 2005.

Na tle grupy pierwszej wyraźnie odznacza się Hiszpania oraz Dania, dla których po roku 2012 nierówności dochodów z pracy zaczęły rosnąć. W przypadku pozostałych państw pozostawały one na stałym poziomie bądź malały. Grupa druga jest obecnie najbardziej spójną pod względem wielkości omawianego wskaźnika. Po znacznych spadkach dla Polski z wartości 10 utrzymującej się do 2008 roku do około 5.5 w 2019 roku obecnie stosunek decyla dziewiątego do pierwszego w rozkładzie dochodów z pracy wynosi od 3 w przypadku

Słowacji do 5.5 dla Polski. Grupa trzecia, jak już wspomniano, jest najbardziej zróżnicowana, gdyż Włochy i Niemcy odnotowują wartości nieco powyżej średniej dla wszystkich analizowanych lat (w obydwóch przypadkach jest to wzrost z 5-6 w roku 2005 do 7-8 w 2019 roku), podczas gdy Niemcy wyróżniają wartości zawyżone w stosunku do reszty (spadek w analizowanym okresie z niemal 20 do 17).

Podczas gdy niektóre kraje notowały spadki w relacji decyla dziewiątego do pierwszego w rozkładzie dochodów z pracy, dla innych można było zauważyć wzrost tych wartości. W naturalny sposób nasuwa się więc pytanie o to czy zachodzące zmiany miały związek z tempem i skalą rozwoju robotyzacji produkcji. Istnienie takiej zależności zostanie zweryfikowane w kolejnym rozdziale.

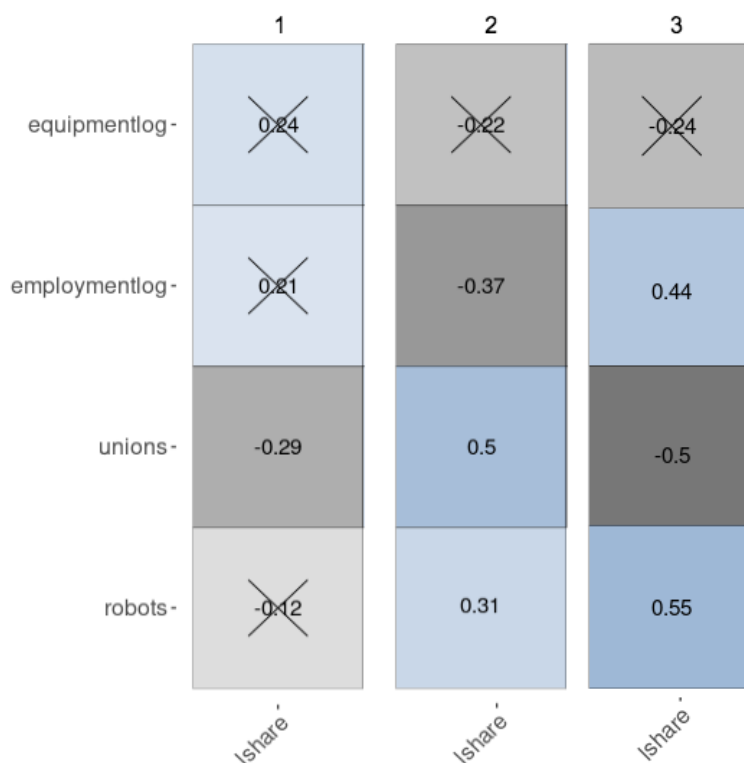
4.4 Identyfikacja zależności między poszczególnymi charakterystykami wewnątrz analizowanych gospodarek

Pytanie o występowanie powiązań między rozwojem robotyzacji i cechami europejskich gospodarek w naturalny sposób prowadzi do próby kwantyfikacji ewentualnych zależności.

Pierwszym krokiem prowadzącym do tego celu będzie obliczenie korelacji, przede wszystkim między udziałem pracy w dochodzie narodowym i powiązanymi charakterystykami (wybranymi na podstawie przeglądu literatury w zakresie dotychczas przeprowadzonych badań). W dalszej kolejności zostaną zbadane także inne propozycje zmiennych, które mogłyby pomóc w wyjaśnieniu różnic między krajami w udziale pracy, a także w podziale dochodu z pracy.

Analiza występujących korelacji pomiędzy procentowym udziałem pracy w dochodzie narodowym oraz innymi zmiennymi pozwala stwierdzić, że dla dwóch z trzech grup można mówić o tym, że został zidentyfikowany istotny związek między udziałem pracy (*lshare*) i zagęszczeniem robotów przemysłowych (*robots*). Co więcej, jest to zależność pozytywna, co sugeruje, że wraz ze wzrostem zagęszczenia robotów wzrasta udział pracy. Dla jednej z grup nie odnotowano jednak istotnej relacji, nie można więc mówić o tym, że wnioski o występowaniu pozytywnej zależności mogą zostać uogólnione na wszystkie badane kraje. Na poziomie pojedynczych gospodarek znajdujących się w grupie pierwszej wyraźnie widać, że pozytywna zależność wystąpiła dla Austrii, Szwecji, Francji,

a także Szwajcarii, tymczasem w przypadku Hiszpanii oraz Danii była ona wyraźnie negatywna.



Rysunek 4.8. Korelacje pomiędzy udziałem pracy w dochodzie narodowym oraz wybranymi zmiennymi dla grup krajów zgrupowanych hierarchicznie ze względu na cechy rynków pracy

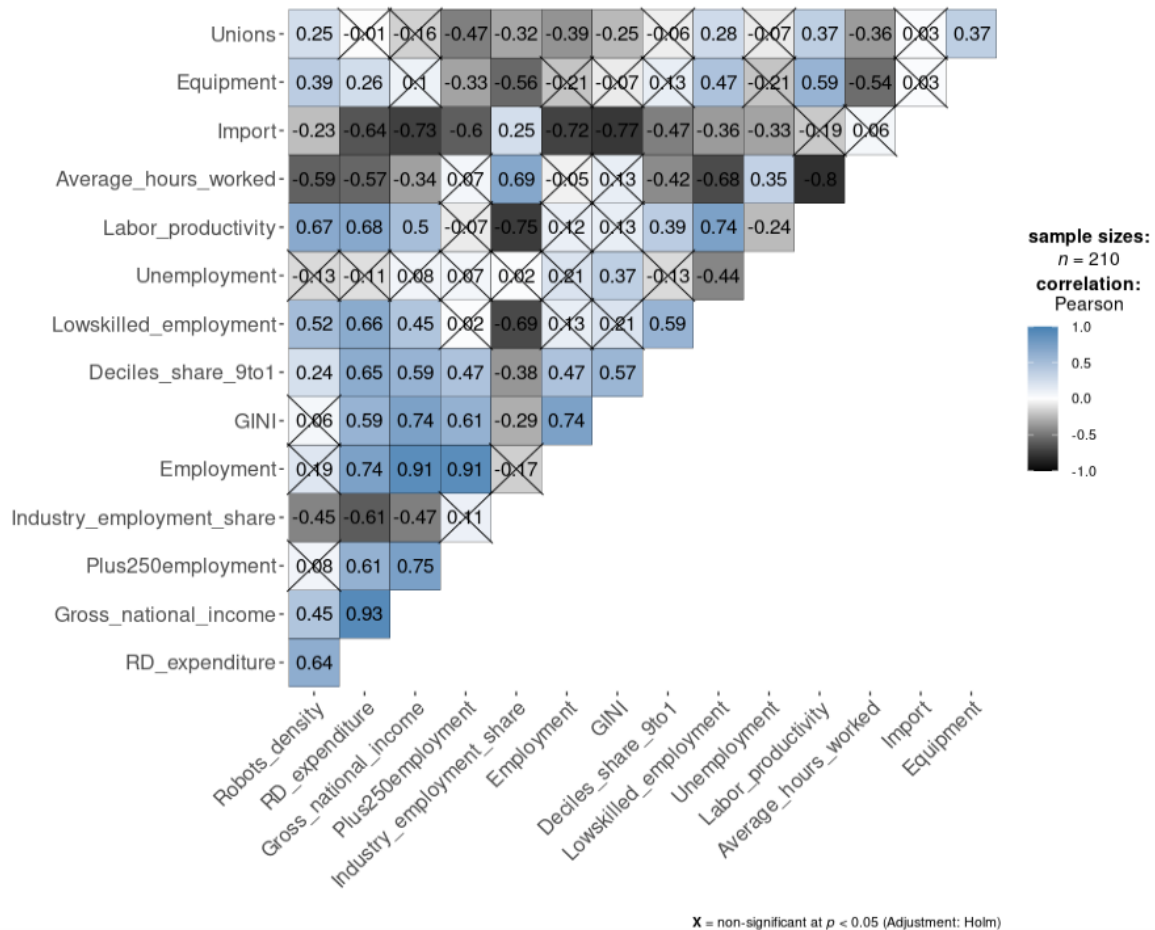
X = nieistotne przy $p < 0,05$.

Źródło: *opracowanie własne*.

Gdy mowa o pozostałych zależnościach poddanych weryfikacji, dla grupy pierwszej tylko jeden czynnik wydaje się wiązać z udziałem pracy w dochodzie narodowym w sposób istotny, jest to wskaźnik uzwiązkowienia. Brak istotności dla pozostałych wyników sugeruje, że jest to grupa najbardziej zróżnicowana ze wszystkich analizowanych.

Dla grupy drugiej oraz trzeciej poza wskaźnikiem uzwiązkowienia są to dodatkowo logarytmiczne wartości całkowitego zatrudnienia. Co ciekawe, zidentyfikowane zależności mają przeciwne znaki. Podczas gdy w grupie drugiej wzrost udziału pracy w dochodzie narodowym wiąże się ze wzrostem wskaźnika uzwiązkowienia oraz procentowym spadkiem zatrudnienia, dla grupy trzeciej wzrost udziału pracy oznacza spadek wskaźnika uzwiązkowienia i procentowy wzrost zatrudnienia.

W kolejnym rozdziale zidentyfikowane zależności posłużą do przygotowania modeli weryfikujących wpływ robotyzacji produkcji na udział pracy w dochodzie narodowym oraz na podział dochodu z pracy dla wybranych krajów. Dodatkową zostaną w nich wzięte pod uwagę istotne zmienne charakteryzujące pracę, a także stan gospodarek.



Rysunek 4.9. Korelacje pomiędzy propozycjami zmiennych oddziałujących na udział pracy w dochodzie narodowym dla wybranych krajów europejskich

X = nieistotne przy $p < 0,05$.

Źródło: opracowanie własne.

Na Rysunku 4.9. przedstawiono korelacje pomiędzy propozycjami tych zmiennych we wskazanych kategoriach:

- przegląd charakterystyk pracy - średnia liczba przepracowanych godzin, produktywność pracy, wskaźnik bezrobocia, odsetek pracowników o niskich kwalifikacjach w ogólnej liczbie zatrudnionych, udział zatrudnienia w przemyśle,

zatrudnienie w dużych przedsiębiorstwach (rozumianych jako podmioty zatrudniające powyżej 250 osób),

- wartości odnoszące się do stanu gospodarki w ogóle - dochód narodowy, poziom wydatków na badania i rozwój, współczynnik Giniego.

Przedstawione zależności sugerują konieczność dokonania określonych ograniczeń w modelowaniu, tak by zmienne niosące zbliżoną informację nie zostały uwzględnione równocześnie. Dotyczy to przede wszystkim importu, którego wartości silnie korelują z większością pozostałych charakterystyk, a także zatrudnienia (całkowite zatrudnienie silnie koreluje z zatrudnieniem w dużych przedsiębiorstwach, ale także ze wskaźnikami takimi jak wydatki na badania i rozwój czy dochód narodowy). Co więcej, całkowita wartość sprzętu w naturalny sposób koreluje z udziałem zatrudnienia w przemyśle. W przypadku produktywności pracy najsilniejsze korelacje zauważa się ze średnią liczbą przepracowanych godzin, odsetkiem pracowników o niskich kwalifikacjach i udziałem zatrudnienia w przemyśle. Dwie z tych wielkości, średnia liczba przepracowanych godzin i odsetek pracowników o niskich kwalifikacjach w ogólnej liczbie zatrudnionych, także są ze sobą silnie powiązane.

Reasumując, Europa, jako drugi pod względem wielkości rynek robotów przemysłowych na świecie, jest równocześnie rynkiem różniącym się od pozostałych światowych graczy pod wieloma względami, w tym między innymi ze względu na charakterystyki jej rynków pracy. Jest ona także zróżnicowana wewnętrznie, to znaczy poszczególne kraje Starego Kontynentu wydają się w innym stopniu adaptować rozwiązania z zakresu robotyki przemysłowej. Stwarza to możliwość szukania powiązań między zagęszczeniem robotów i udziałem pracy w dochodzie narodowym oraz podziałem tego dochodu z pracy z mniejszym prawdopodobieństwem nieuwzględnienia istotnych zmiennych w modelach niż w przypadku porównań o szerszym zasięgu geograficznym, na przykład w skali świata.

W wyniku przeprowadzonych do tej pory analiz osiągnięto dwa zamierzone rezultaty. Po pierwsze zidentyfikowano różnice między krajami pod względem zagęszczenia robotów przemysłowych, a także charakterystyki będące potencjalnie przyczynami tych różnic. Po drugie ustalono to jak kształtuje się udział pracy w dochodzie narodowym dla wskazanych państw i jakie uwarunkowania mogą wpływać na jego wielkość. Zagadnienia te należy

rozumieć jako dwie składowe głównego problemu pracy, dla którego w rozdziale kolejnym zostaną przedstawione propozycje rozwiązań.

Za punkt wyjścia przyjęto określenie które kraje Starego Kontynentu można uznać za liderów robotyzacji produkcji. Oceny tej dokonano bazując na wskaźniku zagęszczenia robotów przemysłowych w produkcji w przeliczeniu na 10,000 zatrudnionych ze względu na znaczne różnice w wielkościach europejskich gospodarek (bezwzględne wartości wykorzystania robotów w poszczególnych krajach wydają się dostarczać mniej precyzyjnych informacji na temat znaczenia robotyzacji w produkcji w odniesieniu do konkretnych podmiotów). Idąc dalej, scharakteryzowano potencjalne przyczyny różnic w zagęszczeniu robotów między poszczególnymi krajami, do których na podstawie ustaleń z części teoretycznej pracy zaliczono konkurencyjność siły roboczej, dostępność robotów, wielkość krajowych przedsiębiorstw czy opinię społeczeństwa na temat obecności robotów w miejscach pracy.

Wreszcie do dalszej analizy wybrano te państwa, które charakteryzują się największym zagęszczeniem robotów przemysłowych w produkcji. Zostały one pogrupowane ze względu na podobieństwa w tym zakresie. W wyniku zastosowania metody kompletnego połączenia wyodrębniono dwie grupy, mniej i bardziej zrobotyzowaną. W pierwszej znalazły się kraje Europy Środkowej (gdzie obserwuje się wyraźne wzrosty zagęszczenia robotów, wynikające jednak po części z dotychczasowych braków w tym zakresie; kraje te charakteryzują zarówno cechy, które tłumaczą wcześniejszy brak zainteresowania robotyzacją - takie jak stosunkowo niskie koszty pracy - ale też takie, które mogą sygnalizować wzrost tego zainteresowania w przyszłości - między innymi wysokie tempo wzrostu wspomnianych kosztów pracy), natomiast w grupie drugiej znalazły się państwa Europy Zachodniej.

W kolejnej części powyższy podział został porównany z grupowaniami ze względu na wybrane cechy rynków. Ustalono, że kraje o podobnych charakterystykach rynku pracy wykorzystują roboty przemysłowe w zbliżonym stopniu. Na tej podstawie przyporządkowano analizowane kraje do trzech grup. W grupie pierwszej znalazły się: Austria, Belgia, Dania, Francja, Hiszpania, Szwecja oraz Szwajcaria. Do grupy drugiej włączono Czechy, Polskę, Słowację i Słowenię, z kolei do grupy trzeciej - Niemcy, Włochy, a także Królestwo Niderlandów. Następnie na podstawie statystyk zagęszczenia robotów, jak i wyników rankingu European Innovation Scoreboard 2022 oceniono, że grupy numer jeden raz trzy są

bardziej innowacyjne oraz wdrażają rozwiązania z obszaru robotyki przemysłowej na większą skalę niż grupa numer dwa. Grupa druga, do której włączono kraje Europy Centralnej, odznaczała się także na tle pozostałych wyższym odsetkiem pracowników zatrudnionych w przemyśle, większą średnią jeśli chodzi o roczną liczbę godzin przepracowanych przez pracowników, a także wartościami produktywności pracy poniżej unijnej średniej. Z kolei grupę trzecią charakteryzuje także stosunkowo wysoki odsetek zatrudnienia w przemyśle oraz duży udział osób starszych w całkowitej ludności kraju (co jest uważane za dobry prognostyk pozytywnego nastawienia społeczeństwa do robotów), a także przeciętnie wyższe wartości relacji udziału decyla dziewiątego do decyla pierwszego w podziale dochodu z pracy (oznacza to najbardziej nierówną dystrybucję) i niższe wartości udziału pracy w dochodzie narodowym. Tymczasem dla grupy pierwszej specyficzne jest to, że znalazły się w niej wszystkie kraje o najwyższych wartościach wskaźnika gęstości uzwiązkowienia. Zarówno grupa pierwsza, jak i trzecia, osiągnęły wartości produktywności pracy powyżej unijnej średniej.

Dodatkowa analiza tego jak kształtuje się udział pracy w dochodzie narodowym dla wskazanych państw i jakie uwarunkowania mogą wpływać na jego wielkość pozwoliła na identyfikację propozycji zmiennych do wykorzystania w modelowaniu, które zostanie opisane w rozdziale kolejnym. Dotyczy to zarówno czynników charakteryzujących pracę (jak tempo wzrostu liczby pracowników czy wskaźnik gęstości zatrudnienia), jak i jej otoczenie (dotyczące cen sprzętu czy ekspozycji na import). Zostały one już częściowo scharakteryzowane z uwzględnieniem specyfiki ich zmian dla analizowanych krajów europejskich w latach 2005-2019. Na podstawie wykonanych korelacji między udziałem pracy w dochodzie narodowym oraz zagęszczeniem robotów przemysłowych dla wyszczególnionych wyżej grup ustalono, że w przypadku dwóch z nich można mówić o występowaniu pozytywnej zależności między udziałem pracy w dochodzie narodowym i zagęszczeniem robotów przemysłowych. Sugeruje to, że wraz ze wzrostem liczby wykorzystywanych robotów wzrasta także udział pracy. Dla grupy pierwszej nie zauważono jednak występowania istotnej zależności. Weryfikacji poddano także inne powiązania i ustalono, że dla grupy numer jeden tylko wskaźnik uzwiązkowienia jest czynnikiem wiążącym się z udziałem pracy w dochodzie narodowym w sposób istotny. Brak istotności w przypadku pozostałych wyników sugeruje, że jest to grupa najbardziej zróżnicowana ze wszystkich analizowanych. Dla grupy drugiej oraz trzeciej poza zagęszczeniem robotów

przemysłowych i wartościami wskaźnika uzwiązkowienia były to dodatkowo logarytmiczne wartości całkowitego zatrudnienia. W dalszej kolejności zidentyfikowano także inne propozycje zmiennych, które potencjalnie mogłyby pomóc w wyjaśnieniu występujących różnic między krajami w wielkościach udziału pracy w dochodzie, jak i podziału dochodu z pracy.

Zebrane ustalenia posłużą w ostatnim rozdziale przy konstrukcji modeli ekonometrycznych mających zweryfikować występowanie zależności między udziałem pracy w dochodzie narodowym i podziałem dochodu z pracy oraz zagęszczeniem robotów przemysłowych.

ROZDZIAŁ 5. ROBOTYZACJA PRODUKCJI I UDZIAŁ PRACY W DOCHODZIE DLA WYBRANYCH KRAJÓW EUROPEJSKICH W LATACH 2005-2019. OMÓWIENIE WYNIKÓW BADAŃ

Po zidentyfikowaniu czynników, które mogą mieć potencjalny wpływ na kształtowanie się wielkości udziału pracy w dochodzie narodowym, a także podziału tego dochodu z pracy dla wybranych krajów, rozpoczęto proces konstruowania modeli ekonometrycznych mających umożliwić dalszą analizę zjawisk zachodzących w latach 2005-2019. W rozdziale piątym zostaną omówione wyniki badań, a także przedstawione propozycje wniosków, do których mogą one prowadzić.

5.1 Znaczenie robotyzacji produkcji w kształtowaniu udziału pracy w dochodzie narodowym

Chociaż korelacje przedstawione w rozdziale czwartym podpowiadają w jaki sposób kształtują się powiązania między udziałem pracy w dochodzie narodowym i zagęszczeniem robotów przemysłowych, konieczne jest zastosowanie formalnego podejścia opisanego w rozdziale trzecim celem oszacowania wspomnianych zależności. *Tabela 5.* przedstawia wyniki estymacji z wykorzystaniem estymatora uogólnionej metody momentów pierwszych różnic Arellano i Bonda. Weryfikacja modelu obejmowała przeprowadzenie testu Sargana, którego rolą jest wskazanie czy wykorzystane instrumenty są właściwe, a więc nieskorelowane ze składnikiem losowym. Wyniki nie dają podstaw do odrzucenia hipotezy zerowej, co wskazuje na odpowiedni dobór instrumentów. Podobnie na podstawie testu Arellano-Bonda można stwierdzić, że nie ma podstaw do odrzucenia hipotezy zerowej o braku korelacji drugiego rzędu w przypadku pierwszych różnic błędu czysto losowego. Również wyniki testu Walda pozwalają na pozytywną weryfikację modelu z uwagi na fakt, że pozwalają one odrzucić hipotezę o łącznej nieistotności zmiennych, a także o nieistotności zmiennych reprezentujących efekt czasowy.

Oszacowany model sugeruje, że pomiędzy zmianami w udziale pracy w dochodzie narodowym (*lshare*) i zmianami w zagęszczeniu robotów (*robots*) występuje pozytywny

związek, co oznacza, że procentowy wzrost jednej z tych wartości wiąże się z procentowym wzrostem drugiej. Najsilniejszą zależność zaobserwowano dla zmiennej objaśniającej opóźnionej o trzy okresy, co wskazuje na opóźnienie ewentualnego wpływu wzrostu zagęszczenia robotów na zmiany w udziale pracy w dochodzie narodowym. Wydaje się, że jest to realistyczne biorąc pod uwagę fakt, że - jak wskazywano w części teoretycznej pracy - okres zwrotu z inwestycji w roboty wynosi około dwa lata, a samo wdrożenie wiąże się z koniecznością podjęcia szeregu działań przygotowawczych w przedsiębiorstwie.

Tabela 5. Wyniki estymacji modelu badającego wpływ robotyzacji produkcji na udział pracy w dochodzie narodowym z wykorzystaniem estymatora uogólnionej metody momentów pierwszych różnic Arellano i Bonda

Wyniki estymacji:

Zmienna	Współczynnik	Błąd standardowy	Statystyka z	Pr(> z)
lag(log(lshare), 1)	0.714465	0.130186	5.4880	4.064e-08 ***
lag(log(robots), 3)	0.021805	0.009333	2.3363	0.019477 *
lag(log(unions), 1)	0.085612	0.029627	2.8897	0.003856 **
lag(log(equip), 1:2)1	-0.208785	0.079304	-2.6327	0.008471 **
lag(log(equip), 1:2)2	0.261595	0.094859	2.7577	0.005821 **

Wskazania istotności: 0 '****' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Wyniki przeprowadzonych testów:

Test Sargana	chisq(21) = 14 (p-value = 0.8696)
Autokorelacja (1)	normal = -2.988459 (p-value = 0.0028039)
Autokorelacja (2)	normal = 0.1029172 (p-value = 0.91803)
Test Walda dla współczynników	chisq(5) = 53.21897 (p-value = 3.0326e-10)
Test łącznej nieistotności zmiennych reprezentujących efekt czasowy (rok)	chisq(11) = 114.1047 (p-value = < 2.22e-16)

Model numer: 1 (dodatkowe informacje w załączniku nr 4)

Źródło: *Opracowanie własne.*

Dla sprawdzenia czy przedstawiony model panelowy rzeczywiście dostarcza dodatkowych informacji w porównaniu z innymi, zdecydowano o wprowadzeniu kontrolnego kroku polegającego na estymacji parametrów modeli za pomocą klasycznej metody najmniejszych kwadratów, a także ważonej metody najmniejszych kwadratów. W przypadku próby estymacji parametrów modeli (*dla wszystkich krajów łącznie, a także w rozbiciu na grupy wyodrębnione w rozdziale czwartym*) za pomocą klasycznej metody najmniejszych kwadratów uzyskano wyniki wskazujące (zgodnie z oczekiwaniami ze względu na panelowy charakter danych) na występowania heteroskedastyczności składnika losowego. Ponowne szacowanie dla grup wykonano ważoną metodą najmniejszych kwadratów, uzyskując wyniki przedstawione w Tabeli 6.

Tabela 6. Modele badające wpływ robotyzacji produkcji na udział pracy w dochodzie narodowym. Wyniki regresji z użyciem estymatora ważonej metody najmniejszych kwadratów

	udział pracy w dochodzie narodowym		
	(2)	(3)	(4)
roboty ^{1/3}	0.01 (0.01)	0.3*** (0.02)	0.1*** (0.01)
uzwiązkowienie	-0.03*** (0.01)	0.8*** (0.1)	0.2** (0.05)
import	0.1*** (0.01)	-0.2*** (0.02)	-0.3*** (0.4)
log(zatrudnienie)	-1.9*** (0.2)	-2.9*** (0.5)	7.9*** (0.3)
przecięcie	90.7*** (1.9)	92.5*** (3.7)	
R2	0.5	0.9	0.9
Adjusted R2	0.5	0.8	0.9

Residual Std. Error	1.3	1.2	1.3
F Statistic	24.6***	81.0***	35,648.0***

=====

Modele numer: 2-4 (dodatkowe informacje w załączniku nr 3)

* $p < 0.1$; ** $p < 0.05$; *** $p < 0.01$

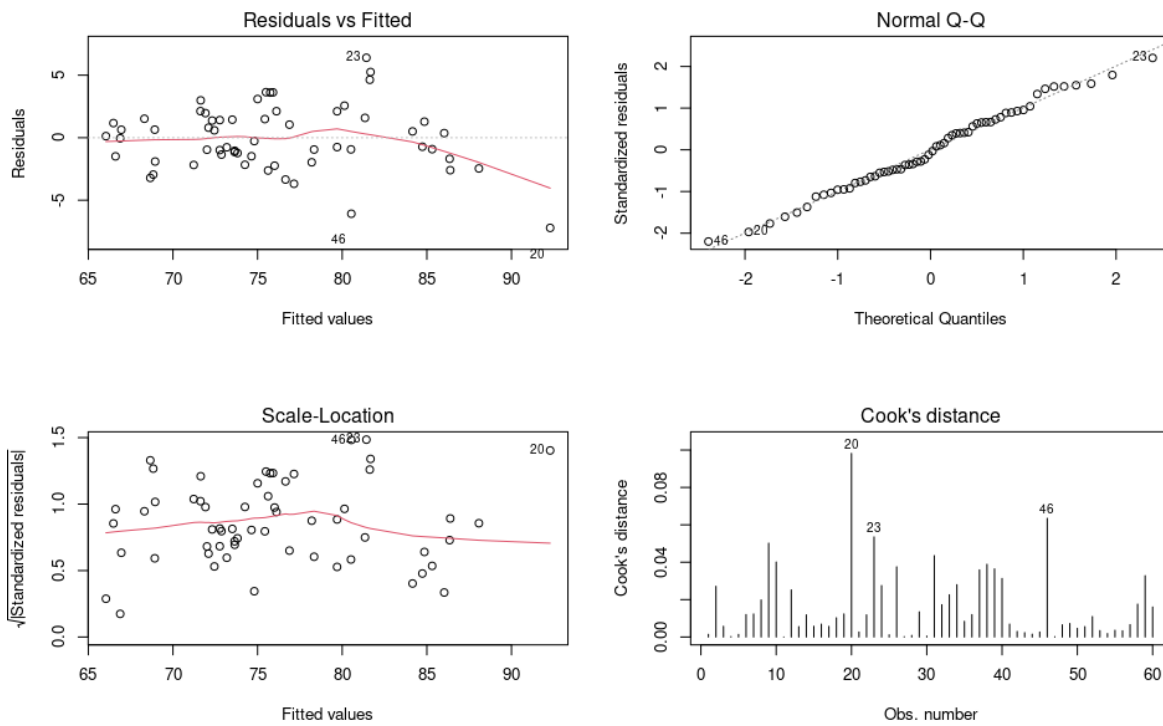
Źródło: Opracowanie własne.

Dla modeli ocenionych pozytywnie na podstawie wartości współczynnika determinacji R^2 oraz korelacji wielorakiej R przygotowano wykresy diagnostyczne (*Rysunek 5.1*) mające umożliwić zbadanie rozkładu odchyleń losowych. Na podstawie wykresów można stwierdzić, że w obydwóch modelach reszty nie wydają się zależeć funkcyjnie od zmiennej objaśnianej (*Residuals vs. Fitted*), podobnie wariancja reszt zdaje się nie zależeć funkcyjnie od wartości dopasowanych przez model (*Scale Location*). Rozkład reszt (*Normal Q-Q*) układa się w sposób zbliżony do rozkładu normalnego. Z kolei obliczone miary Cooka (*Cook's distance*) sugerują brak występowania obserwacji nietypowych, z wartościami powyżej jedności. Oceny dokonane na podstawie analizy wykresów zostały potwierdzone z wykorzystaniem testów statystycznych, których wyniki są umieszczone w *Załączniku 3*.

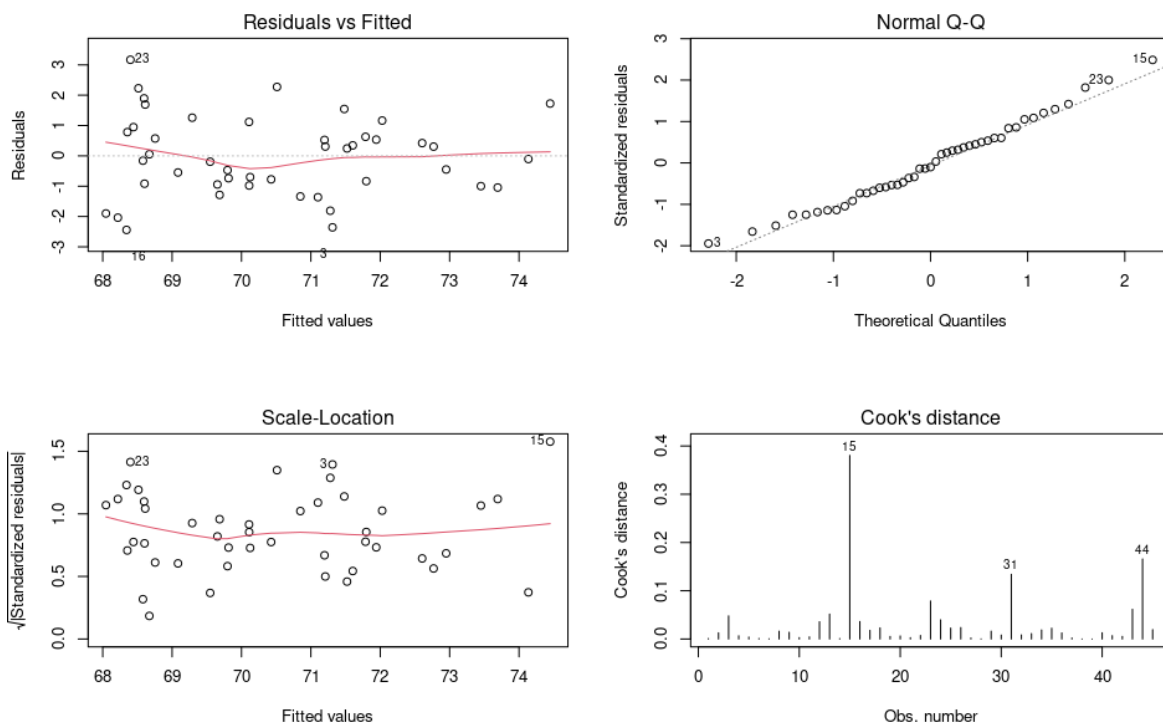
Z uwagi na fakt, że model dla grupy pierwszej nie został zweryfikowany pozytywnie, wyciąganie wniosków na jego podstawie nie jest zasadne. Tymczasem dla grupy drugiej oraz grupy trzeciej zauważa się występowanie istotnego związku między udziałem pracy w dochodzie narodowym i czterema zmiennymi objaśniającymi: zagęszczeniem robotów, poziomem uzwiązkowienia, ekspozycją na import oraz zlogarytmizowanymi wartościami zatrudnienia. Inne zmienne zostały pominięte jako nieistotne.

Zarówno dla grupy drugiej, jak i grupy trzeciej, występująca zależność między udziałem pracy w dochodzie narodowym i zagęszczeniem robotów jest pozytywna, co oznacza, że wraz ze wzrostem zagęszczenia robotów w analizowanym okresie wzrastał także udział pracy w dochodzie narodowym. Wyniki te są zgodne z wynikami korelacji uzyskanymi w *Rozdziale 4*. Wytlumaczenia tej pozytywnej relacji można doszukiwać się w teorii wzrostu znaczenia kapitału ludzkiego bądź w tym, co Brynjolfsson nazwał "paradoksem produktywności" w odniesieniu do technologii w ogóle, przede wszystkim w zakresie możliwych opóźnień dostosowawczych jeśli chodzi o ewentualny negatywny wpływ rozwoju robotyzacji produkcji na udział pracy w dochodzie narodowym.

Dla grupy numer 2 (model 2):



Dla grupy numer 3 (model 3):



Rysunek 5.1. Wykresy diagnostyczne dla modeli badających wpływ robotyzacji produkcji na udział pracy w dochodzie narodowym

Źródło: opracowanie własne.

Dodatkowo, w celu sprawdzenia czy rozwój robotyzacji produkcji jest zjawiskiem w podobnym stopniu wyjaśniającym zmiany w udziale pracy w dochodzie narodowym co rozwój technologii w ogóle, kontrolnie zweryfikowano modele, w których zmienna odnosząca się do zagęszczenia robotów została zastąpiona wydatkami na badania i rozwój - R&D (ponieważ wydatki te są najczęściej wykorzystywane do mierzenia zmian technologicznych³²⁸, co omówiono już w rozdziale pierwszym).

Tabela 7. Modele badające wpływ wydatków na badania i rozwój (R&D) na udział pracy w dochodzie narodowym. Wyniki regresji

Zmienna zależna: Udział pracy w dochodzie narodowym				
	(RD1)	(RD2)	(RD3)	(RD4)
R&D	0.0001*** (0.00002)	0.0001*** (0.00002)	0.0001*** (0.00002)	0.0001* (0.00003)
zatrudnienie (log)	-3.901*** (0.444)	-3.882*** (0.439)	-3.937*** (0.436)	13.781*** (4.452)
import	-0.080*** (0.020)	-0.081*** (0.020)	-0.090*** (0.021)	-0.045* (0.036)
przecięcie	111.841*** (4.436)	119.515*** (5.031)	-161.434 (128.800)	-37.293 (36.185)
opinie na temat robotów		✓		
rok			✓	
kraj				✓
R2	0.286	0.326	0.301	0.845
Adjusted R2	0.276	0.312	0.288	0.832
Residual Std. Error	3.893	3.797	3.860	1.877
F Statistic	27.510***	22.969***	22.110***	61.701***

*p<0.1; **p<0.05; ***p<0.0

Źródło: *Opracowanie własne.*

³²⁸ B. S. Kim, *Measuring Technological Change - Concept, Methods, and Implications*, <https://www.intechopen.com/chapters/35182> [dostęp: 28.11.2022].

Jedynie model zawierający zmienne kontrolne odnoszące się do analizowanych krajów (*RD4*) został zweryfikowany pozytywnie pod względem dopasowania do danych. Współczynnik odpowiadający wydatkom na badania i rozwój jest w nim równy 0.0001. Jest to więc niewielka, ale zauważalna różnica sugerująca, że być może dane o zagęszczeniu robotów przemysłowych pozwalają na uzyskiwanie innych szacunków udziału pracy w dochodzie narodowym. Ponieważ jednak bezpośrednie porównanie modelu z wydatkami R&D z wcześniejszymi kalkulacjami jest niemożliwe, podjęto decyzję o włączeniu do powyższych modeli dodatkowej zmiennej odpowiadającej zagęszczeniu robotów.

Tabela 8. Modele badające wpływ wydatków na badania i rozwój (R&D) i robotyzacji na udział pracy w dochodzie narodowym. Wyniki regresji

Zmienna zależna: Udział pracy w dochodzie narodowym				
	(RD5)	(RD6)	(RD7)	(RD8)
R&D	0.0001*** (0.00002)	0.0001*** (0.00002)	0.0002*** (0.00002)	0.0001* (0.00003)
zagęszczenie robotów	-0.016*** (0.005)	-0.010* (0.005)	-0.033*** (0.006)	0.009* (0.005)
zatrudnienie(log)	-4.223*** (0.444)	-4.116*** (0.452)	-4.694*** (0.429)	11.602** (4.610)
import	-0.085*** (0.020)	-0.085*** (0.020)	-0.118*** (0.020)	-0.079* (0.041)
przecięcie	116.160*** (4.579)	121.759*** (5.128)	-636.440*** (147.221)	-16.773 (37.955)
opinie na temat robotów		✓		
rok			✓	
kraj				✓
R2	0.317	0.339	0.394	0.848
Adjusted R2	0.303	0.322	0.379	0.833
Residual Std. Error	3.818	3.770	3.603	1.868
F Statistic	23.737***	19.390***	26.551***	59.018***

*p<0.1; **p<0.05; ***p<0.0

Także w tym przypadku tylko model ze zmiennymi kontrolnymi odnoszącymi się do krajów (*RD8*) został zweryfikowany pozytywnie pod względem dopasowania do danych. Co więcej, jedynie w tym modelu znak stojący przy oszacowaniu dla wydatków na badania i rozwój oraz dla zagęszczenia robotów jest taki sam, co sugeruje, że obydwie zmienne w podobny sposób wpływają na udział pracy w dochodzie narodowym, wpływ ten jest jednak większy w przypadku robotyzacji. Wydaje się więc, że analizowanie rozwoju robotyzacji odrębnie, jako szczególnego przypadku technologicznego rozwoju, jest zasadne.

Mimo że wskazane modele kontrolne określające związek między udziałem pracy w dochodzie narodowym i zagęszczeniem robotów zostały zweryfikowane pozytywnie, trudno jest przyjąć bez zastrzeżeń założenie o braku endogeniczności, przede wszystkim w zakresie potencjalnego wpływu opóźnionych wartości zmiennej objaśnianej na wartości bieżące. Endogeniczność w badaniach z zakresu ekonomii jest wręcz uznawana za zjawisko naturalne, a więc i powszechne wyzwanie³²⁹. Należy się spodziewać, że występuje ono także w odniesieniu do udziału pracy w dochodzie narodowym, co zostało zobrazowane na *Wykresie 16.*, gdzie przedstawiono korelację między bieżącymi, a także opóźnionymi o jeden okres wartościami tej zmiennej. Zidentyfikowana zależność jest wysoka (0.88) i pozytywna, co można rozumieć jako sugestię występowania dywergencji (wzrost udziału pracy w dochodzie narodowym prowadzi do dalszych wzrostów w roku kolejnym, w przypadku spadku sytuacja wygląda odwrotnie).

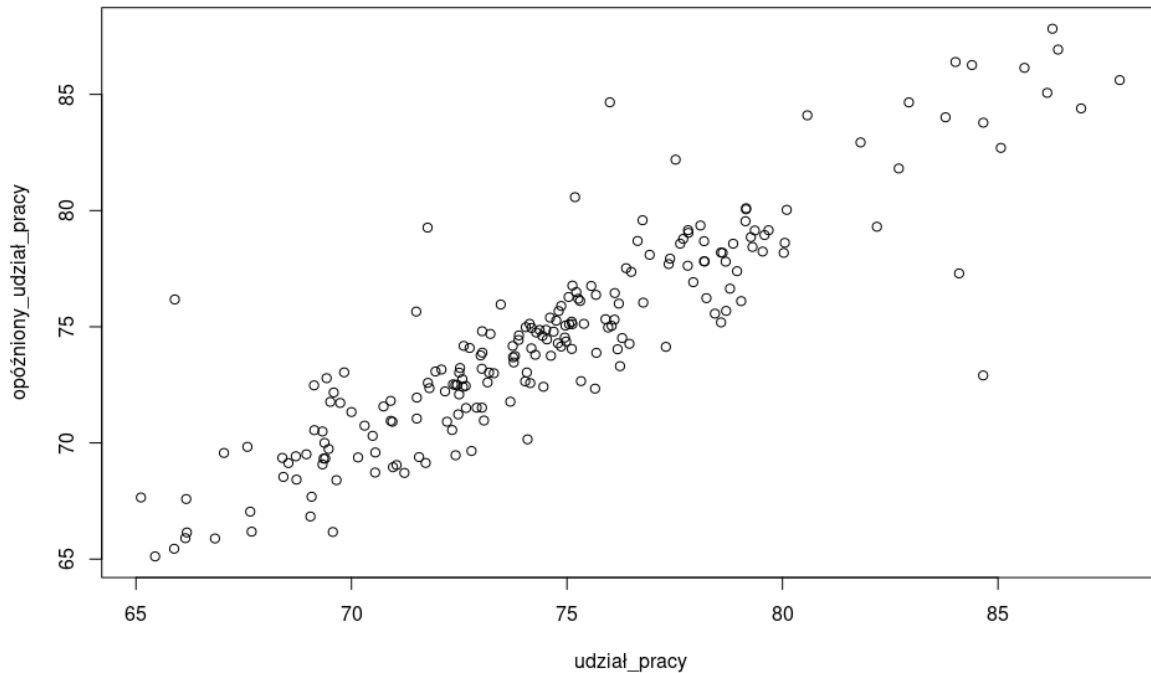
Omówione modele kontrolne nie zawierały wśród zmiennych objaśniających opóźnionych wartości zmiennej objaśnianej. Podobna zależność nie mogła być modelowana z wykorzystaniem estymatora metody najmniejszych kwadratów dla danych panelowych, estymatora efektów stałych czy losowych, gdyż w wyniku złamania założenia egzogeniczności uzyskanoby obciążone oszacowania³³⁰. Z tego względu można uznać, że model numer 7 (*Tabela 5*) jest najbardziej rzeczywistym przedstawieniem sytuacji. Wykorzystano w nim estymator przeznaczony dla dynamicznych modeli panelowych (*estymator uogólnionej metody momentów pierwszych różnic Arellano i Bonda*). Model ten

³²⁹ Dańska-Borsiak B., *Zastosowania panelowych modeli dynamicznych w badaniach mikroekonomicznych i makroekonomicznych*, "Przegląd statystyczny" 2009, nr R. LVI – zeszyt 2

³³⁰ Mirola F., Nehrebecka N., *Wykorzystanie dynamicznych modeli panelowych w badaniach z zakresu finansów przedsiębiorstw na przykładzie modelowania transakcyjnej rezerwy płynności*, "Ekonometria" 2017, nr 4(58).

wyróżnia się na tle pozostałych przede wszystkim ze względu na fakt, że w zbiorze zmiennych objaśniających zawiera opóźnione o jeden okres wartości zmiennej zależnej.

Wykres 16. Zależność między udziałem pracy w dochodzie narodowym i opóźnionymi wartościami tej zmiennej



Korelacja: 0.88.

Źródło: Opracowanie własne.

Omówione wyniki wskazują na występowanie pozytywnego związku między udziałem pracy w dochodzie narodowym i robotyzacją produkcji dla wybranych krajów europejskich w analizowanym okresie. Pytanie uzupełniające, na które odpowiedzi powinna dostarczyć kolejna część pracy, brzmi: czy wzrost ten jest równoczesnym udziałem wszystkich grup pracowników? Mówiąc inaczej, czy rozwój zjawiska robotyzacji należy wiązać z ewentualnymi zmianami w podziale dochodu z pracy?

5.2 Przekształcenia pracy jako czynnika produkcji pod wpływem zmian na rynku robotów przemysłowych

Z uwagi na fakt, że zmianom może podlegać nie tylko udział pracy i kapitału w dochodzie, ale także charakter samej pracy, w dalszej kolejności zostaną omówione próby estymacji modeli badających związku rozwoju robotyzacji i podziału dochodu z pracy.

W celu wykorzystania opóźnień zmiennej objaśnianej jako zmiennej objaśniającej, ponownie zdecydowano o użyciu estymatora uogólnionej metody momentów pierwszych różnic Arellano i Bonda. Model, w którym za zmienną objaśnianą przyjęto udział decyla 9 do decyla 1 w dochodach z pracy, nie został zweryfikowany pozytywnie. Sytuacja zmieniła się jednak po zastąpieniu zmiennej objaśnianej łącznym udziałem pierwszych pięciu decyli w dochodach z pracy.

Zaprezentowany poniżej model został zweryfikowany pozytywnie na podstawie testu Sargana, a więc stwierdzono, że nie ma podstaw do odrzucenia hipotezy zerowej o odpowiednim doborze instrumentów. Ponadto po przeprowadzeniu testu Arellano-Bonda można powiedzieć, że nie ma podstaw do odrzucenia hipotezy o braku korelacji drugiego rzędu w odniesieniu do różnic błędu czysto losowego. Wreszcie za pomocą testu Walda oceniono, że hipotezy o łącznej nieistotności zmiennych, a także nieistotności zmiennych reprezentujących efekt czasowy mogą zostać odrzucone. Pozytywna weryfikacja modelu daje podstawy do wyciągania wniosków na podstawie uzyskanych wyników.

Tabela 9. Wyniki estymacji modelu badającego wpływ robotyzacji produkcji na wartość wskaźnika udziału decyli 1 do 5 w dochodzie z pracy z wykorzystaniem estymatora uogólnionej metody momentów pierwszych różnic Arellano i Bonda

Wyniki estymacji:

Zmienna	Współczynnik	Błąd standardowy	Statystyka z	Pr(> z)
lag(dec1to5sum, 1)	0.2426316	0.0640423	3.7886	0.0001515 ***
lag(robots, 4)	-0.0323548	0.0019564	-16.5379	< 2.2e-16 ***
lag(lowskilled, 2)	0.2691870	0.0508870	5.2899	1.224e-07 ***
lag(laborprod, 1)	-0.1048415	0.0224139	-4.6775	2.904e-06 ***
lag(log(employment), 0)	23.6112392	4.3148139	5.4721	4.446e-08 ***

Wskazania istotności: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Wyniki przeprowadzonych testów:

Test Sargana	chisq(8) = 14.8097 (p-value = 0.062953)
Autokorelacja (1)	-3.157999 (p-value = 0.0015886)
Autokorelacja (2)	-1.856661 (p-value = 0.063359)
Test Walda dla współczynników	323.013 (p-value = < 2.22e-16)
Test łącznej nieistotności zmiennych reprezentujących efekt czasowy (rok)	14592.23 (p-value = < 2.22e-16)

Model numer: 8 (dodatkowe informacje w załączniku nr 4)

Źródło: *Opracowanie własne.*

Model potwierdza występowanie pozytywnej zależności między opóźnionymi i bieżącymi wartościami udziału pierwszych pięciu decyli w dochodach z pracy (*dec1to5sum*). Wskazuje on także, co wydaje się naturalne, na istnienie pozytywnej zależności między udziałem pracowników nisko zatrudnionych w ogólnej liczbie pracowników (*lowskilled*) a udziałem pierwszych pięciu decyli. Zidentyfikowana zależność między udziałem wskazanych decyli i zagęszczeniem robotów (*robots*) jest z kolei negatywna, co oznacza, że wraz ze wzrostem zagęszczenia robotów zauważa się spadki udziału pierwszych pięciu decyli w dochodach z pracy. Warto podkreślić, że istotna statystycznie zależność została zidentyfikowana dla czwartego opóźnienia zmiennej objaśniającej, w przypadku bieżących wartości zagęszczenia robotów nie zauważa się występowania istotnej zależności. Na podstawie modelu można ponadto zauważyć, że wzrost produktywności pracy (*laborprod*) wiąże się ze spadkiem udziału pierwszych pięciu decyli w dochodzie z pracy, co mogłoby oznaczać, że produktywność wyższych decyli rośnie szybciej - bądź że to właśnie one przejmują korzyści z ogólnego wzrostu produktywności pracy.

W Tabeli 9 zaprezentowano wyniki regresji z użyciem estymatora ważonej metody najmniejszych kwadratów dla analizowanych grup krajów (8-10). Modele dla wszystkich grup zostały ocenione pozytywnie ze względu na wysokość współczynnika determinacji R^2 oraz istotność współczynnika korelacji wielorakiej R (za pomocą statystyki F). Na ich podstawie można by wnioskować o negatywnym związku zagęszczenia robotów ze

wielkością wskaźnika udziału decyla 9 do decyla 1 dla grupy pierwszej, a także o pozytywnym związku dla grup pozostałych. Weryfikacja modeli (*na podstawie testów wyszczególnionych w załączniku 6.*) nie pozwala jednak na ich pozytywną ocenę ze względu na występującą autokorelację w przypadku wszystkich trzech, a także wykrytą heteroskedastyczność i nieliniowość dla modeli numer 9 oraz 10.

Tabela 10. Modele badające wpływ robotyzacji produkcji na stosunek udziału decyla 9 do 1 w podziale dochodu z pracy. Wyniki regresji z użyciem estymatora ważonej metody najmniejszych kwadratów

	udział decyla 9 do decyla 1		
	(9)	(10)	(11)
roboty^{1/3}	-0.03** (0.01)	0.02*** (0.01)	0.1*** (0.01)
zatrudnienie niskowykwalifikowanych	0.2*** (0.01)	-0.1*** (0.02)	0.1*** (0.02)
uzwiązkowienie	-0.05*** (0.01)	0.04** (0.02)	-0.2*** (0.04)
import		-0.1*** (0.01)	
przecięcie		12.3*** (1.2)	
R2	0.9	0.8	0.9
Adjusted R2	0.9	0.7	0.9
Residual Std. Error	1.2	1.1	1.3
F Statistic	501.5***	43.4***	252.7***

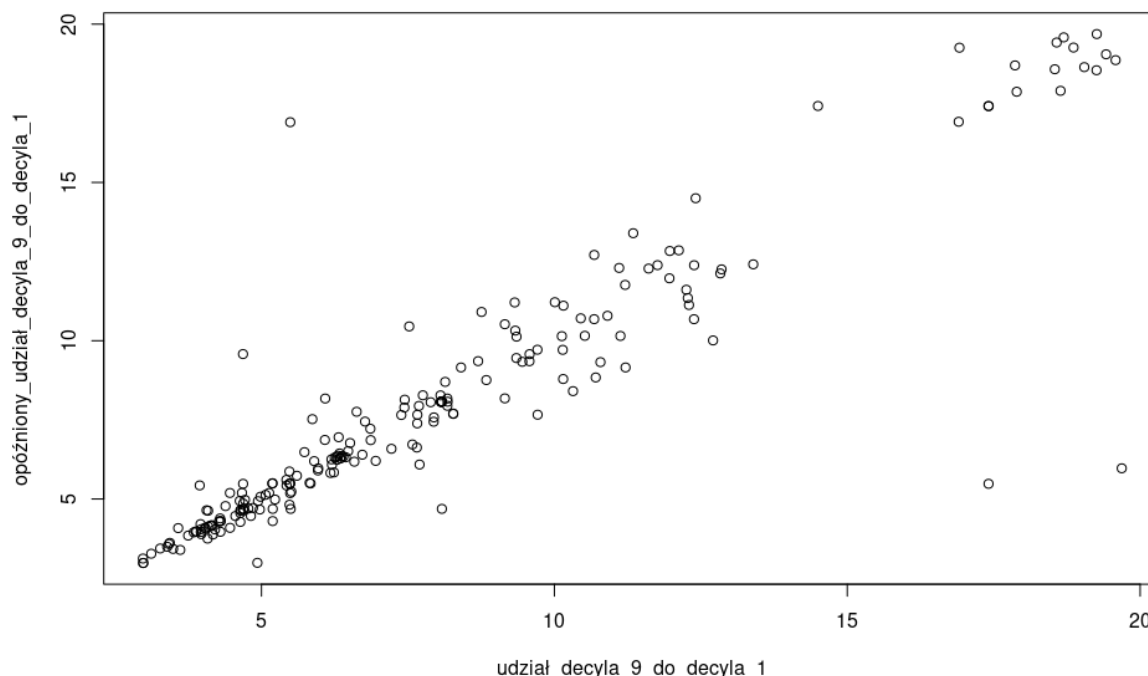
Modele numer: 9-11 (dodatkowe informacje w załączniku nr 5)

*p<0.1; **p<0.05; ***p<0.01

Źródło: *Opracowanie własne.*

Również w przypadku wskaźnika udziału decyla 9 do decyla 1 w dochodzie z pracy, podobnie jak wcześniej dla udziału pracy w dochodzie narodowym, należy zwrócić uwagę na silną korelację między bieżącymi, a także opóźnionymi wartościami zmiennej poddawanej analizie (została ona zobrazowana na wykresie poniżej).

Wykres 17. Zależność między wartościami wskaźnika udziału decyla 9 do decyla 1 w dochodzie z pracy i opóźnionymi wartościami tej zmiennej



Korelacja: 0.91.

Źródło: Opracowanie własne.

5.3 Podsumowanie wyników badań, wnioski końcowe

Na podstawie przeprowadzonych badań można stwierdzić, że nie należy bezkrytycznie przyjmować założenia, że rozwój robotów przemysłowych wiąże się ze wzrostem nierówności (zarówno ze względu na zmniejszanie udziału pracy w dochodzie narodowym, jak i zwiększanie dysproporcji między najlepiej oraz najslabiej zarabiającymi), gdyż relacje między tymi wielkościami mogą być bardzo zniuansowane.

5.3.1 Porównanie uzyskanych wyników

W poprzednich częściach omówiono modele mające wyjaśnić zależności między udziałem pracy w dochodzie narodowym oraz podziałem dochodu z pracy i zagęszczeniem robotów przemysłowych w produkcji. Zostały one zróżnicowane na dwóch poziomach:

- estymowano je z wykorzystaniem różnych metod,

- w niektórych modelach dokonano podziału analizowanych krajów na grupy, podczas gdy w przypadku innych poszukiwano łącznego efektu na poziomie wszystkich państw.

Proces rozpoczęto od estymacji parametrów modeli za pomocą klasycznej metody najmniejszych kwadratów, nie uzyskano jednak wyników pozwalających na pozytywną ich weryfikację, zarówno dla wszystkich państw łącznie, jak i po rozbiciu ich na grupy. Zidentyfikowano występowanie heteroskedastyczności składnika losowego, problemu powszechnie występującego w przypadku korzystania z danych panelowych (*szczegóły przeprowadzonych testów statystycznych zostały przedstawione w aneksie*).

Z uwagi na to ograniczenie ponowiono wcześniejszą procedurę z wykorzystaniem ważonej metody najmniejszych kwadratów. Na poziomie grupowym model dla grupy pierwszej nie został pozytywnie zweryfikowany, natomiast dla grupy drugiej oraz trzeciej zidentyfikowano występowanie związku między udziałem pracy w dochodzie narodowym i czterema zmiennymi objaśniającymi: zagęszczeniem robotów przemysłowych w produkcji, poziomem uzwiązkowania, ekspozycją na import, a także zlogarytmizowanymi wartościami zatrudnienia. Sugeruje to, że wraz ze wzrostem zagęszczenia robotów wzrasta także udział pracy w dochodzie narodowym. Wyniki dla wszystkich trzech grup są zgodne z wynikami korelacji przedstawionymi w rozdziale czwartym, a wytłumaczenia dla występowania pozytywnej zależności można doszukiwać się z jednej strony w teorii wzrostu znaczenia kapitału ludzkiego, natomiast z drugiej w zidentyfikowanych przez Brynjolfssona “paradoksach produktywności” (w odniesieniu do technologii w ogóle), do których zaliczono możliwe opóźnienia dostosowawcze jeśli chodzi o ewentualny negatywny wpływ robotyzacji produkcji na udział pracy w dochodzie narodowym. Zgodnie z drugim wyjaśnieniem należałoby oczekiwać, że wraz z upływem czasu zależność ta może zmienić charakter.

W kolejnym kroku dokonano estymacji modelu z efektami stałymi na poziomie kraju, jednak nie uzyskano lepszych rezultatów niż w przypadku wykorzystania ważonej metody najmniejszych kwadratów dla grup (*oceny dokonano na podstawie wielkości współczynników determinacji R^2 oraz współczynników korelacji wielorakiej R*). Na tej podstawie oceniono, że modele utworzone dla każdej z grup niezależnie dają bardziej precyzyjny obraz sytuacji niż uwzględnianie efektów pojedynczych podmiotów w ramach jednego modelu.

Dodatkowo, celem weryfikacji czy rozwój robotyzacji produkcji jest zjawiskiem w podobnym stopniu tłumaczącym zmiany w udziale pracy w dochodzie narodowym co

rozwój technologii w ogóle, postanowiono kontrolnie zweryfikować modele, w których zmienną odnoszącą się do zagęszczenia robotów zastąpiono wydatkami na badania i rozwój - R&D (*ponieważ są one najczęściej wykorzystywane jako miara zmian technologicznych*). W tym przypadku jedynie model zawierający zmienne kontrolne odnoszące się do krajów został zweryfikowany pozytywnie pod względem dopasowania do danych. Współczynnik odpowiadający R&D był w nim inny niż w przypadku zagęszczenia robotów, ponieważ jednak bezpośrednie porównanie modeli nie było możliwe, podjęto decyzję o estymacji kolejnych modeli z obydwoma wspomnianymi zmiennymi. Również w tym przypadku jedynie model ze zmiennymi kontrolnymi odnoszącymi się do krajów został zweryfikowany pozytywnie. Analizując go można zauważyć, że omawiane zmienne w wpływają na udział pracy w dochodzie narodowym w podobny sposób, wpływ ten jest jednak większy w przypadku robotyzacji. Różnicę w uzyskanych wynikach uznano za wskazanie, że robotyzację produkcji należy traktować jako szczególny przypadek technologii, a badanie jej wpływu na gospodarkę niezależnie od szacunków z wykorzystaniem innych miar postępu technologicznego, jest zasadne. W analizowanym przypadku wykorzystanie danych o zagęszczeniu robotów przemysłowych w produkcji pozwoliło na uzyskanie bardziej dokładnych szacunków udziału pracy w dochodzie narodowym.

Pomimo faktu, że wymienione dotąd modele w niektórych przypadkach zostały zweryfikowane pozytywnie, trudno jest mówić o wiarygodności przyjmowanego w nich założenia o braku endogeniczności, przede wszystkim w zakresie potencjalnego wpływu opóźnionych wartości zmiennej objaśnianej na wartości bieżące. Z tego względu podjęto decyzję o zgłębieniu tematu i estymacji parametrów dodatkowego modelu z wykorzystaniem estymatora przeznaczanego dla dynamicznych modeli panelowych, konkretnie estymatora uogólnionej metody momentów pierwszych różnic Arellano i Bonda. Model ten wyróżnia się na tle wcześniejszych ze względu na fakt, że w zbiorze zmiennych objaśniających zawiera opóźnione o jeden okres wartości udziału pracy w dochodzie narodowym (zmiennej zależnej). Sugeruje on, że pomiędzy udziałem pracy w dochodzie narodowym i zagęszczeniem robotów przemysłowych w produkcji zachodzi pozytywny związek (logarytmiczny, co oznacza, że procentowy wzrost jednej z tych wartości wiąże się z procentowym wzrostem drugiej). Wskazanie to jest zbieżne ze wcześniejszymi wynikami, model niesie ze sobą jednak jeszcze dodatkową informację, gdyż najlepsze oszacowanie uzyskano dla zmiennej objaśniającej opóźnionej o trzy okresy, co oznacza, że ewentualny

wpływ wzrostu zagęszczenia robotów przemysłowych na wzrost udziału pracy w dochodzie narodowym jest widoczny z trzyletnim opóźnieniem. Wynik ten wydaje się bardziej realistyczny biorąc pod uwagę, że - jak ustalono w teoretycznej części pracy - okres zwrotu z inwestycji w roboty wynosi przynajmniej dwa lata, a równocześnie wdrożenie wiąże się z koniecznością wykonania szeregu działań przygotowawczych w przedsiębiorstwie wdrażającym.

Podsumowując, przywołane wyniki wskazują na fakt występowania pozytywnego związku między robotyzacją produkcji oraz udziałem pracy w dochodzie narodowym dla wybranych krajów w analizowanym okresie. Pytanie uzupełniające, które zostało postawione w związku z poczynionymi ustaleniami, dotyczy tego czy wzrost ten jest równoczesnym udziałem wszystkich grup pracowników, a więc czy wzrost zagęszczenia robotów nie wiąże się z ewentualnymi zmianami w podziale dochodu z pracy.

W tym przypadku również rozpoczęto od próby wykorzystania estymatora klasycznej metody najmniejszych kwadratów i ważonej metody najmniejszych kwadratów, za cel postanowiono jednak określenie związku między zagęszczeniem robotów przemysłowych w produkcji i podziałem dochodu z pracy (na etapie operacjonalizacji badań za miarę tego podziału przyjęto dwa wskaźniki: relacji udziału decyła 9 do decyła 1 oraz sumy udziałów pierwszych pięciu decyli w dochodach z pracy). Weryfikacja modeli nie pozwoliła na ich pozytywną ocenę ze względu na występującą autokorelację, heteroskedastyczność i nieliniowość. W dalszym kroku ponownie zdecydowano o potrzebie wykorzystania opóźnień zmiennej objaśnianej jako zmiennej objaśniającej i wykonania obliczeń z wykorzystaniem estymatora uogólnionej metody momentów pierwszych różnic Arellano i Bonda. Oszacowany model potwierdził występowanie negatywnej zależności między udziałem pierwszych pięciu decyli w dochodach z pracy i zagęszczeniem robotów przemysłowych w produkcji. Należy przez to rozumieć, że wraz ze wzrostem zagęszczenia robotów odnotowuje się spadki najmniej zarabiających w łącznych dochodach z pracy. Warto jednak podkreślić, że istotną statystycznie zależność zidentyfikowano dla czwartego opóźnienia zmiennej objaśnianej, podobnie więc jak w przypadku ewentualnego wpływu zagęszczenia robotów przemysłowych na udział pracy w dochodzie narodowym, w przypadku podziału dochodu z pracy zauważa się możliwość występowania oddziaływania po upływie kilku lat.

5.3.2 Odniesienie do postawionych hipotez badawczych oraz przyjętych celów badawczych

Niniejsza rozprawa jest próbą poszukiwania odpowiedzi na pytanie o to czy rozwój robotyzacji produkcji wiąże się ze wzrostem nierówności w związku z tym, że wpływa on na udział pracy w dochodzie narodowym bądź podział dochodu z pracy. W związku z tym za cel główny przyjęto określenie wpływu robotyzacji na udział pracy w dochodzie narodowym dla wybranych krajów europejskich w latach 2005-2019. Dzięki przeprowadzonym badaniom zweryfikowano przedstawione w pracy hipotezy, z których główna dotyczyła tego, że w związku ze wzrostem zagęszczenia robotów przemysłowych w produkcji obserwuje się podobne zmiany w udziale pracy w dochodzie narodowym oraz podziale dochodu z pracy w krajach o zbliżonych charakterystykach. Łącznie mogą one prowadzić do wzrostu nierówności i zwiększania różnic między krajami w tym zakresie.

Dla ułatwienia weryfikacji hipotezy głównej postawiono trzy hipotezy pomocnicze. Pierwsza odnosiła się do spodziewanej negatywnej zależności między wzrostem zagęszczenia robotów przemysłowych w produkcji i zmianami w udziale pracy w dochodzie narodowym, a także udziałem pracowników o niskich zarobkach w łącznych dochodach z pracy. Oszacowane modele (*Rozdział 5.*) potwierdziły występowanie pozytywnej zależności między robotyzacją produkcji i udziałem pracy w dochodzie narodowym dla badanych krajów w analizowanym okresie, a także negatywnej zależności między wspomnianym zagęszczeniem robotów oraz łącznym udziałem pierwszych pięciu decyli w dochodach z pracy. Na podstawie przeprowadzonej analizy postawiono wniosek, że rozwój robotyzacji produkcji prowadził w omawianych przypadkach do wzrostu udziału pracy, a więc potencjalnie do zmniejszania nierówności. Wzrost ten jednak nie był równym udziałem wszystkich grup pracowników, gdyż równocześnie odnotowano spadki najmniej zarabiających w łącznych dochodach z pracy, co wskazywałoby na dążenie do zwiększania nierówności. Podjęto więc decyzję o częściowym odrzuceniu H1 (*dotyczy to pierwszej części hipotezy*).

Zrealizowano w ten sposób dwa z przyjętych celów cząstkowych. Po pierwsze ustalono rolę robotyzacji w zmienianiu siły przetargowej pracy oraz kapitału w procesie produkcji poprzez ustalenie, że w badanym okresie oraz dla analizowanych krajów rozwój robotyzacji produkcji był czynnikiem wpływającym na wzrost udziału pracy w dochodzie narodowym. Po drugie określono w jaki sposób robotyzacja produkcji wpływa na

przekształcenia pracy dzięki wykazaniu, że wzrost zagęszczenia robotów wiąże się ze spadkiem udziału pracowników o niskich zarobkach w dochodach z pracy

Druga hipoteza pomocnicza sugerowała, że oddziaływanie czynników różnicujących na poziomie państw implikuje istotne rozbieżności w zagęszczeniu robotów przemysłowych w produkcji, przede wszystkim w krajach o różnych charakterystykach rynków pracy. Celem jej zweryfikowania zidentyfikowano potencjalne przyczyny rozbieżności w zagęszczeniu robotów między analizowanymi państwami, a następnie pogrupowano te państwa ze względu na podobieństwa w zakresie liczby wdrożeń robotów (*rozdział czwarty*). Grupy wyodrębnione w wyniku zastosowania metody kompletnego połączenia zestawiono w kolejnym kroku z grupowaniem tych samych krajów ze względu na wybrane cechy rynków pracy, by wykazać, że państwa o podobnych charakterystykach rynków pracy wykorzystują roboty przemysłowe w zbliżonym stopniu. Wynika z tego, iż nie znaleziono podstaw do odrzucenia drugiej hipotezy pomocniczej. Ponadto przeprowadzona analiza pozwoliła na realizację celu cząstkowego numer trzy, a więc identyfikację przyczyn występowania różnic w tempie rozwoju robotyzacji produkcji między krajami o zbliżonych cechach w kontekście zmian na ich rynkach pracy.

Z kolei w trzeciej hipotezie badawczej stwierdzono, że robotyzacja w kontekście wpływu na pracę i jej udział w dochodzie może być traktowana jako szczególny przypadek technologii. Zaproponowana weryfikacja polegała na włączeniu dodatkowej zmiennej odpowiadającej wydatkom na badania i rozwój (R&D) do modeli weryfikujących wpływ poszczególnych czynników na udział pracy w dochodzie narodowym. Różnicę w uzyskanych wynikach uznano za przesłankę wskazującą na to, że robotyzację produkcji należy traktować jako szczególny przypadek technologii, a badanie jej wpływu na gospodarkę niezależnie od szacunków z wykorzystaniem innych miar postępu technologicznego, jest zasadne. W analizowanych przypadkach (*rozdział piąty*) wykorzystanie danych o zagęszczeniu robotów przemysłowych pozwoliło na uzyskanie bardziej precyzyjnych szacunków udziału pracy w dochodzie narodowym. Zgodnie z tym rozumowaniem nie ma podstaw do odrzucenia trzeciej hipotezy pomocniczej.

Efektom badań przeprowadzonych dla weryfikacji hipotez pomocniczych numer jeden oraz trzy była realizacja ostatniego z celów cząstkowych, za który przyjęto stworzenie instrumentów ekonomicznej analizy ewentualnego oddziaływania robotyzacji produkcji na

pracę i jej udział w dochodzie narodowym wybranych krajów, a więc skonstruowanie modeli badających omówione wyżej zależności.

Konkludując, stwierdza się, że nie znaleziono podstaw do odrzucenia hipotezy głównej. Mimo faktu, że zidentyfikowana zależność między zagęszczeniem robotów przemysłowych w produkcji i udziałem pracy w dochodzie narodowym jest pozytywna, co wskazywałoby raczej na tendencję do zmniejszania nierówności, wiąże się ona ze spadkiem udziału pracowników o niskich zarobkach w łącznych dochodach z pracy, a więc nie można wykluczyć, że wzrost zagęszczenia robotów prowadzi w ogólnym rozrachunku do wzrostu nierówności. Weryfikacja wymienionych hipotez pozwoliła na realizację przyjętych celów częściowych, a ostatecznie także celu głównego, a więc określenie tego w jaki sposób robotyzacja produkcji wpływała na udział pracy w dochodzie narodowym w wybranych krajach Europy w latach 2005-2019.

5.3.3 Implikacje teoretyczne oraz praktyczne

Rozprawa ma przede wszystkim charakter poznawczy. Realizacja jej celu pozwoliła na podejście do problemu zależności między robotyzacją produkcji i podziałem dochodu narodowego z perspektywy pracy, tego jak zmieniała się ona na przestrzeni lat. Analizę przeprowadzono w kontekście innych zmian zachodzących w badanych krajach w tym samym czasie, co pozwoliło na podkreślenie problemu wielowymiarowości omawianych zjawisk, a w konsekwencji także potrzeby potraktowania części poruszonych zagadnień jako wstępu do dalszych analiz. Myśl ta zostanie rozwinięta w kolejnym punkcie. Wymiar poznawczy pracy wyraża się więc w tym, że przedstawiono w niej stan wiedzy na temat wpływu robotyzacji produkcji na pracę, a w szczególności na jej udział w dochodzie narodowym, a także zaproponowano to w jaki sposób można ten wpływ szacować. Z kolei wymiar aplikacyjny przejawia się w tym, że możliwe jest dalsze wykorzystywanie oraz rozwijanie wiedzy zgromadzonej w kolejnych rozdziałach, a także narzędzi przedstawionych w części badawczej, przy konstrukcji modeli badających zależność między robotyzacją produkcji oraz udziałem pracy w dochodzie w latach kolejnych. Oczywiście będzie to możliwe w ograniczonym zakresie, gdyż nie ma gwarancji, że w przyszłości będziemy obserwować podobne charakterystyki danych, w tym zależności między poszczególnymi zmiennymi. W związku z tym statystyki, które okazały się optymalne dla badanego okresu oraz w przypadku analizowanych państw, niekoniecznie takimi pozostaną w przyszłości.

Aktualny pozostanie jednak sam problem dotyczący tego jak postępująca robotyzacja produkcji zmienia rynki pracy oraz czy wpływa ona na to jak dzielony jest dochód.

W wymiarze praktycznym ustalenia poczynione w dwóch ostatnich rozdziałach mogą wskazywać na potrzebę elastycznego definiowania celów działań podejmowanych przez państwa w reakcji na rozwój robotyzacji produkcji. Z przedstawionych w rozdziale drugim koncepcji sterowania wpływem robotyzacji na podział dochodu (z których najpopularniejsze dotyczą opodatkowania robotów oraz wprowadzenia dochodu podstawowego) wynika, że przy konstruowaniu propozycji reagowania na zachodzące zmiany z góry zakłada się, że praca jest czynnikiem produkcji tracącym na znaczeniu. Niewykluczone, że zaczniemy to obserwować w najbliższej przyszłości, tymczasem jednak wydaje się, że tracą nie wszyscy pracownicy, co raczej określone ich grupy, być może więc większą korzyść społeczną przyniosłaby nie eliminacja części osób z siły roboczej (choćby poprzez wprowadzenie dochodu gwarantowanego), ale stwarzanie możliwości rozwijania odpowiednich kwalifikacji, tak by świat nie stał się miejscem, w którym pracuje mniejszość, ale raczej by większość pracowała niewiele? Pozostanie to jednak pytaniem otwartym, odpowiedź na nie nie mieści się bowiem w zamierzeniach pracy. Zostało ono raczej postawione dla podkreślenia, że zrozumienie zachodzących zjawisk jest warunkiem wstępnym do tego, by reagować na nie we właściwy sposób. Podsumowując, na podstawie uzyskanych wyników stwierdza się, że praktyczny problem do rozwiązania może nie dotyczyć tego w jaki sposób przeciwdziałać spadającemu udziałowi pracy w dochodzie, ale raczej jak poradzić sobie z rosnącym rozwarstwieniem dochodów z pracy. Należy przy tym jednak podkreślić, że są to ustalenia, które mogą się zmieniać wraz ze skalą zagęszczenia robotów przemysłowych w produkcji, stąd zachodzi konieczność uaktualniania badań w tym zakresie w przyszłości.

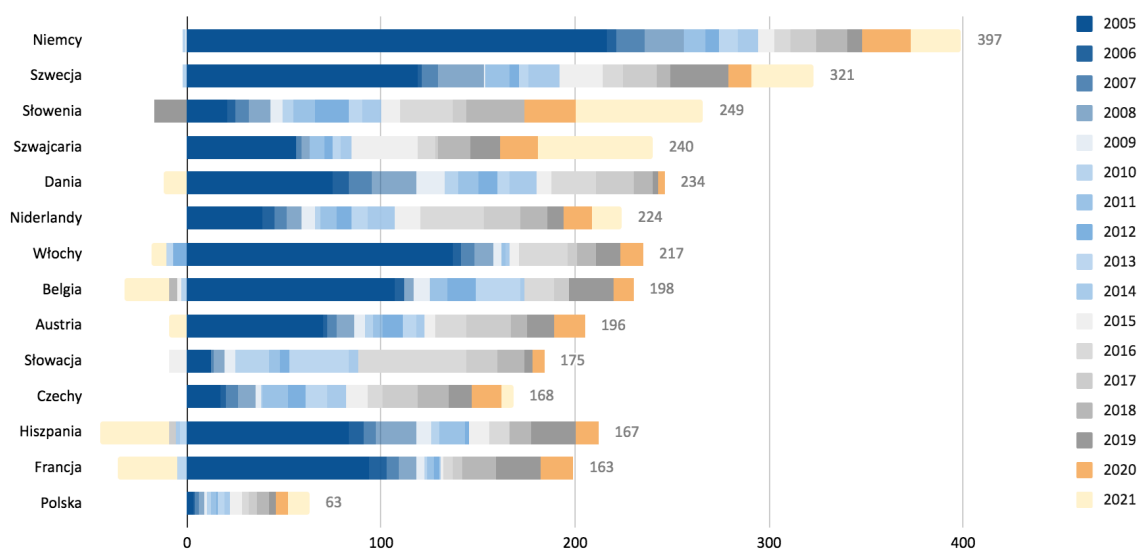
5.4 Propozycje dalszych badań ekonomicznych w zakresie oddziaływania robotyzacji na pracę i jej udział w dochodzie

Naturalnym rozszerzeniem przeprowadzonych badań wydaje się włączenie do badań kolejnych okresów (lat). Dwa lata pandemiczne, które nastąpiły bezpośrednio po okresie omówionym w poprzednich częściach pracy, charakteryzowały się dużą niestabilnością i wydaje się, że ocena zmian, jakie zaszły na rynku robotów przemysłowych w tym czasie, będzie możliwa dopiero z perspektywy czasu. Otwartym pozostaje pytanie o to czy obserwowane w latach 2020-2021 zwiększenie dynamiki rocznych instalacji należy oceniać

jako zjawisko przejściowe czy też może traktować je jako zapowiedź dalszych wzrostów na nieobserwowaną dotychczas skalę.

Rok 2020 należał (razem z latami 2017 i 2018) do najlepszych lat dla branży robotyki. Mimo wyzwań, jakie przyniosła ze sobą pandemia koronawirusa, liczba rocznych instalacji robotów przemysłowych wzrosła nieznacznie w porównaniu z rokiem poprzednim. Zapasy operacyjne w skali świata oszacowano na 3,015 tys. sztuk, co oznacza wzrost rok do roku o 10%. Znaczna część wspomnianych wzrostów przypadła jednak w udziale rynkowi azjatyckiemu. Tymczasem w Europie liczba rocznych instalacji spadła o 8% w porównaniu z rokiem 2019 (dla Niemiec pozostała na niemal stałym poziomie, dla Włoch - spadła o 23%, a dla trzeciego rynku Europy - Francji - spadła o 20%³³¹). Podobnie w Amerykach liczba rocznych instalacji spadła o 17%. Średnie zagęszczenie robotów przemysłowych w przeliczeniu na 10,000 pracowników dla Europy wyniosło 123 sztuki w roku 2020 (126 sztuk w skali świata)³³².

Wykres 18. Gęstość robotów przemysłowych dla wybranych krajów europejskich, 2005-2021



Źródło: Opracowanie własne.

³³¹ Zarówno Włochy, jak i Francja, walczyły z pandemią Covid-19, co stanowiło duże wyzwanie dla tych gospodarek.

³³² International Federation of Robotics, *World Robotics 2021 Industrial Robots*, https://ifr.org/img/worldrobotics/Executive_Summary_WR_Industrial_Robots_2021.pdf [dostęp: 20.12.2022].

Rok kolejny, 2021, charakteryzował się bardziej powszechnymi wzrostami liczby instalacji robotów przemysłowych, co mogłoby sugerować, że pandemia stała się impulsem do robotyzacji. Roczne instalacje osiągnęły niespotykany dotąd poziom 517 tys. sztuk (wzrost o 31% w porównaniu z rokiem poprzednim oraz o 22% w porównaniu ze wcześniejszym rekordem). Tymczasem zapasy operacyjne wzrosły o 15% rok do roku. Ich wielkość dla Europy osiągnęła poziom 678,706 sztuk.

Wspomniane wzrosty w tym przypadku zaobserwowano na wszystkich największych rynkach. W przypadku Europy instalacje wzrosły o 24% w porównaniu z rokiem poprzednim (średnie wzrosty w latach 2016-2021 to 8%; dla Niemiec - wzrost o 6%, dla Włoch - o 65%, dla Francji - o 11%). Wzrosło także przeciętne zagęszczenie robotów przemysłowych w przeliczeniu na 10,000 zatrudnionych (dla świata - 141; dla Europy - 129). Jeśli chodzi o lata kolejne, na podstawie szacunków Międzynarodowej Federacji Robotyki można oczekiwać, że liczba instalacji w Europie będzie rosła, jednak w wolniejszym tempie, co ma być wynikiem następstw inwazji Rosji na Ukrainę. Perspektywy dla Starego Kontynentu osłabiać ma znaczne prawdopodobieństwo recesji, w związku z czym zakłada się, że wysokie wzrosty obserwowane w roku 2021 wygasną w latach kolejnych³³³.

Zamieszczony powyżej *Wykres 18*. stanowi rozszerzenie *Wykresu 6. (4.1.2.)* o lata kolejne, a więc 2020-2021. Na jego podstawie można stwierdzić, że chociaż lista europejskich krajów o największym zagęszczeniu robotów przemysłowych w przeliczeniu na 10,000 zatrudnionych pozostała bez zmian, pozycje poszczególnych państw w rankingu tym zmianom uległy. Część dotychczasowych liderów zarejestrowała istotne spadki w zagęszczeniu robotów - przede wszystkim Hiszpania i Francja, ale dotyczy to także Belgii, Danii, Włoch czy Austrii.

Teoretycznie możliwe są dwa wyjaśnienia negatywnych zmian we wskazaniach tego wskaźnika w roku 2021 w porównaniu z latami poprzednimi: wyjątkowo duży wzrost zatrudnienia bądź spadek liczby robotów operacyjnych (amortyzacja sprzętu, zmniejszenie liczby nowych instalacji). Odniesienie się do statystyk dotyczących nowych instalacji pozwala stwierdzić, że w przypadku Hiszpanii utrzymały się one na stałym poziomie w porównaniu z rokiem poprzednim (+1%), natomiast dla Francji i Włoch wzrosły w zauważalnym stopniu (kolejno 11% oraz 65% w porównaniu z rokiem 2020). Z kolei na

³³³ International Federation of Robotics, *World Robotics 2021 Industrial Robots*, https://ifr.org/img/worldrobotics/Executive_Summary_WR_Industrial_Robots_2021.pdf [dostęp: 20.12.2022].

podstawie statystyk dotyczących zatrudnienia dla Hiszpanii można stwierdzić, że po gwałtownym pogorszeniu z roku 2020, zatrudnienie wyraźnie wzrosło (o 841 tys. zgodnie z szacunkami BAEL). Dodatkowo z informacji National Statistics Institute (INE) wynika, że w trzecim kwartale 2021 szacuje się liczbę nieobsadzonych stanowisk w przedsiębiorstwach na prawie 120,000. W przypadku Francji, po roku 2020, który charakteryzował się niespotykanym spadkiem liczby rekrutacji, w roku 2021 osiągnięto wskaźnik zatrudnienia ludności w wieku od 15 do 64 lat na poziomie 67,3% (jest to najwyższy wynik od roku 1975). Wzrosła także liczba planowanych rekrutacji w roku 2021 (wzrost o 30,000 w porównaniu z rokiem 2019). Dla Belgii rok 2019 można ocenić jako bardzo dobry pod względem sytuacji na rynku pracy. Także tam pandemia zahamowała pozytywny trend, jednak wydaje się, że na krótko, gdyż w drugiej połowie roku 2020 całkowite zatrudnienie zaczęło systematycznie rosnąć. Podobnie w Danii, po spadku w roku 2020 odnotowano wzrost wskaźnika zatrudnienia w roku kolejnym. Zaobserwowano również znaczący wzrost liczby nieobsadzonych miejsc pracy. Jeśli chodzi o Włochy i Austrię, w tych krajach rok 2021 również wiązał się z powrotem do sytuacji na rynku pracy sprzed wybuchu pandemii koronawirusa³³⁴.

Jeśli chodzi o aktualnie dostępne opracowania na temat przyszłości robotów przemysłowych w Europie i na świecie, zakłada się, że rynek ten będzie się nadal rozwijał. Międzynarodowa Federacja Robotyki ocenia, że w latach 2021-2024 roczne instalacje robotów w Europie wzrosną z 73 tys. sztuk w roku 2021 do 77 tys. sztuk cztery lata później, przy czym wyniki dla Europy Centralnej oraz Wschodniej mają być lepsze niż dla Europy Zachodniej. Oczekuje się, że do roku 2024 roczna liczba instalacji na świecie przekroczy pół miliona sztuk. Wśród spodziewanych trendów eksperci Międzynarodowej Federacji Robotyki wymieniają³³⁵:

- regionalizację łańcuchów dostaw, a więc dążenie do tego, by być jak najbliżej klienta (co ma ograniczyć ryzyko związane z problemami natury politycznej czy logistycznej),
- obniżanie kosztów posiadania poprzez wdrażanie modeli traktujących robota jako usługę (*ang. robots-as-a-service*) czy oferujących system rozliczeń za użytkowanie (*ang. pay-per-use*)⁶, jak i również zwiększanie podaży tanich robotów,

³³⁴ European Commission, EURES' Labour market information in Europe, https://eures.ec.europa.eu/living-and-working/labour-market-information_en [dostęp: 21.12.2022].

³³⁵ International Federation of Robotics, *World Robotics*, Frankfurt am Main 2021.

- indywidualizację produkcji (z uwagi na fakt, że roboty mogą wspierać produkcję jednostkową w koszcie seryjnej),
- trendy technologiczne, takie jak postęp w dziedzinach wspierających rozwój robotyzacji, jak i postęp samej robotyzacji - poszerzanie zakresu zastosowań, poprawa jakości działania, rozwój możliwości współpracy z człowiekiem, a także zrównoważenie wykorzystania (roboty przyszłości mają zużywać mniej energii).

Zakłada się, że powyższe trendy są dobrym prognostykiem kierunków rozwoju robotyzacji w kolejnych latach. Jeśli faktycznie tak jest, należy spodziewać się dalszych wzrostów liczby rocznych instalacji na świecie, w tym także w Europie. Potwierdza to konieczność kontynuowania badań na temat robotów i ich wpływu na gospodarkę.

Kolejną możliwością rozszerzenia analiz ze względu na wybór podmiotu analizy wydaje się koncentracja uwagi na jednym wybranym kraju i specyfice jego rynku pracy w odniesieniu do robotyzacji produkcji. Polska jest jednym z ciekawych przypadków do takiej analizy, gdyż z jednej strony liczne ograniczenia uniemożliwiają jej zostanie liderem w zakresie wdrożeń robotów w Europie, natomiast z drugiej cechuje się ona wysoką dynamiką inwestycji w rozwiązania tego typu (na Starym Kontynencie w roku 2021 jedynie cztery kraje osiągnęły wyższą - Niemcy, Włochy, Francja oraz Hiszpania). We wspomnianym roku w Polsce zainstalowano 3,348 robotów (wzrost rok do roku o 56%). Równocześnie jednak należy wspomnieć, że chociaż notowane wzrosty są duże, wolumen pozostaje stosunkowo niewielki. Potwierdza to wskaźnik zagęszczenia robotów na 10,000 zatrudnionych (63 w roku 2021), a także liczby robotów przemysłowych przypadających na 100 przedsiębiorstw produkcyjnych (5 w roku 2019). W porównaniu z największymi rynkami europejskimi, rynek robotów przemysłowych w Polsce należałoby więc nazwać nisko rozwiniętym. Wynika to z kilku przyczyn, wśród których wymienia się charakterystyczną dla tego kraju strukturę przedsiębiorstw (zgodnie z raportem Polskiej Agencji Rozwoju Przedsiębiorczości przeważającą większość w Polsce - 99,8% - stanowią przedsiębiorstwa z sektora mikro, małych i średnich, natomiast z danych OECD o przedsiębiorstwach według wielkości wynika, że jedynie 1,590 podmiotów zatrudnia 250 lub więcej osób, podczas gdy przedsiębiorstw zatrudniających 1-9 osób jest ponad 208,000), która może stanowić przeszkodę dla rozwoju rynku robotów przemysłowych, a także stosunkowo niski poziom

innowacyjności³³⁶. Potwierdzają to wyniki rankingu European Innovation Scoreboard 2022, w którym Polska została zaklasyfikowana do ostatniej grupy innowatorów (“*wschodzący innowatorzy*”) z wynikiem na poziomie 60,5% średniej UE³³⁷.

W odniesieniu do przedmiotu badań należy wspomnieć, że mimo dużej dostępności literatury na temat wpływu robotyzacji na gospodarkę, nadal pozostaje miejsce na zgłębianie problemów ciągle uznawanych za nierozwiązane. Do zidentyfikowanych luk można zaliczyć kwestię wpływu na konkurencyjność przedsiębiorstw czy produktywność. Co więcej, zauważalny jest brak systematycznie przeprowadzanych badań dotyczących tego jak kształtuje się opinia publiczna na temat robotów w poszczególnych krajach.

Wyzwaniem pozostaje nie tylko to w jaki sposób mierzyć wpływ robotów na gospodarkę, ale też jak skwantyfikować wielkość samego rynku robotów przemysłowych. Podejmowane do tej pory próby szacowania liczby instalacji czy zagęszczenia robotów, jak i również wielkości zapasów operacyjnych pozwalają na uchwycenie orientacyjnych wartości i dokonywanie międzynarodowych porównań, nadal jednak nie stwarzają możliwości poznania dokładnych liczb dotyczących tego ile robotów produkcyjnych pozostaje w użyciu w danym momencie. Co więcej, zauważalne są braki podobnych statystyk (na poziomie krajowym) dla robotów usługowych. Z czasem pojawi się też zapewne potrzeba nie tylko udoskonalania mierników robotyzacji, ale także estymowania liczby wykorzystywanych rozwiązań z zakresu sztucznej inteligencji, która aktualnie wymyka się próbom konkretnego zdefiniowania umożliwiającego dokonywanie precyzyjnych szacunków.

Z drugiej strony o podobnej potrzebie można mówić w przypadku szacowania udziału pracy w dochodzie narodowym (lub też udziału pracy w ogóle), gdzie także nie sposób przyjąć aktualnych metod szacowania jako jedynych słusznych.

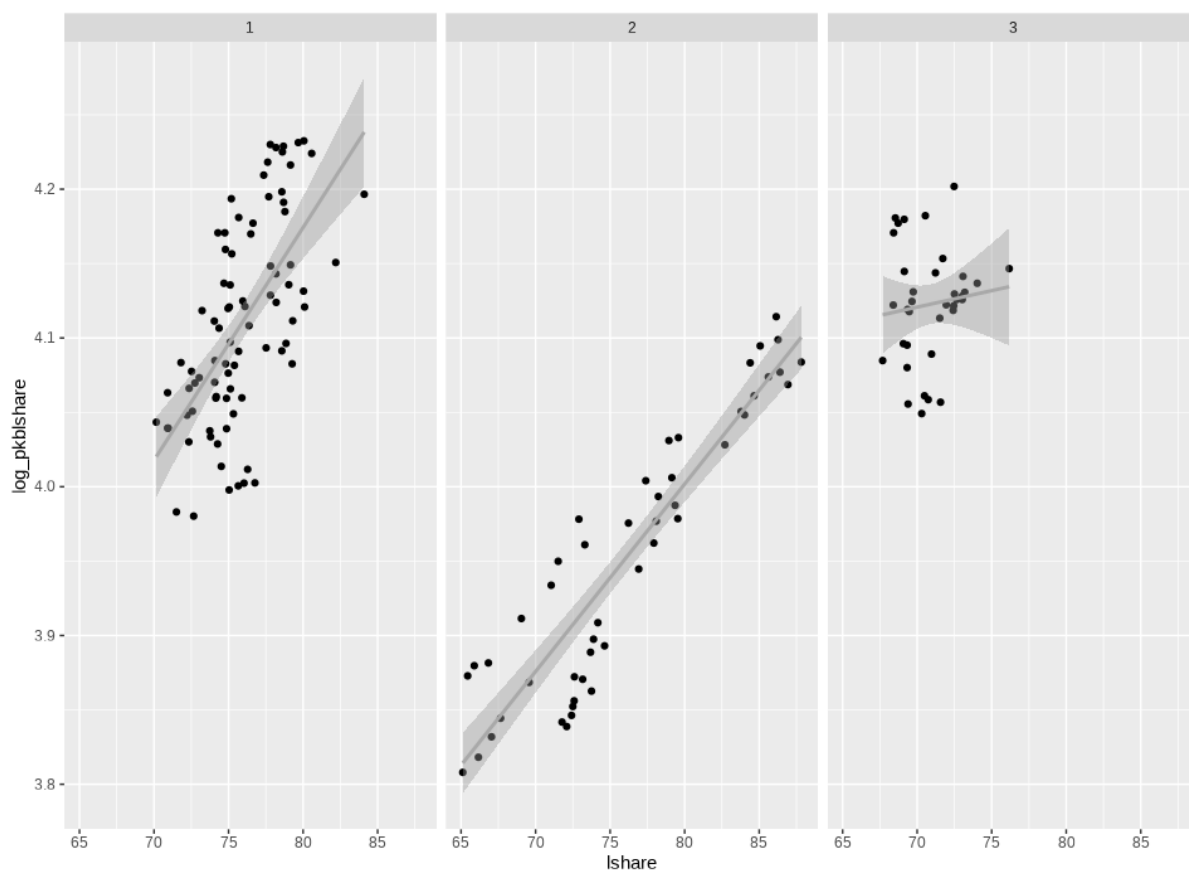
W celu sprawdzenia czy wyniki przeprowadzonych badań mogłyby dać skrajnie inne rezultaty obliczono korelacje między wartościami udziału pracy w dochodzie zaczerpniętymi z dwóch źródeł różniących się pod względem przyjętej metodologii. W przypadku pierwszego obliczano udział pracy w dochodzie narodowym, natomiast dla drugiego - udział pracy w produkcji krajowym brutto. Wyniki zostały przedstawione na *Wykresie 19*.

³³⁶ Gryczka M., *New EU Members on the Market of Industrial Robots – Analysis of Post-accession Developments*, "Procedia Computer Science" nr 207, 2022.

³³⁷ European Commission, Directorate-General for Research and Innovation, *European Innovation Scoreboard 2022*, <https://data.europa.eu/doi/10.2777/309907> [dostęp: 20.12.2022].

Dla grupy pierwszej zaobserwowano wysoką dodatnią korelację między wartościami pochodzącymi ze źródeł wskazanych w rozdziale metodologicznym. Dla grupy drugiej odnotowano korelację prawie pełną, także dodatnią. Z kolei korelacji dla grupy trzeciej nie można uznać za istotną. Sugeruje to, że w zależności od kraju uzyskiwane wyniki wpływu robotyzacji produkcji na udział pracy w dochodzie mogą być wrażliwe nie tylko na wybór metody szacowania, ale także źródeł danych.

Wykres 19. Zależności między udziałem pracy w dochodzie liczonem na podstawie dwóch różnych metodologii dla analizowanych grup krajów



Dla grupy 1: korelacja = 0.63 (p-value: $1.346486e-10$). **Dla grupy 2:** korelacja = 0.92 (p-value: $2.409067e-20$).

Dla grupy 3: korelacja = 0.11 (p-value: 0.5239442).

Źródło: Opracowanie własne.

Podsumowanie

W rozprawie zaproponowano podejście do problematyki zależności między robotyzacją produkcji oraz podziałem dochodu narodowego z perspektywy pracy, tego jak zmieniała się ona na przestrzeni ostatnich lat, jakie czynniki na to wpłynęły i wreszcie - czy można zakładać, że rozwój robotyzacji był jednym z nich.

Postawione w związku z tym pytanie o to czy **wzrost zagęszczenia robotów przemysłowych w produkcji przyczynia się do zwiększania nierówności poprzez zmniejszanie udziału pracy w dochodzie narodowym bądź osłabianie udziału najslabiej zarabiających w łącznych dochodach z pracy** prowadzi do wielu kolejnych. Najważniejsze z nich zostały zarysowane w teoretycznej części pracy, a dotyczyły one przede wszystkim tego jakie warunki kształtują rozwój robotyzacji produkcji (*a więc co sprawia, że niektóre kraje wdrażają roboty szybciej niż inne*) oraz tego pod wpływem jakich czynników w poszczególnych krajach może zmieniać się udział pracy w dochodzie narodowym (*ustalenia te uznano za warunek wstępny rozpoczęcia analizy ewentualnego wpływu robotyzacji na jego wielkości*).

W toku poszukiwania odpowiedzi na te pytania zaproponowano przeprowadzenie badań, których wyniki miałyby umożliwić realizację głównego celu pracy, a więc **określenie wpływu robotyzacji produkcji na udział pracy w dochodzie narodowym dla wybranych krajów europejskich w latach 2005-2019**. Dążąc do zachowania większej homogeniczności próby, zdecydowano o włączeniu do analizy gospodarek o największym zagęszczeniu robotów przemysłowych w produkcji.

W badaniach wykorzystano informacje zebrane w części teoretycznej rozprawy, gdzie zidentyfikowano warunki rozwoju robotyzacji produkcji. Na tej podstawie zidentyfikowano różnice między państwami w zagęszczeniu robotów, a także charakterystyki potencjalnie przyczyniające się od ich występowania. Ustalono również jak na przestrzeni lat kształtował się udział pracy w dochodzie narodowym dla wskazanych krajów i które uwarunkowania mogły wpływać na jego wielkość. Wreszcie dokonano porównania europejskich gospodarek i podzielono je na grupy, co w ostatniej części badań zostało wykorzystane przy konstrukcji modeli panelowych. Realizacja tak przygotowanych badań miała pozwolić na osadzenie robotyzacji produkcji w szerszym kontekście zjawisk kształtujących udział pracy

w dochodzie narodowym, takich jak zmiany w zatrudnieniu, ceny sprzętu, stopień uzwiązkowienia czy ekspozycja na import.

Przyjęto, że realizacja wspomnianego już celu głównego będzie możliwa po osiągnięciu czterech celów cząstkowych:

- pierwszy dotyczył ustalenia roli robotyzacji produkcji w zmienianiu siły przetargowej pracy oraz kapitału w procesie produkcji i został osiągnięty poprzez wykazanie, że wzrost zagęszczenia robotów w produkcji był czynnikiem wpływającym na wzrost udziału pracy w dochodzie narodowym (rozdział piąty);
- drugi odnosił się do określenia w jaki sposób robotyzacja produkcji wpływa na przekształcenia pracy, natomiast jego realizacja polegała na wykazaniu, że wzrost zagęszczenia robotów wiązał się ze spadkiem udziału pracowników o niskich zarobkach w łącznych dochodach z pracy (rozdział piąty);
- trzeci obowiązywał do identyfikacji przyczyn występowania różnic zagęszczeniu robotów przemysłowych między krajami o zbliżonych cechach w kontekście zmian na ich rynkach pracy, co zostało zrealizowane poprzez porównanie wyników grupowań hierarchicznych poszczególnych cech i w rezultacie wykazanie, że państwa o podobnych charakterystykach rynków pracy wykorzystują roboty przemysłowe w zbliżonym stopniu (rozdział czwarty);
- czwarty zakładał stworzenie instrumentów ekonomicznej analizy oddziaływania robotyzacji produkcji na pracę i jej udział w dochodzie narodowym wybranych krajów i również został osiągnięty, gdyż w toku badań skonstruowano modele badające wskazane zależności (rozdział piąty).

W ocenie autorki dokonanie tych ustaleń pozwala przyjąć, że zarówno cele cząstkowe, jak i główny cel pracy, zostały zrealizowane, a dzięki temu możliwe jest podjęcie się weryfikacji przyjętych na początku hipotez badawczych. Hipoteza główna dotyczyła tego, że **w związku ze wzrostem zagęszczenia robotów przemysłowych w produkcji obserwuje się podobne zmiany w udziale pracy w dochodzie narodowym oraz w podziale dochodu z pracy w krajach o zbliżonych charakterystykach. Łącznie mogą one prowadzić do wzrostu nierówności i zwiększania różnic między krajami.** Dla ułatwienia jej weryfikacji przyjęto trzy hipotezy pomocnicze. Pierwsza zakładała występowanie negatywnej zależności między wzrostem zagęszczenia robotów przemysłowych w produkcji i zmianami w udziale pracy w dochodzie narodowym, a także udziałem pracowników o niskich zarobkach

w łącznych dochodach z pracy. Została ona częściowo odrzucona na bazie ustaleń poczynionych przy realizacji dwóch pierwszych celów częściowych (*dowodzono, że w badanych przypadkach rozwój robotyzacji prowadził do wzrostu udziału pracy, a więc potencjalnie do zmniejszania nierówności; wskazano też jednak równocześnie, że wzrost ten mógł nie być udziałem wszystkich grup pracowników, a więc istnieje szansa, że w ogólnym rozrachunku wiązał się on ze zwiększeniem nierówności*). Druga sugerowała, że oddziaływanie czynników różnicujących na poziomie państw implikuje istotne rozbieżności w zagęszczeniu robotów przemysłowych w produkcji, przede wszystkim w krajach o różnych charakterystykach rynków pracy. Nie znaleziono podstaw do jej odrzucenia w toku analiz prowadzonych w związku z realizacją celu częściowego numer trzy. Trzecia i ostatnia dotyczyła stwierdzenia, że robotyzacja w kontekście wpływu na pracę i jej udział w dochodzie może być traktowana jako szczególny przypadek technologii. Zaproponowaną weryfikację przeprowadzono rozszerzając modele uwzględniające robotyzację jako jeden z czynników wpływających na udział pracy w dochodzie narodowym o dodatkową zmienną niezależną reprezentującą wydatki na badania i rozwój (R&D). Zidentyfikowane różnice uznano za przesłankę wskazującą, że robotyzację produkcji należy traktować jako szczególny przypadek technologii, a badanie jej wpływu na gospodarkę niezależnie od szacunków z wykorzystaniem innych miar postępu technologicznego jest zasadne. Zgodnie z tym rozumowaniem nie ma podstaw do odrzucenia trzeciej hipotezy pomocniczej.

W ramach weryfikacji poszczególnych hipotez przedstawiono kolejno wnioski:

1. Ustalono, że kraje o zbliżonych charakterystykach rynku pracy wykorzystują roboty przemysłowe na podobną skalę. Istnieją więc uwarunkowania umożliwiające szybszą adaptację robotów, a kształtowanie kierunków polityki rynku pracy w poszczególnych państwach nie pozostaje bez znaczenia dla rozwoju robotyzacji w przyszłości.
2. Na poszczególnych etapach badań (*w zależności od wykorzystanej metody estymacji bądź wybranych zmiennych kontrolnych*) uzyskiwano inne oszacowania wpływu robotyzacji produkcji na udział pracy w dochodzie narodowym, w każdym jednak przypadku wyniki sugerowały występowanie pozytywnej zależności. Przyjmuje się więc, że we wskazanym okresie i dla wybranych państw rozwój robotyzacji prowadził do wzrostu udziału pracy.
3. W części badawczej najlepsze oceny uzyskały modele, w których wykorzystywano opóźnienia zmiennej odpowiadającej zagęszczeniu robotów o przynajmniej trzy

okresy, co oznacza, że ewentualny wpływ robotyzacji na udział pracy w dochodzie narodowym jest widoczny z kilkuletnim opóźnieniem. Wydaje się to zasadne biorąc pod uwagę okres zwrotu z inwestycji i sugeruje konieczność prowadzenia dalszych badań w horyzontach czasowych, które umożliwiają uchwycenie podobnych przesunięć czasowych.

4. Na podstawie kolejnych ustaleń można stwierdzić, że wspomniana pozytywna relacja między zagęszczeniem robotów oraz udziałem pracy w dochodzie narodowym wiąże się ze zmianami w podziale dochodów z pracy na korzyść pracowników zarabiających więcej. W tym jednak przypadku wyniki należy uznać za dość niejednoznaczne, gdyż występowanie takiej zależności zidentyfikowano jedynie w przypadku kolejnych opóźnień zmiennej odpowiadającej udziałowi pierwszych pięciu decyli w dochodach z pracy, nie znaleziono go natomiast z wykorzystaniem zmiennej odnoszącej się do wskaźnika odpowiadającego stosunkowi decyla dziewiątego do pierwszego.
5. Oceniono ponadto czy robotyzacja może być traktowana jako szczególny przypadek technologii w kontekście jej oddziaływania na udział pracy w dochodzie narodowym. Po uwzględnieniu w modelach badających zależności między wydatkami na badania i rozwój (uznawanymi za jedną z podstawowych miar rozwoju technologicznego) i udziałem pracy dodatkowej zmiennej odpowiadającej zagęszczeniu robotów w produkcji, uzyskano lepsze dopasowanie modelu do danych, co potraktowano jako przesłankę do odrębnej analizy wpływu robotyzacji na udział pracy także w badaniach prowadzonych w przyszłości.
6. W wymiarze praktycznym ustalenia poczynione w rozprawie wskazują na potrzebę bardziej elastycznego definiowania celów działań podejmowanych przez instytucje publiczne w reakcji na dalszy rozwój robotyzacji. Dotychczas przedstawiane propozycje opierały się na założeniu, że praca jest czynnikiem produkcji tracącym w tym kontekście na znaczeniu. Niewykluczone, że w przyszłości tak będzie, tymczasem jednak wydaje się, że nie tracą wszyscy pracownicy, ale raczej ich określone grupy.

Na podstawie tych rozważań można stwierdzić, że nie znaleziono także podstaw do odrzucenia hipotezy głównej. Pomimo faktu, że zidentyfikowana zależność między zagęszczeniem robotów przemysłowych w produkcji i udziałem pracy w dochodzie

narodowym była pozytywna (a to wskazywałoby raczej na tendencję do zmniejszania nierówności), wzrost wspomnianego zagęszczenia robotów wiązał się ze spadkiem udziału pracowników o niskich zarobkach w łącznych dochodach z pracy (nie można więc wykluczyć, że prowadzi on w ogólnym rozrachunku do wzrostu nierówności) w badanym okresie i dla krajów objętych analizą.

Konkludując, należy podkreślić, że przeprowadzone analizy umożliwiły znalezienie odpowiedzi na postawione w rozprawie pytania, ale też doprowadziły do wygenerowania wielu kolejnych. Wskazane jest więc kontynuowanie badań w zakresie oddziaływania robotyzacji produkcji na pracę, oczywiście z uwzględnieniem ich potencjalnych ograniczeń.

Bibliografia

1. Acemoglu D., Technical change, inequality and the labor market, “NBER Working Paper Series” nr 7800, 2000.
2. Acemoglu D., Restrepo P., The Race Between Machine and Man: Implications of Technology for Growth, Factor Shares and Employment, “NBER Working Paper” nr 22252, 2016.
3. Acemoglu D., Restrepo P., Robots and Jobs: Evidence from US Labor Markets, “NBER Working Paper Series” nr 23285, 2018.
4. Acemoglu D., Restrepo P., Tasks, automation, and the rise in u.s. wage inequality, “Econometrica” nr 90(5), 2022.
5. Acemoglu D., Koster H.R.A., Ozgen C., Robots and Workers: Evidence from the Netherlands, “NBER Working Papers” nr 31009, 2023.
6. Acemoglu D., Lelarge C., Restrepo P., Competing with Robots: Firm-level Evidence from France, “American Economic Review: Papers and Proceedings” 2020, nr 110.
7. Acocella N., Zasady polityki gospodarczej, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2002.
8. Adermon A., Gustavsson M., Job Polarization and Task-Biased Technological Change: Evidence from Sweden, 1975–2005 “Scandinavian Journal of Economics” nr 117, 2015.
9. Aghion P, Antonin C, Bunel S, Jaravel X. What Are the Labor and Product Market Effects of Automation? New Evidence from France, 2021.
10. Ahmad B. i inn., Guide to Implementing Industrial Robots, The Institution of Engineering and Technology, Stevenage 2018.
11. Alvarez-Cuadrado F., Long N.V., Poschke M., Capital-labor substitution, structural change and the labor income share, “Journal of Economic Dynamics and Control” nr 87, 2018.
12. Arellano M., Panel Data Econometrics, Oxford University Press, Oxford 2004.
13. Arellano M., Bond S., Some tests of specification for panel data: Monte Carlo evidence and an application to employment equations, “The Review of Economic Studies” vol. 58, nr 2, 1991.

14. Arntz M., Gregory T., Zierahn U, The Risk of Automation for Jobs in OECD Countries: A Comparative Analysis, "OECD Social, Employment and Migration Working Papers" 2016, nr 189.
15. Atkinson A.B., Nierówności. Co da się zrobić?, Wydawnictwo Krytyki Politycznej, Warszawa 2017.
16. Autor D., Dorn D., The Growth of Low-Skill Service Jobs and the Polarization of the US Labor Market, "American Economic Review" vol. 103, no. 5, 2013.
17. Autor D., Levy F., Murnane R. J., The skill content of recent technological change: An empirical exploration, "The Quarterly Journal of Economics" nr 118, 2003.
18. Autor D., Why are there still so many jobs? The history and future of workplace automation, "Journal of Economic Perspectives" nr 29, 2015.
19. Autor D., Work of the Past, Work of the Future, "AEA Papers and Proceedings" nr 109, 2019.
20. B. S. Kim, Measuring Technological Change - Concept, Methods, and Implications, <https://www.intechopen.com/chapters/35182> [dostęp: 28.11.2022].
21. Babbage C., Passages in the Life of a Philosopher, Cambridge University Press, Cambridge 2012.
22. Baltagi B.H., Econometric Analysis of Panel Data, John Wiley & Sons Ltd, Chichester 2005.
23. Barro R.J., Makroekonomia, Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa 1997.
24. Bartel A.P., Ichniowski C., Shaw K., How Does Information Technology Affect Productivity? Plant-Level Comparisons of Product Innovation, Process Improvement, and Worker Skills, "Quarterly Journal of Economics" 2007, nr 122(4).
25. Barth E., Roed M., Schone P., Umblijs J., How Robots Change Within-Firm Wage Inequality, IZA Discussion Paper nr 13605, 2020.
26. Barton J., Observations on the circumstances which influence the condition of the labouring classes of society, Printed for John and Arthur Arch ..., by W. Mason, Chichester, London 1817.
27. Becker G., Murphy K., The Division of Labor, Coordination Costs, and Knowledge, "Quart. J. Econ." nr 107, 1992 [za:] Matsui A., Specialization of Labor and the Distribution of Income, "Games and Economic Behavior" nr 33, 72-89, 2000.

28. Becker G.S., An Economic Analysis of Fertility, [W] Demographic and Economic Change in Developed Countries, Easterlin R. (red.), Princeton University Press, Princeton 1960.
29. Bell G., Hey T., Szalay A., Computer Science: Beyond the Data Deluge, "Science" 2009, vol. 323.
30. Ben-Ari M., Mondada F., Elements of Robotics, Springer International Publishing AG, Cham 2018.
31. Bendel O., Are robot tax, basic income or basic property solutions to the social problems of automation?, "CEUR Workshop Proceedings" nr 2448, 2019.
32. Bentolila S., Saint-Paul G., Explaining Movements in the Labor Share, "B.E. Journal of Macroeconomics" vol 1., 2003.
33. Berg A., Buffie E.F., Zanna L.F., Robots, Growth, and Inequality, "Finance & Development" 2016, vol. 53, nr 3.
34. Berg M., The Machinery Question and the Making of Political Economy 1815-1848, Cambridge University Press, Cambridge 1980.
35. Bessen J. E., Automation and Jobs: When Technology Boosts Employment, "Law and Economics Research Paper" nr 17, 2017.
36. Bessen J., Goos M., Salomons A. den Berge W. V., What happens to workers at firms that automate?, "Review of Economics and Statistics" nr 19-2, 2023.
37. Blaug M., Ricardian Economics: A Historical Study, Literary Licensing, LLC, Whitefish 2012.
38. Bloom N., Sadun R., van Reenen J., Americans Do IT Better: US Multinationals and the Productivity Miracle, "American Economic Review" nr 102(1), 2012.
39. Bloom N., Draca M., Van Reenen J., Trade induced technical change? The impact of Chinese imports on innovation, IT and productivity, "The Review of Economic Studies" nr 83, 2016.
40. Bowles J., The computerisation of European jobs, <https://www.bruegel.org/2014/07/the-computerisation-of-european-jobs/> [dostęp: 30.04.2020].
41. Boushey H., Bradford DeLong J., Steinbaum M. (red.), Piketty i co dalej? Plan dla ekonomii i nierówności, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2018.

42. Brynjolfsson E., McAfee A., Wyciąg z maszynami. Jak rewolucja cyfrowa napędza innowacje, zwiększa wydajność i w nieodwracalny sposób zmienia rynek pracy, Kurhaus Publishing Kurhaus Media sp. z o.o. sp.k., Warszawa 2015.
43. Brynjolfsson E., The productivity paradox of information technology, "Communications of the ACM" nr 12, 1993.
44. Buera F.J., Kaboski J.P., Rogerson R., Skill Biased Structural Change, "The Review of Economic Studies" nr 89.2, 2022.
45. Cabrales A., Hernández P., Sánchez A., Robots, labor markets, and universal basic income, "Humanities and social sciences communications" nr 7:185, 2020.
46. Caines C., Hoffmann F., Kambourov G., Complex-task biased technological change and the labor market, "Review of Economic Dynamics" vol. 25, 2017.
47. Carradore M., People's Attitudes Towards the Use of Robots in the Social Services: A Multilevel Analysis Using Eurobarometer Data, "International Journal of Social Robotics", <https://doi.org/10.1007/s12369-021-00831-4> [dostęp: 15.12.2022].
48. Chen N., Huang S., Domestic Technology Adoption: Comparison of Innovation Adoption Models and Moderators, "Human Factors and Ergonomics in Manufacturing & Service Industries" 2015, vol. 26, issue 2.
49. Chiacchio F., Petropoulos G., Pichler D., The impact of industrial robots on EU employment and wages: A local labour market approach, http://bruegel.org/wp-content/uploads/2018/04/Working-Paper-AB_25042018.pdf [dostęp: 15.05.2020].
50. Christensn C. M., The Innovator's Dilemma: When New Technologies Cause Great Firms to Fail, Harvard Business School Press, Cambridge 1997.
51. Chu S., Romanes Lecture - Our Energy and Climate Change Challenges and Solutions, <https://www.ox.ac.uk/news-and-events/The-University-Year/romanes-lecture/our-energy-and-climate-change-challenges-and-solutions> [dostęp: 22.04.2021].
52. Crafts N., Steam as a General Purpose Technology: A Growth Accounting Perspective, "The Economic Journal" nr 114(495), 2004.
53. Craig J.J., Introduction to robotics: mechanics and control, Pearson Education, Inc., New Jersey 2005.

54. Czym jest Przemysł 4.0?,
<https://przemysl-40.pl/index.php/2017/03/22/czym-jest-przemysl-4-0/> [dostęp: 05.03.2021].
55. Dalton H., The Measurement of the Inequality of Incomes, "The Economic Journal" 1920, Vol. 30, No. 119.
56. Dańska-Borsiak B., Dynamiczne modele panelowe w badaniach ekonomicznych, Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego, Łódź 2011.
57. Dańska-Borsiak B., Zastosowania panelowych modeli dynamicznych w badaniach mikroekonomicznych i makroekonomicznych, "Przegląd statystyczny" 2009, nr R. LVI – zeszyt 2.
58. Dauth W. i in., German Robots – The Impact of Industrial Robots on Workers, "IAB Discussion Paper" nr 30, 2017.
59. Dauth W. i in., The adjustment of labor markets to robots, "Journal of the European Economic Association" nr 00(0):1–50, 2021.
60. DeCanio R., Robots and humans - complements or substitutes, "Journal of Macroeconomics" 2016, nr 49.
61. Doms M., Dunne T., Troske K.R., Workers, Wages, and Technology, "The Quarterly Journal of Economics" nr 112(1), 1997.
62. Duch-Brown N., Rossetti F., Haarburger R., AI Watch. Evolution of the EU market share of robotics: Data and Methodology, Publications Office of the European Union, Luxembourg 2021.
63. Eden M., Gaggl P., On the Welfare Implications of Automation, "Review of Economic Dynamics" 2018, nr 29.
64. Elsby M.W., Hobijn B., Sahin A., The decline of the U.S. Labor Share, "Brookings Papers on Economic Activity" vol. 44, 2013.
65. European Agency for Safety and Health at Work, Przyszłość pracy: robotyka, <https://osha.europa.eu/pl/publications/future-work-robotics> [dostęp: 25.10.2019].
66. European Commission, Directorate-General for Research and Innovation, European Innovation Scoreboard 2022, <https://data.europa.eu/doi/10.2777/309907> [dostęp: 20.12.2022].

67. European Commission, EURES' Labour market information in Europe, https://eures.ec.europa.eu/living-and-working/labour-market-information_en [dostęp: 21.12.2022].
68. Feng A., Graetz G., Rise of the Machines: The Effects of Labor-Saving Innovations on Jobs and Wages, "CEP Discussion Papers" nr 1330, 2015.
69. Fisher-Post M., Factor Shares in the Long Run, "WID.world WORKING PAPER" nr 3, 2020.
70. Fitoussi J.P., Rosanvallon P., Czas nowych nierówności, Wydawnictwo Znak, Kraków 2000.
71. Ford M., The Rise of the Robots, Basic Books, Nowy Jork 2005.
72. Freeman R., Who owns the robots rules the world, "IZA World of Labor" nr 5, 2015.
73. Frey B.S., Jegen R., Motivation Interactions: Effects on Behaviour, "Annales d'Économie et de Statistique", nr 63/64.
74. Frey C.B., Osborne M.A., The future of employment: how susceptible are jobs to computerisation?, Oxford Martin School, Oxford 2013.
75. Geisler E., The Metrics of Science and Technology, Quorum Books, Westport 2000.
76. Giza W., Problem funkcjonalnego podziału dochodu w gospodarce opartej na wiedzy : perspektywa historii myśli ekonomicznej, "Nierówności Społeczne a Wzrost Gospodarczy" 2007, nr 10.
77. Gnambs T., Appel M., Are robots becoming unpopular? Changes in attitudes towards autonomous robotic systems in Europe, "Computers in Human Behavior" nr 93, 2019.
78. Gomis R., The global labour income share and distribution. Data Production and Analysis Unit, ILO Department of Statistics, <https://www.ilo.org/ilostat-files/Documents/Labour%20income%20share%20and%20distribution.pdf> [dostęp: 13.04.2022].
79. Goos M., Manning A., Salomon A., Explaining Job Polarization: Routine-Biased Technological Change and Offshoring, "American Economic Review" 2014, nr 104(8).
80. Graetz G., Michaels G., Robots at work, "Review of Economics and Statistics" 2018, nr 100(5).
81. Gregory T., Salomons A., Zierahn U., Racing With or Against the Machine? Evidence from Europe, "ZEW Discussion Paper" 2016, nr 16-053.

82. Griliches Z., Productivity, R&D, and the Data Constraint, "The American Economic Review" vol 84, nr 1, 1994.
83. Grossman G.M., Helpman E., Oberfield E., Sampson T., The productivity slowdown and the declining labor share: A neoclassical exploration, "Working Paper", 2017.
84. Gryczka M., New EU Members on the Market of Industrial Robots – Analysis of Post-accession Developments, "Procedia Computer Science" nr 207, 2022.
85. Grzeszak J., Sarnowski J., Supera-Markowska M., Drogi do przemysłu 4.0. Robotyzacja na świecie i lekcje dla Polski, Polski Instytut Ekonomiczny, Warszawa 2019.
86. Guerriero, M., The Labor Share of Income Around the World: Evidence from a Panel Dataset, "ADBI Working Paper" 920, 2019, <https://www.adb.org/publications/labor-share-income-around-world-evidence-panel-dataset> [dostęp: 20.09.2022].
87. Hayakawa K., Small Sample Bias Properties of the System GMM Estimator in Dynamic Panel Data Models, "Hi-Stat Discussion Paper Series" nr 82, 2005.
88. Heidensohn K., Labour's Share in National Income- A Constant?, "The Manchester School" 1969, vol. 37, nr 4.
89. Hemous D., Olsen M., The Rise of the Machines: Automation, Horizontal Innovation and Income Inequality, "CEPR Discussion Papers" nr 10244, 2014.
90. Hicks J.R., The theory of wages, Palgrave Macmillan, Londyn 1963.
91. Honig S., Oron-Gilad T., Understanding and Resolving Failures in Human-Robot Interaction: Literature Review and Model Development, "Frontiers in Psychology" vol. 9, 2018.
92. Howitt P., Aghion P., Capital accumulation and innovation as complementary factors in long-run growth, "Journal of Economic Growth" vol. 3, nr 2, 1998.
93. Hsieh C., Moretti E., Can free entry be inefficient? Fixed commissions and social waste in the real estate industry, "Journal of Political Economy" nr 111(5), 2003.
94. Huang Y., Sharif N., From 'Labour Dividend' to 'Robot Dividend': Technological Change and Workers' Power in South China, "Agrarian South: Journal of Political Economy" nr 6, 2017.
95. Hubert L., Arabie P., Comparing partitions, "Journal of Classification" nr 2, 1985.
96. Hunt D., Industrial Robotics Handbook, Industrial Press Inc, New York 1983.

97. Hunt H.A., Hunt T.L, Human resource implications of robotics, Kalamazoo, W.E. Upjohn Institute for Employment Research, 1983.
98. IMF Survey., All Will Benefit from Steps to Cut Excessive Inequality—Lagarde, <https://www.imf.org/en/News/Articles/2015/09/28/04/53/sonew061715a> [dostęp: 12.04.2021].
99. International Federation of Robotics, The impact of robots on productivity, employment and jobs, https://ifr.org/img/office/IFR_The_Impact_of_Robots_on_Employment.pdf [dostęp: 10.05.2020].
100. International Federation of Robotics, World Robotics 2020 Report.Extraits, <http://reparti.free.fr/robotics2000.pdf> [dostęp: 10.05.2022].
101. International Federation of Robotics, World Robotics 2021 Industrial Robots, https://ifr.org/img/worldrobotics/Executive_Summary_WR_Industrial_Robots_2021.pdf [dostęp: 20.12.2022].
102. Ivanov S., Robonomics - principles, benefits, challenges, solutions, “Yearbook of Varna University of Management” 2017, vol. 10.
103. Jansson T., Karabulut Y., Do Robots Increase Wealth Dispersion?, <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3229980> [dostęp: 21.04.2021].
104. Jun L., Ren L., Tong L., How Many Robots Should We Invest? A Theoretical Analysis with Two-Sector Production Facility, "Economic computation and economic cybernetics studies and research / Academy of Economic Studies" nr 52/2, 2020.
105. Jung J.H., Lim D.G., Industrial robots, employment growth, and labor cost: A simultaneous equation analysis, “Technological Forecasting & Social Change” nr 159, 2020.
106. Kaczmarek W., Panasiuk J., Robotyzacja procesów produkcyjnych, Wydawnictwo Naukowe PWN S.A., Warszawa 2017.
107. Kalita C., Adam Smith: Podział pracy i jego konsekwencje etyczno-społeczne (użyteczność czy racjonalność?), “Doctrina. Studia społeczno-polityczne” 2015, nr 12.
108. Karabarbounis L., Neiman B., The global decline of the labor share, “Quarterly Journal of Economics: nr 129(1), 2014.
109. Kawa P., Rola państwa w stymulowaniu wzrostu gospodarczego w świetle nowych modeli wzrostu [W] Modele i wzrost gospodarczy we współczesnych państwach, Kopycińska D. (red.), Wydawnictwo Printgroup, Szczecin 2006.

110. Kehrig M., Vincent N., The micro-level anatomy of the labor share decline, "NBER Working Paper Series" 2020, nr 25275.
111. Kehrig M., Vincent N., Growing productivity without growing wages: The microlevel anatomy of the aggregate labor share decline, "CESifo Working Paper Series" nr 6454, 2017.
112. Kim B. S., A Case of Forecast-Based Technology Evaluation and Its Implications, "International Journal of Technology Intelligence and Planning" vol. 6, nr 4, 2010.
113. Kim B. S., Measuring Technological Change – Concept, Methods, and Implications [W:] red. Aurora A.C. Teixeira, Technological Change, IntechOpen, Rijeka 2012.
114. Kim S., Labor Specialization and the Extent of the Market, *Political Econ.* 97,692-705, 1989.
115. King D.R. et al., The Robot Scientist Adam, "Computer" 2009, vol. 42, no. 8.
116. Kiviet J.F., On Bias, Inconsistency, and Efficiency of Various Estimators in Dynamic Panel Data Models, "Journal of Econometrics" vol. 68, nr 1, 1995.
117. Klimp R., Jurkat A., Schneider F., Tracking the rise of robots: A survey of the IFR database and its applications, "MPRA Paper" 2021, no. 110390.
118. Knight W., China Is Building a Robot Army of Model Workers, MIT Technology Review,
<https://www.technologyreview.com/2016/04/26/108608/china-is-building-a-robot-army-of-model-workers/> dostęp: 07.10.2020].
119. Koh D., Santaaul`alia-Llopis R., Zheng Y., Labor Share Decline and Intellectual Property Products Capital, "Working Papers" no 927, 2017.
120. Koren M., Csillag M., Machines and machinists: Importing skill-biased technology, "CEU Working Papers" nr 1, 2017.
121. Kost G., Węsierski Ł., Łebkowski P., Automatyzacja i robotyzacja procesów produkcyjnych, Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa 2018.
122. Krajewska, A., Produkcja i koszty w przedsiębiorstwie [W] red. Milewski R., Kwiatkowski E., Podstawy ekonomii, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2018.
123. Kromann L., Malchow-Møller N., Skaksen J. R., Sorensen A., Automation and Productivity – A Cross-Country, Cross-Industry Comparison, "Industrial and Corporate Change" 2020, vol. 29, nr 2.

124. Landes D.S., *The Unbound Prometheus. Technological Change and Industrial Development in Western Europe from 1750 to the Present*, Cambridge University Press, Cambridge 2003.
125. Landes D.S., *Bogactwo i nędza narodów. Dlaczego jedni są tak bogaci, a inni tak ubodzy*, Warszawskie Wydawnictwo Literackie Muza, Warszawa 2015.
126. Landscheidt S. i in., *The future of industrial robot business: Product or performance based?*, 8th Swedish Production Symposium, SPS 2018, 16-18 May 2018, Stockholm, Sweden.
127. Lauderdale J.M., *An Inquiry into the Nature and Origin of Public Wealth, and into the Means and Causes of its Increase*, A.M. Kelley, New York 1962.
128. Lawrence R., Z., *Recent declines in labor's share in US income: A preliminary neoclassical account*, "NBER Working Paper" No. 21296, 2015.
129. Lee J. D., See K. A., *Trust in automation: Designing for appropriate reliance*, "Human Factors" 2004, nr 46(1).
130. Lee K.F., *Inteligencja sztuczna, rewolucja prawdziwa. Chiny, USA i przyszłość świata*, Wydawnictwo Media Rodzina, Poznań 2019.
131. Lee M.J., *Panel Data Econometrics: Methods-of-Moments and Limited Dependent Variables 1st Edition*, Emerald Group Pub Ltd, New York 2002.
132. Lesch H., *Trade Union Density in International Comparison*, "CESifo Forum", nr 4/2004.
133. Lewandowski P., Hardy W., Park A., Yang D., *Technologia, umiejętności i globalizacja: wyjaśnienia międzynarodowych różnic w pracach rutynowych i nierutynowych w oparciu o dane ankietowe*, "IBS Working Paper" 2019, nr 04.
134. Lucas R., *The Industrial Revolution: Past and Future*, <https://www.minneapolisfed.org/article/2004/the-industrial-revolution-past-and-future> [dostęp: 15.04.2021].
135. Malthus T.R., *Principles of Political Economy Considered with a View to their Applications*, William Pickering, London 1836.
136. Marks K., *Nędza filozofii*, Wydawnictwo Książka, Warszawa 1948.
137. Matsui A., *Specialization of Labor and the Distribution of Income*, "Games and Economic Behavior" nr 33, 72-89, 2000.

138. Maxwell N.L., Changing Female Labor Force Participation: Influences on Income Inequality and Distribution, *Social Forces* 1990, Vol. 68, nr 4.
139. Mazur K.P., Istota i sprzeczności postępu technicznego, "Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego" T. 16, nr 1, 2006.
140. Meade J.E., *Liberty, Equality and Efficiency*, Palgrave Macmillan, Londyn 1993.
141. Michaels G., Natraj A., Reenen J. V., Has ICT Polarized Skill Demand? Evidence from Eleven Countries over Twenty-Five Years, "Review of Economics and Statistics" nr 96(1), 2014.
142. Mill J.S., M. de Tocqueville on democracy in America, "Edinburgh Review" 1840, vol. 25, nr 2.
143. Mirola F., Nehrebecka N., Wykorzystanie dynamicznych modeli panelowych w badaniach z zakresu finansów przedsiębiorstw na przykładzie modelowania transakcyjnej rezerwy płynności, "Ekonometria" 2017, nr 4(58).
144. Mokyr J., *The Political Economy of Technological Change: Resistance and Innovation in Economic History*. W: *Technological Revolutions in Europe*, red. Berg M., Bruland K., Edward Elgar Publishers, Cheltenham 1998.
145. Murphy, K., *Specialization and Human Capital*, Ph.D. thesis, University of Chicago, 1986 [za:] Matsui A., Specialization of Labor and the Distribution of Income, "Games and Economic Behavior" nr 33, 72-89, 2000.
146. Nehmzow U., *Robot behaviour: design, description, analysis and modelling*, Springer Science & Business Media, Londyn 2008.
147. Nomaler Ö., Verspagen B., Perpetual growth, distribution, and robots, "UNU-MERIT Working Papers" nr 23, 2018.
148. Nordhaus W., Are we approaching an economic singularity? Information technology and the future of economic growth, "NBER Working Paper Series" 2015, nr 21547.
149. Oberfield E., Raval D., Micro data and macro technology, "NBER Working Paper" nr 20452, 2014.
150. OECD, Key issues for labour market and social policies, www.oecd.org/els/emp/4358365.pdf [dostęp: 05.04.2022].
151. OECD/AIAS ICTWSS Database, https://www.oecd.org/els/emp/MethodologicalNote-OECD-AIAS_ICTWSS.pdf [dostęp: 03.04.2022].

152. Oryl K., Postęp techniczny i bezrobocie w ujęciu szkoły klasycznej i neoklasycznej, "Ruch Prawniczy, Ekonomiczny i Socjologiczny" 1964, nr 26.
153. Ostry J.D., Berg A., Tsangarides C.G., Redistribution, Inequality, and Growth, "IMF STAFF DISCUSSION NOTE" 2014, nr 2.
154. Ostry J.D., Loungani P., Berg A., Confronting Inequality. How Societies Can Choose Inclusive Growth, Columbia University Press, New York 2019.
155. Parasuraman R., Riley V., Humans and automation: Use, misuse, disuse, abuse, "Human Factors" 1997, nr 39(2).
156. Petty W., A Treatise of Taxes and Contributions, Obadiah Blagrove, London 1679.
157. Pickett K., Wilkinson R., Duch równości. Tam gdzie panuje równość wszystkim żyje się lepiej, Wydawnictwo Czarna Owca, Warszawa 2011.
158. Piketty T., Kapitał w XXI wieku, Wydawnictwo Krytyki Politycznej, Warszawa 2015.
159. Pulkka V.V., A free lunch with robots – can a basic income stabilise the digital economy?, "Transfer" vol. 23(3), nr 295, 2017.
160. Purchasing power parities (PPPs), price level indices and real expenditures for ESA 2010 aggregates, Eurostat,
https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/PRC_PPP_IND__custom_2519098/default/table?lang=en [dostęp: 03.04.2022].
161. Red. Milewski R., Kwiatkowski E., Podstawy ekonomii, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2018.
162. Reich-Stiebert N., Eyssel F., Hornemann C., Involve the users! Changing attitudes toward robots by user participation in a robot prototyping process, "Computers in Human Behavior" 2019, vol. 91.
163. Ricardo D., Letters 1816-1818 (The Works and Correspondence of David Ricardo), Cambridge University Press, Cambridge 1951.
164. Ricardo D., Zasady ekonomii politycznej i opodatkowania, Drukarnia Wydawnicza W. L. Anczyca i Spółki, Kraków 1929.
165. Rifkin J., Koniec pracy. Schyłek siły roboczej na świecie i początek ery postrynkowej, Wydawnictwo Dolnośląskie, Wrocław 2001.
166. Romanowska M., Trocki M., Podejście procesowe w zarządzaniu, Szkoła Główna Handlowa, Warszawa 2004.

167. Rosenberg N., Inside the black box: Technology and economics, Cambridge University Press, Cambridge 1982.
168. Ryu J., Byeon S. C., Technology level evaluation methodology based on the technology growth curve, "Technological Forecasting & Social Change" nr 78, 2011.
169. Sachs J.D., Kotlikoff L.J., Smart machines and long-term misery, "NBER Working Paper Series" 2012, nr 18629.
170. Schlogl L., Sumner A., The Rise of the Robot Reserve Army: Automation and the Future of Economic Development, Work, and Wages in Developing Countries, "Center for Global Development Working Paper" 2018, nr 487.
171. Schumpeter J.A., Capitalism, socialism, and democracy, HarperCollins, New York 1962.
172. Schwab K., Czwarta rewolucja przemysłowa, Wydawnictwo Studio Emka, Warszawa 2018.
173. Sherwood J.M., Engels, Marx, Malthus, and the Machine, "The American Historical Review" 1985, vol. 90, no. 4.
174. Siau K., Wang W., Artificial Intelligence, Machine Learning, Automation, Robotics, Future of Work and Future of Humanity: A Review and Research Agenda, "Journal of Database Management" 2019, nr 30/1.
175. Smith A., Badania nad naturą i przyczynami bogactwa narodów, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2015.
176. Stachowiak Z., Stachowiak B., Ekonomia gospodarki rynkowej. Ujęcie instytucjonalne, Akademia Obrony Narodowej, Warszawa 2015.
177. Staszczuk A., Stacjonarność danych panelowych a konwergencja cenowa na przykładzie importu do krajów UE, "Studia Ekonomiczne. Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego w Katowicach" nr 324, 2017.
178. Stiglitz J.E., Cena nierówności, Wydawnictwo Krytyki Politycznej, Warszawa 2015.
179. Summers L., Economic Possibilities for Our Children, <https://www.nber.org/reporter/2013number4/economic-possibilities-our-children> [dostęp: 04.04.2021].
180. Susskind D., A model of technological unemployment, "Oxford University Discussion Paper" 2017, nr 819.

181. Swan M., *Philosophy of Social Robotics: Abundance Economics*, Springer International Publishing, 2016.
182. The Catholic Church in the European Union, *Robotisation of Life Ethics in view of new challenges*,
http://www.comece.eu/dl/olOrJKJKKMLLJqx4KJK/Robotization_of_life_final_version_.pdf [dostęp: 30.03.2020].
183. The global labour income share and distribution. Data Production and Analysis Unit, ILO Department of Statistics,
<https://www.ilo.org/ilostat-files/Documents/Labour%20income%20share%20and%20distribution.pdf> [dostęp: 13.04.2022].
184. Tinbergen J., *Income Distribution: Analysis and Policies*, North-Holland Publishing Company, Amsterdam 1975.
185. Turing A.M., I.—COMPUTING MACHINERY AND INTELLIGENCE, “Mind” 1950, Volume LIX, Issue 236.
186. Turja T., Oksanen A., *Robot Acceptance at Work: A Multilevel Analysis Based on 27 EU Countries*, “International Journal of Social Robotics” 2019, vol. 11. Li D., Rau P., Li Y., *A Cross-cultural Study: Effect of Robot Appearance and Task*, “International Journal of Social Robotics” 2010, vol. 2.
187. Ulewicz R., Mazur M., *Economic Aspects of Robotization of Production Processes by Example of a Car Semi-trailers Manufacturer*, "Manufacturing Technology" nr 19(6), 2019.
188. UNCTAD Annual Report 2016,
https://unctad.org/en/PublicationsLibrary/dom2017_en.pdf [dostęp: 29.05.2020].
189. United Nations Conference on Trade and Development, *Trade and development report 2017. Beyond austerity: towards a global new deal*,
https://unctad.org/system/files/official-document/tdr2017ch3_en.pdf [dostęp: 03.06.2021].
190. United Nations Global SDG Database, 2022, SDG indicator metadata,
<https://unstats.un.org/sdgs/metadata/files/Metadata-10-04-01.pdf> [dostęp: 03.08.2022].
191. Wallen J., *The history of the industrial robot*, Department of Electrical Engineering Linköpings universitet, Linköping 2008.

192. Walsh, T. (2018). Expert and non-expert opinion about technological unemployment, "International Journal of Automation and Computing" 15(5), 637-642.
<https://doi.org/10.1007/s11633-018-1127-x>.
193. Westerlund L., The Extended Arm of Man – A History of the Industrial Robot, Informationsförlaget, Stockholm 2000.
194. Wisskirchen G. i in., Artificial Intelligence and Robotics and Their Impact on the Workplace, IBA Global Employment Institute, Londyn 2017.
195. Wolter M.I. i in, Economy 4.0 and its labour market and economic impacts, "IAB Forschungsbericht" 2016, nr 13.
196. World Development Report 2016: Digital Dividends,
www.worldbank.org/en/publication/wdr2016 [dostęp: 20.04.2022].
197. Woudenberg F., An Evaluation of Delphi, "Technological Forecasting & Social Change" nr 40, 1991.
198. Zamorska K., Pięć rewolucji przemysłowych – przyczyny, przebieg i skutki (ujęcie historyczno-analityczne), "STUDIA. Biuro Analiz Sejmowych" 2020, nr 3 (63).
199. Zhang P., Automation, wage inequality and implications of a robot tax, "International Review of Economics and Finance" nr 59, 2019.
200. Zinser M., How robots will redefine competitiveness,
<https://www.bcg.com/publications/2015/lean-manufacturing-innovation-robots-redefine-competitiveness> [dostęp: 23.03.2020].
201. Żurek J., Podstawy robotyzacji, Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań 2004.

Spis tabel

Tabela 1. Różnice pomiędzy robotami przemysłowymi oraz usługowymi	39
Tabela 2. Obszary zastosowań robotów przemysłowych	41
Tabela 3. Automatyzacja a robotyzacja w zastosowaniach	44
Tabela 4. Wybrane badania zmian udziału pracy w dochodzie	122
Tabela 5. Wyniki estymacji modelu badającego wpływ robotyzacji produkcji na udział pracy w dochodzie narodowym z wykorzystaniem estymatora uogólnionej metody momentów pierwszych różnic Arellano i Bonda	180
Tabela 6. Modele badające wpływ robotyzacji produkcji na udział pracy w dochodzie narodowym. Wyniki regresji z użyciem estymatora ważonej metody najmniejszych kwadratów	181
Tabela 7. Modele badające wpływ wydatków na badania i rozwój (R&D) na udział pracy w dochodzie narodowym. Wyniki regresji	184
Tabela 8. Modele badające wpływ wydatków na badania i rozwój (R&D) i robotyzacji na udział pracy w dochodzie narodowym. Wyniki regresji	185
Tabela 9. Wyniki estymacji modelu badającego wpływ robotyzacji produkcji na wartość wskaźnika udziału decyli 1 do 5 w dochodzie z pracy z wykorzystaniem estymatora uogólnionej metody momentów pierwszych różnic Arellano i Bonda	188
Tabela 10. Modele badające wpływ robotyzacji produkcji na stosunek udziału decyla 9 do 1 w podziale dochodu z pracy. Wyniki regresji z użyciem estymatora ważonej metody najmniejszych kwadratów	190

Spis wykresów

Wykres 1. Sprzedaż robotów przemysłowych na świecie (tys. sztuk)	136
Wykres 2. Liczba zainstalowanych robotów w przeliczeniu na 10,000 pracowników produkcyjnych, 2019	138
Wykres 3. Średnie ceny jednostkowe robotów przemysłowych w wybranych krajach, 1990-2019 (tys. USD)	139
Wykres 4. Rozkład geograficzny zapasów operacyjnych robotów przemysłowych w UE-27, 2019	140
Wykres 5. Względna specjalizacja w szerokich zastosowaniach robotów przemysłowych w UE-27, 2019	141
Wykres 6. Gęstość robotów przemysłowych dla wybranych krajów, 2005-2019	142
Wykres 7. Wskaźnik poziomu cen dla maszyn i urządzeń w wybranych krajach europejskich (2005-2019)	151
Wykres 8. Wskaźnik gęstości uzwiązkowienia dla wybranych krajów europejskich, 2005-2019	153
Wykres 9. Import dóbr i usług jako % PKB dla wybranych krajów	

europejskich, 2005-2019	154
Wykres 10. Całkowite zatrudnienie (tys. osób), wybrane kraje europejskie, 2005-2019	156
Wykres 11. Wydajność pracy w przeliczeniu na godziny pracy w wybranych krajach europejskich, 2005-2019	158
Wykres 12. Udział pracy w produkcie krajowym brutto w wybranych krajach europejskich, 2008-2019	160
Wykres 13. Udział pracy w dochodzie narodowym dla wybranych krajów europejskich, 2005-2019. Podział ze względu na klastry	167
Wykres 14. Udział dochodów z pracy górnych 5 górnych oraz 5 dolnych decyli, wybrane kraje europejskie, 2019	169
Wykres 15. Relacja decyla dziewiątego do pierwszego w rozkładzie dochodów z pracy, 2005-2019. Podział ze względu na klastry	170
Wykres 16. Zależność między udziałem pracy w dochodzie narodowym i opóźnionymi wartościami tej zmiennej	187
Wykres 17. Zależność między wartościami wskaźnika udziału decyla 9 do decyla 1 w dochodzie z pracy i opóźnionymi wartościami tej zmiennej	191
Wykres 18. Gęstość robotów przemysłowych dla wybranych krajów europejskich, 2005-2021	199

Spis rysunków

Rysunek 4.1. Grupowanie hierarchiczne krajów (metodą Warda) ze względu na nastawienie do robotów i kontakt z nimi w miejscu pracy, 2017	145
Rysunek 4.2. Grupowanie hierarchiczne krajów (metodą kompletnego połączenia) ze względu na zagęszczenie robotów w wybranych krajach europejskich, 2005-2019	147
Rysunek 4.3. Porównanie wyników z wykorzystaniem różnych metod łączenia krajów w klastry ze względu na zagęszczenie robotów, 2005-2019	148
Rysunek 4.4. Porównanie wyników grupowania hierarchicznego dla metody kompletnego połączenia oraz połączenia Warda	149
Rysunek 4.5. Grupowanie hierarchiczne krajów (metodą Warda) ze względu na wybrane cechy rynków pracy, 2005-2019	162
Rysunek 4.6. Weryfikacja istotności różnic w średniej wartości zagęszczenia robotów dla grupy numer 1 oraz 3 za pomocą testu Welcha	163
Rysunek 4.7. Charakterystyka grup wydzielonych metodą Warda	165
Rysunek 4.8. Korelacje pomiędzy udziałem pracy w dochodzie narodowym oraz wybranymi zmiennymi dla grup krajów zgrupowanych hierarchicznie ze względu na cechy rynków pracy	173
Rysunek 4.9. Korelacje pomiędzy propozycjami zmiennych oddziałujących na udział pracy w dochodzie narodowym dla wybranych krajów europejskich	174
Rysunek 5.1. Wykresy diagnostyczne dla modeli badających wpływ robotyzacji produkcji na udział pracy w dochodzie narodowym	183

Aneks

Załącznik 1. Wyniki testów Shapiro-Wilka dla zmiennych, które zostały poddane analizie w Rozdziale 4.

Udział pracy w dochodzie narodowym: dla wszystkich rozpatrywanych grup nie ma podstaw do odrzucenia hipotezy o normalności rozkładu badanych danych. Analogiczną hipotezę zweryfikowano dla wartości uśrednionych po kraju³³⁸, również otrzymując wyniki świadczące o braku podstaw do odrzucenia hipotez o normalności rozkładów.

Grupa 1: dla danych nie poddanych transformacji: $W = 0.98749$, $p\text{-value} = 0.44$;

dla wartości uśrednionych po kraju: $W = 0.98245$, $p\text{-value} = 0.18$.

Grupa 2: dla danych nie poddanych transformacji: $W = 0.95057$, $p\text{-value} = 0.05$;

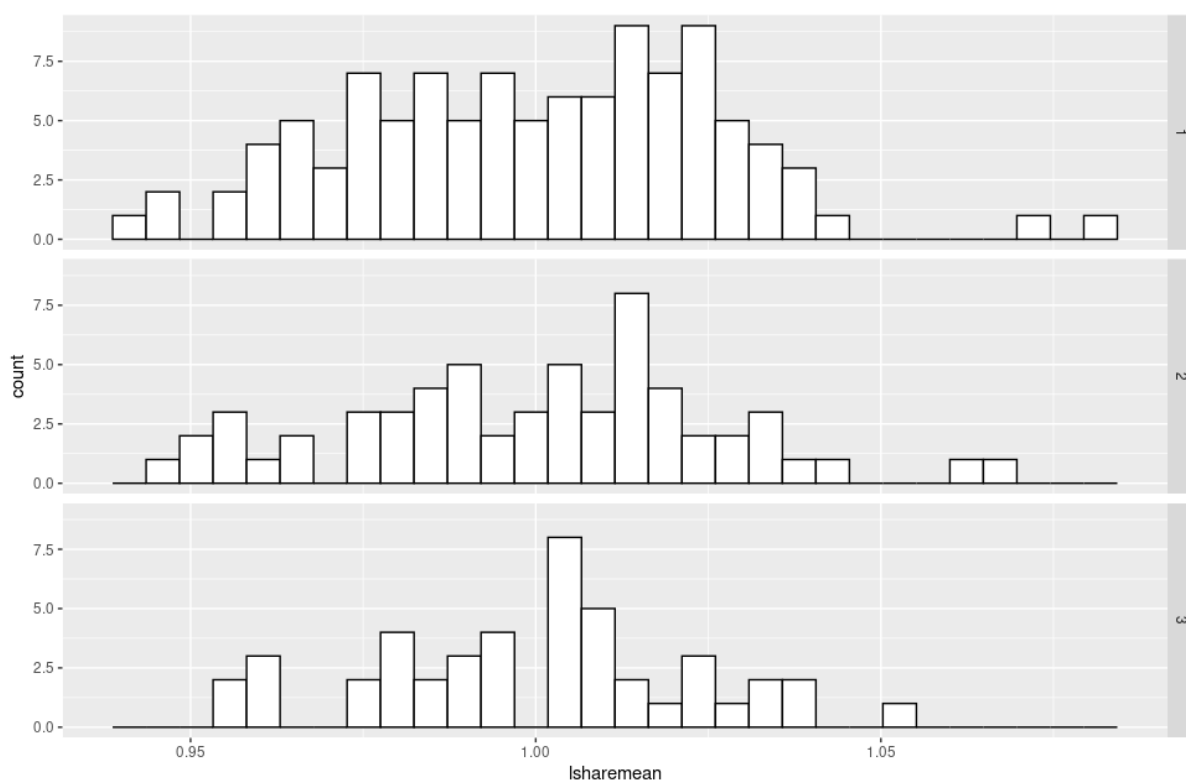
dla wartości uśrednionych po kraju: $W = 0.98024$, $p\text{-value} = 0.44$.

Grupa 3: dla danych nie poddanych transformacji: $W = 0.9706$, $p\text{-value} = 0.30$

dla wartości uśrednionych po kraju: $W = 0.98389$, $p\text{-value} = 0.78$.

³³⁸ $sharebymean = lshare / country_mean(lshare)$

Histogramy dla wartości udziału pracy w dochodzie narodowym uśrednionych po kraju



Źródło: opracowanie własne.

Zagęszczenie robotów przemysłowych: testy Shapiro-Wilka dla danych nie poddanych transformacji jedynie w przypadku grupy 3. nie dały podstaw do odrzucenia hipotezy o normalności rozkładu danych. Najlepsze wyniki uzyskano dla transformacji $x^{(1/3)}$.

Grupa 1: dla danych nie poddanych transformacji: $W = 0.97283$, $p\text{-value} = 0.03$.

Dla danych poddanych transformacji $x^{(1/3)}$: $W = 0.98662$, $p\text{-value} = 0.38$.

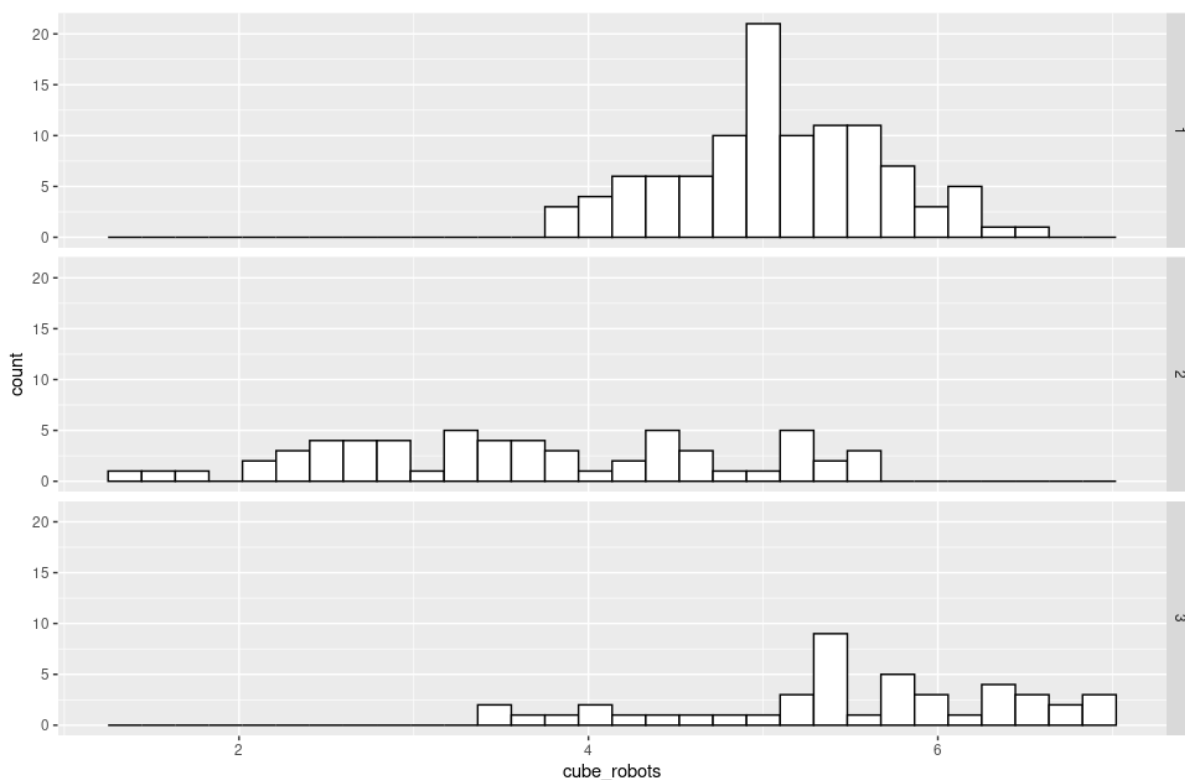
Grupa 2: dla danych nie poddanych transformacji: $W = 0.88674$, $p\text{-value} = 4.471e-05$.

Dla danych poddanych transformacji $x^{(1/3)}$: $W = 0.96804$, $p\text{-value} = 0.12$.

Grupa 3: dla danych nie poddanych transformacji: $W = 0.96829$, $p\text{-value} = 0.25$.

Dla danych poddanych transformacji $x^{(1/3)}$: $W = 0.95514$, $p\text{-value} = 0.08$.

Histogramy dla wartości zagęszczenia robotów przemysłowych poddanych transformacji $x^{(1/3)}$



Źródło: opracowanie własne.

W przypadku pozostałych zmiennych analizowano wartości poddane transformacji (udział pracy w PKB) bądź uśrednione po kraju (dla pozostałych). Wyniki zostały umieszczone w poniższej tabeli.

Wyniki testów Shapiro-Wilka dla pozostałych zmiennych

	Grupa 1	Grupa 2	Grupa 3
Udział pracy w PKB	W = 0.968 p-value = 0.06	W = 0.938 p-value = 0.07	W = 0.959 p-value = 0.20
Zatrudnienie	W = 0.98922 p-value = 0.57	W = 0.97756 p-value = 0.33	W = 0.96562 p-value = 0.20
Poziom uzwiązkowienia	W = 0.93852 p-value = 0.05	W = 0.9627 p-value = 0.06	W = 0.97955 p-value = 0.60
Ceny sprzętu	W = 0.98784 p-value = 0.46	W = 0.99083 p-value = 0.93	odrzucono hipotezę o normalności rozkładu

R&D	W = 0.98987 p-value = 0.62	W = 0.96905 p-value = 0.13	W = 0.96191 p-value = 0.14
Produktywność pracy	W = 0.98589 p-value = 0.33	W = 0.96863 p-value = 0.13	W = 0.97708 p-value = 0.51
GINI	odrzucono hipotezę o normalności rozkładu	W = 0.96616 p-value = 0.09	W = 0.98338 p-value = 0.76
Wskaźnik bezrobocia	odrzucono hipotezę o normalności rozkładu	W = 0.97483 p-value = 0.25	W = 0.96535 p-value = 0.19
GNI	odrzucono hipotezę o normalności rozkładu	odrzucono hipotezę o normalności rozkładu	W = 0.96414 p-value = 0.18

Źródło: opracowanie własne.

Załącznik 2. Charakterystyka zmienności propozycji zmiennych objaśniających³³⁹

Propozycja zmiennej objaśniającej	Średnia	Odchylenie standardowe	Współczynnik zmienności
Zagęszczenie robotów przemysłowych	125.3333 (41.78)	71.9217 (23.97)	57,38% (57,38%)
Zatrudnienie	11241.79 (1)	10936.49 (0.11)	97,28% (10,86%)
Poziom uzwiązkowienia	29.15286 (1)	19.38225 (0.12)	66,48% (12,00%)
Ceny sprzętu	101.4714 (1)	7.20551 (0.04)	7,10% (12,00%)
Ekspozycja na import	51.64325 (1)	18.28597 (0.07)	35,41% (7,24%)

Przyjęta wartość krytyczna dla współczynnika zmienności zmiennych objaśniających: $V_1 \geq 10\%$

Źródło: opracowanie własne.

³³⁹ Wartości w nawiasach dla danych poddanych transformacji.

Załącznik 3. Wyniki testów statystycznych dla modeli 2-7 (Rozdział 5).

Dla regresji z użyciem estymatora ważonej metody najmniejszych kwadratów:

Numer modelu	Badanie homoskedastyczności składnika losowego (Test Breuscha-Pagana)	Autokorelacja (Breusch-Godfrey/Wooldridge test)	Współczynnik zmienności losowej	Badanie normalności rozkładu składnika losowego (test Shapiro-Wilka)	Test liniowości modelu (Harveya-Colliera)
2	BP = 8.7635 p-value = 0.07	LM test = 38.372 p-value = 3.176e-07	1,72%	W = 0.96861 p-value = 0.01	HC = 2.6858 p-value = 0.01
3	BP = 3.2747 p-value = 0.51	LM test = 10.885, p-value = 0.05	1,58%	W = 0.98777 p-value = 0.81	HC = 1.2178 p-value = 0.23
4	BP = 4.3088 p-value = 0.37	LM test = 10.509 p-value = 0.06	1,87%	W = 0.98433 p-value = 0.79	HC = 1.7459 p-value = 0.09
5	BP = 9.7233 p-value = 0.05	LM test = 36.908 p-value = 6.248e-07	1,72%	W = 0.96416 p-value = 0.01	HC = 1.3752 p-value = 0.17
6	BP = 2.7947 p-value = 0.59	LM test = 26.935 p-value = 5.874e-05	1,58%	W = 0.96324 p-value = 0.08	HC = 5.512 p-value = 1.02e-06
7	BP = 3.0873 p-value = 0.38	LM test = 11.301 p-value = 0.05	1,87%	W = 0.96617 p-value = 0.21	HC = 1.8182 p-value = 0.08

Przyjęta wartość krytyczna dla współczynnika determinacji: $R^2 \geq 70\%$. Dla współczynnika zmienności losowej: $W_e \leq 15\%$. Dla współczynnika zmienności zmiennych objaśniających: $V_1 \geq 10\%$. Modele numer 2 oraz 5 zostały ocenione negatywnie ze względu na wykrytą autokorelację oraz brak normalności rozkładu składnika losowego, natomiast model numer 6 - ze względu na autokorelację. Źródło: *opracowanie własne*.

Załącznik 4. Charakterystyka i wyniki weryfikacji modelu 1 oraz 8 (Rozdział 5.).

- Wykorzystany estymator: estymator uogólnionej metody momentów pierwszych różnic Arellano i Bonda (*effect = twoways; model = onestep*).
- Charakterystyka wykorzystanych danych: zbilansowany panel; T=15, N=210.

Dla modelu numer 1:

- Uzyskane wartości resztowe (residuals):

Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.
-0.088223	-0.015245	0.002618	0.000000	0.014174	0.065275

- Wyniki przeprowadzonych testów:

Test Sargana	chisq(21) = 14 (p-value = 0.8696)
Autokorelacja (1)	normal = -2.988459 (p-value = 0.0028039)
Autokorelacja (2)	normal = 0.1029172 (p-value = 0.91803)
Test Walda dla współczynników	chisq(5) = 53.21897 (p-value = 3.0326e-10)
Test łącznej nieistotności zmiennych reprezentujących efekt czasowy (rok)	chisq(11) = 114.1047 (p-value = < 2.22e-16)

Dla modelu numer 8:

- Uzyskane wartości resztowe (residuals):

Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.
-2.53731	-0.77708	0.07976	0.00000	0.73456	2.63953

- Wyniki przeprowadzonych testów:

Test Sargana	chisq(8) = 14.8097 (p-value = 0.062953)
Autokorelacja (1)	-3.157999 (p-value = 0.0015886)
Autokorelacja (2)	-1.856661 (p-value = 0.063359)
Test Walda dla współczynników	323.013 (p-value = < 2.22e-16)
Test łącznej nieistotności zmiennych reprezentujących efekt czasowy (rok)	14592.23 (p-value = < 2.22e-16)

Załącznik 5. Wyniki testów statystycznych dla modeli 9-11 (Rozdział 5.).

Dla regresji z użyciem estymatora ważonej metody najmniejszych kwadratów:

Numer modelu	Badanie homoskedastyczności składnika losowego (Test Breuscha-Pagana)	Autokorelacja (Breusch-Godfrey/Wooldridge test)	Współczynnik zmienności losowej	Badanie normalności rozkładu składnika losowego (test Shapiro-Wilka)	Test liniowości modelu (Harveya-Colliera)
9	BP = 9.4868 p-value = 0.01	LM test = 76.089 p-value < 2.2e-16	14%	W = 0.97561 p-value = 0.05	HC = 3.423 p-value = 0.00
10	BP = 40.068 p-value = 4.19e-08	LM test = 25.725 p-value = 3.936e-07	22%	W = 0.96137 p-value = 0.05	HC = 6.1172 p-value = 1.106e-07
11	BP = 2.689 p-value = 0.26	LM test = 32.056 p-value = 1.498e-08	11%	W = 0.97873 p-value = 0.569	HC = 1.8186 p-value = 0.08

Przyjęta wartość krytyczna dla współczynnika determinacji: $R^2 \geq 70\%$. Dla współczynnika zmienności losowej: $W_e \leq 15\%$. Dla współczynnika zmienności zmiennych objaśniających: $V_1 \geq 10\%$.

Modele numer 9 oraz 10 zostały ocenione negatywnie ze względu na wykrytą autokorelację, heteroskedastyczność i nieliniowość. Dla modelu numer 11 została wykryta autokorelacja.

Źródło: *opracowanie własne.*

Załącznik 6. Lista bibliotek w środowisku programistycznym R wykorzystanych w celu wykonania obliczeń oraz przygotowania wykresów i rysunków

W celu wykonania obliczeń oraz wizualizacji danych wykorzystano poniższe biblioteki dostępne w środowisku R:

- stats - funkcje statystyczne;
- lmtest - diagnostyka liniowych modeli regresji;
- plm - modele liniowe dla danych panelowych;
- timetk - analiza szeregów czasowych;
- cluster - grupowanie hierarchiczne;
- ggplot2, gplots, hrbrthemes, factoextra, corrplot, dendextend, cowplot - wizualizacja danych;
- stargazer - tworzenie tabel regresji;
- tidyverse, dplyr - przetwarzanie danych.