

**CZY ROBOT ZABIERZE CI PRACĘ?
SEKTOROWA ANALIZA
KOMPUTERYZACJI I ROBOTYZACJI
EUROPEJSKICH RYNKÓW PRACY**

Maciej Bitner Rafal Starościk Piotr Szczerba

Autorzy:

Maciej Bitner
Rafał Starościk
Piotr Szczerba

Redakcja serii:

Sonia Buchholtz
Maciej Bukowski

Warszawski Instytut Studiów Ekonomicznych jest założonym w 2013, niezależnym i nowoczesnym think-tankiem. Specjalizujemy się w doradztwie strategicznym, analizach ekonomicznych i instytucjonalnych, a także prognozach oddziaływania polityki publicznej na gospodarkę. Łączymy profesjonalny warsztat analityczny i dociekliwość naukową z doświadczeniem zdobytym w sektorze prywatnym i publicznym.



Warszawski Instytut Studiów Ekonomicznych
(WISE Institute)

Aleje Jerozolimskie 99 lok. 18
02-001 Warszawa
tel.: +48 22 395.50.11
fax: +48 22 350.63.12
e-mail: wise@wise-institute.org.pl

www.wise-institute.org.pl

ISBN 978-83-64813-06-1

projekt graficzny – studio Temperówka
skład i łamanie – key.waw.pl

Zawarte w tej publikacji poglądy i konkluzje wyrażają opinie autorów i nie muszą odzwierciedlać oficjalnego stanowiska WISE.

STRESZCZENIE

Celem artykułu jest ocena skali zagrożeń związanych z bezrobociem technologicznym na europejskich rynkach pracy. Szacunek udziału zawodów podatnych na automatyzację w poszczególnych gospodarkach uzyskaliśmy w dwuetapowej procedurze za pomocą skonstruowanego na potrzeby badania modelu WISE SARA.

W pierwszym kroku oszacowaliśmy prawdopodobieństwo mechanizacji, automatyzacji lub robotyzacji ponad 900 zawodów wyszczególnionych w amerykańskiej bazie O*NET. Uzyskane wyniki odnieśliśmy do europejskich danych, co wymagało synchronizacji bazy O*NET ze stosowanym przez Eurostat międzynarodowym standardem klasyfikacji zawodów ISCO-08. Po konwersji zawody zostały podzielone na trzy przedziały: o wysokim, średnim oraz niskim zagrożeniu mechanizacją. Następnie, w oparciu o dane pochodzące z EU LFS (European Labour Force Survey), obliczyliśmy odsetek rynku pracy podatnego na mechanizację dla krajów UE, a także udział zawodów relatywnie wolnych od ryzyka robotyzacji. Ostatecznie sprawdziliśmy korelacje między udziałem w rynku pracy zawodów podatnych na mechanizację a innymi charakterystykami gospodarki.

Otrzymane rezultaty wskazały na silną zależność pomiędzy stopniem rozwoju gospodarczego danego państwa a udziałem zagrożonych zawodów w rynku pracy. Relatywnie najlepszą sytuacją cieszą się kraje skandynawskie i Beneluksu, podczas gdy w przypadku państw basenu Morza Śródziemnego oraz Europy Środkowo-Wschodniej odsetek zawodów podatnych na mechanizację jest znacząco wyższy. Polska znajduje się w ogonie rankingu, co sygnalizuje potencjalnie wysokie koszty społeczne procesów dostosowawczych, o ile nie zostaną podjęte odpowiednio wcześniej środki zaradcze. W świetle przeprowadzonych analiz korelacji, wysoki poziom dobrobytu, działalność innowacyjna czy wykształcenie mieszkańców sprzyjają bezpieczeństwu zatrudnienia w obliczu upowszechnienia robotyzacji w miejscu pracy.

SPIS TREŚCI

STRESZCZENIE	3
1. WPROWADZENIE	5
2. BEZROBOCIE TECHNOLOGICZNE	6
Technologia a rynek pracy	6
Co potrafi komputer?	7
3. METODYKA ANALIZ	10
4. REZULTATY ANALIZ	15
Komu robot zabierze pracę?	15
Kraje bezpieczne i zagrożone	18
Procesy związane z mechanizacją	20
5. PODSUMOWANIE	24
BIBLIOGRAFIA	25
ANEKS – WYNIKI MODELOWANIA	26

1. WPROWADZENIE

W świecie naukowym nie ma konsensusu co do tego, czy zmiana technologiczna przyczyni się do zmniejszenia popytu na pracę. Spośród prawie dwóch tysięcy ekspertów zapytanych o opinię na ten temat przez Pew Research Center (2014), niemal połowa (48%) była zdania, że upowszechnienie maszyn spowoduje przede wszystkim utratę miejsc pracy. Pozostali uważali, że łączna liczba posad w ostatecznym rozrachunku nie zmieni się lub wręcz wzrośnie – jednak nawet oni wskazywali, że technologia spowoduje zanikanie wielu zawodów lub mocny spadek popytu na nie, choć w zamian powstaną nowe branże i nowe profesje.

Zanikanie zawodów i pojawianie się nowych nie jest zjawiskiem nowym. Dobrym przykładem służy rolnictwo, które zatrudniało w USA na początku XIX wieku około 75% siły roboczej (Lebergott 1966), podczas gdy dziś jedynie 2%. Spadek zatrudnienia w tym sektorze spowodowany był głównie przez mechanizację: współcześnie jeden farmer za pomocą maszyn może wyprodukować znacznie więcej niż dziewiętnastowieczny rolnik posługujący się prostymi narzędziami. Podobnie było z innymi zawodami znanymi w przeszłości, a dziś rzadkimi, jak kowal czy bednarz. Znaczenie zmienił się także charakter tych zawodów: jedne stały się działalnością niszową (jak kowalstwo artystyczne, szewstwo), inne wymagają coraz mniej pracy fizycznej, a coraz więcej znajomości obsługi maszyn. Analogicznie, wiele popularnych dziś zawodów w przyszłości stanie się zbędne. Nawet jeżeli na ich miejsce powstaną nowe, bardziej produktywnie, proces dostosowania będzie łączył się z kosztami społecznymi wywołanymi przez bezrobocie. Pracownicy zwalniani z posad wymagających prostych czynności niekoniecznie znajdą zatrudnienie w nowych zawodach, często wymagających znajomości nowoczesnych technologii.

Głównym celem niniejszego artykułu jest identyfikacja zawodów zagrożonych automatyzacją i robotyzacją w Polsce i całej Unii Europejskiej. Ponieważ komputery i maszyny mają przewagę nad człowiekiem w wykonywaniu niektórych prac, a w innych nie potrafią zastąpić pracownika, przeanalizowaliśmy cechy zawodów, które decydują o dominacji ludzi lub robotów w miejscu pracy. Wykorzystujemy metodologię opracowaną przez Freya i Osborne'a (2013), polegającą na badaniu zależności pomiędzy charakterystykami zawodów a prawdopodobieństwem ich mechanizacji. Przyjmujemy dwudziestoletni horyzont czasowy, który ma wartość orientacyjną, z uwagi na trudność w określaniu tempa postępu technicznego. Badanie, podobnie jak inne prace na ten temat, w istotnym stopniu bazuje na ocenie eksperckiej, użytej do wstępnej oceny zawodów podatnych na automatyzację. Korzystając z danych na temat struktury zatrudnienia na europejskich rynkach pracy, porównaliśmy skalę zagrożenia skutkami mechanizacji w poszczególnych krajach oraz wskaźniki towarzyszące.

2. BEZROBOCIE TECHNOLOGICZNE

TECHNOLOGIA A RYNEK PRACY

Współczesna ekonomia w postępie technologicznym upatruje głównej siły napędzającej wzrost gospodarczy w długim okresie. Z biegiem czasu, prowadzi on do zwiększonej produkcji dóbr i usług, a w efekcie – do podniesienia się poziomu życia ogółu ludności. Naturalnie, z racji swojego charakteru, postęp technologiczny jest zjawiskiem trudnym do bezpośredniego zmierzenia.¹ Analizując dane historyczne, możemy jednak wyróżnić okresy, w których zjawiska i procesy związane z rozwojem technologii okazały się być szczególnie intensywne.

W historiografii określa się je mianem *rewolucji przemysłowych*. Zdaniem wielu obserwatorów (m.in. Rifkin 1995, Frey i Osborne 2013, Krugman 2013), świat – a szczególnie państwa rozwinięte – doświadcza obecnie efektów boomu technologicznego, związanego z rozwojem technik komputerowych i informacyjnych tj. tzw. rewolucji ICT.

Postęp technologiczny w ekonomii pracy występuje w kontekście bezrobocia technologicznego. Pojęcie to zostało po raz pierwszy użyte przez J.M. Keynesa (1930), który zwrócił uwagę, że zmiany w procesach produkcji powodować mogą destrukcję miejsc pracy szybszą niż ich kreacja. W praktyce zjawisko to ma różne oblicza: możemy wyróżnić bezrobocie technologiczne przejściowe, strukturalne i permanentne. Różnice pomiędzy tymi pojęciami polegają na różnicach w procesach dostosowawczych w średnim i długim okresie (por. Tabela 1).

Tabela 1. Rodzaje bezrobocia technologicznego a tempo likwidacji (L) i tworzenia (T) miejsc pracy

Typ bezrobocia technologicznego	Krótki okres	Długi okres
Przejściowe	$\Delta_L(n = 1) > \Delta_T(n = 1)$ $\Delta_L(n = 2) < \Delta_T(n = 2)$	$\Delta_L = \Delta_T$
Strukturalne	$\Delta_L > \Delta_T$	$\Delta_L = \Delta_T$
Permanentne	$\Delta_L > \Delta_T$	$\Delta_L > \Delta_T$

Źródło: Opracowanie własne

W krótkim okresie bezrobocie technologiczne ma negatywne skutki dla gospodarki, ponieważ oznacza ono niewykorzystany zasób siły roboczej, ale także dla społeczeństwa. Gdy maszyny zastępują proste, niewymagające dużej wiedzy zawody, zwalniani pracownicy nie mogą się odnaleźć na rynku pracy. Może to przerodzić się w szkodliwe dla gospodarki protesty, jak ruch luddystów w XIX-wiecznej Anglii: kiedy maszyny tkackie zaczęły wypierać pracowników, w akcie desperacji luddycy zaczęli niszczyć kosztowne maszyny.

Jak pokazuje Tabela 1, w długim okresie zaczynają powstawać nowe, inne niż poprzednio miejsca pracy. To druga, pozytywna, strona rewolucji technologicznej: nie przynosi ona jedynie zwolnień, ale i zatrudnienie, a także wyższe płace. Często

praca pozostaje w tych samych sektorach, a nawet przedsiębiorstwach co poprzednio, a w miejsce tych, którzy ją utracili, przyjmowani są inni, na posady o odmiennym charakterze. Ciekawym współczesnym przykładem może być rosnące wykorzystanie dronów (samolotów bezałogowych).² Obecnie stosowane są one głównie w sektorze militarnym, ale coraz bliższe wydaje się być ich cywilne wykorzystanie. Według obliczeń dokonanych przez Cowena (2013), jedna misja myśliwca F16 wymaga ścisłego współdziałania i aktywności kilkudziesięciu osób, natomiast obsługa drona wymaga ciągłej obecności – w zależności od jego wielkości i zadania – od 150 do 300 osób.

1 Model wzrostu Solowa (1956) mierzy postęp technologiczny jako różnicę pomiędzy stopą wzrostu PKB a zwiększeniem się zasobów pracy i kapitału, które mogą być precyzyjnie wyrażone ilościowo. Jest to tzw. reszta Solowa.

2 Największy sklep wysyłkowy na świecie, Amazon.com, planuje w najbliższej przyszłości wykorzystywać drony do dostarczania swoich przesyłek. Choć póki co sprzeciwia się temu amerykański rząd, upowszechnianie się tej metody w innych krajach stopniowo skłoni władze do zniesienia ograniczeń. Silna konkurencja międzynarodowa powoduje, że współcześnie niezwykle trudno powstrzymać rozprzestrzenianie się technologii za pomocą barier administracyjnych (źródło: <http://www.amazon.com/b?node=8037720011>)

Niniejsze badanie nie ma jednak na celu szacowania liczby nowych miejsc pracy tworzonych dzięki technologii, lecz skalę zagrożenia bezrobociem technologicznym, niezależnie czy będzie ono przejściowe, strukturalne czy permanentne. Z tego powodu dyskusja na temat długookresowego bilansu wprowadzania nowych technologii jest poza obszarem tego badania, którego wyniki powinny być interpretowane w kontekście średniookresowych kosztów dostosowań.

CO POTRAFI KOMPUTER?

W literaturze (np. Frey, Osborne 2013) pojawia się założenie, że prawdopodobieństwo mechanizacji zawodu związane jest z jego charakterystyką. Innymi słowy, istnieją zadania występujące na niektórych miejscach pracy, które lepiej wykonywane są przez maszyny, oraz takie, z którymi lepiej radzą sobie ludzie. Na tej podstawie, analizując cechy danego zawodu, możemy oszacować skalę zagrożenia.

Automaty mają przewagę nad człowiekiem w przypadku powtarzalnych procesów, które mogą wykonywać z jednakową dokładnością, bez poczucia braku motywacji czy znużenia. Mechanizacja procesu produkcji pozwala na wytwarzanie dużych ilości jednakowych produktów przy wyższej niezawodności i niższym koszcie niż w przypadku zatrudnienia robotników. Dobrze nadają się także do zadań przekraczających możliwości fizyczne człowieka, a także łączących się z dużym niebezpieczeństwem, gdzie zagrożone może być życie lub zdrowie pracownika.

Już od pierwszej rewolucji przemysłowej maszyny zaczęły zastępować pracowników wykonujących proste i powtarzalne prace. Od tego czasu ich umiejętności są coraz szersze: dzięki komputerom nawet czynności wcześniej uważane za będące trudnymi do skopiowania, np. związane z zaawansowaną percepcją,

okazały się być możliwymi do wykonywania przez maszyny. Przykładem służy transport. Już obecnie w wielu miastach (np. w Paryżu, Londynie) wprowadza się bezzałogowe pociągi metra, co niekiedy budzi sprzeciw związków zawodowych. Jako argumenty za komputeryzacją metra podaje się między innymi bezpieczeństwo, wyższą częstotliwość kursowania i ograniczenie ryzyka związanego z pracownikami, np. brak ryzyka strajku maszyn (The Economist 2011). Szeroko dyskutowaną możliwością są samochody sterowane komputerowo bez pomocy kierowcy. Nad takim rozwiązaniem pracują obecnie wszystkie koncerny samochodowe oraz niektóre korporacje technologiczne. Przykłady te dowodzą, że zdolności maszyn są coraz większe, a w coraz większej liczbie obszarów radzą sobie one lepiej niż ludzie.

Istnieją jednak wciąż zawody, w których pracownicy nie muszą bać się konkurencji automatów. Dotyczy to zwłaszcza prac wymagających kreatywności, nieszablonowego myślenia i poszukiwania niestandardowych rozwiązań. Ludzie sprawdzają się dobrze także w zawodach wiążących się z kontaktami społecznymi oraz wymagającymi kompetencji interpersonalnych takich jak umiejętność perswazji, negocjacji czy wrażliwość społeczna. Obecnie maszyny jeszcze nie radzą sobie także dobrze z koordynacją międzykończynową, a także z zadaniami wymagającymi precyzji i sprawności w operowaniu przedmiotami.

Aby nadać analizom bardziej ilościowego charakteru, umożliwiającą konstrukcję modelu ekonometrycznego prognozującego prawdopodobieństwo mechanizacji poszczególnych zawodów, należy zinterpretować zakres zadań przypisanych do poszczególnych zawodów. Na potrzeby artykułu posłużyliśmy się opisami zawartymi w amerykańskiej bazie O*NET (por. Ramka 1). W kolejnym kroku opisujemy użyte metody ekonometryczne, a następnie prezentujemy ostateczną postać funkcyjną skonstruowanego na potrzeby niniejszej analizy modelu ekonometrycznego WISE SARA (Sektorowa Analiza Robotyzacji i Automatyzacji).

Tabela 2. Cechy sprzyjające i niesprzyjające zastępowaniu pracowników przez maszyny

Cechy sprzyjające zastąpieniu przez maszyny	Cechy trudno zastępowalne przez maszyny
<ul style="list-style-type: none"> • powtarzalność, algorytmizacja • postępowanie według wzoru • wymaganie dużej siły fizycznej • praca w niebezpiecznych warunkach 	<ul style="list-style-type: none"> • oryginalność, kreatywność • umiejętności społeczne • wymaganie koordynacji ruchowej • praca w nietypowych warunkach

Źródło: Opracowanie własne

Ramka 1. Baza zawodów O*NET

Finansowana przez amerykański Departament Pracy, publicznie dostępna baza O*NET zawiera opisy ponad 900 zawodów, zawierające m.in. wymagania co do edukacji, umiejętności i doświadczenia pracowników, opisy zadań oraz narzędzi pracy. Dla każdego zawodu przedstawiono dane na temat przydatności 35 umiejętności (*skills*) oraz 52 zdolności (*abilities*). Na potrzeby modelu WISE SARA wybrano 11 z nich (por. Tabela 3).

Wstępnej selekcji cech dokonano, korzystając z podziału zaproponowanego przez Osborna i Freya (2013) – których badanie stanowiło inspirację dla naszej analizy – oraz pracy Brynjolfsson i McAfee 2014. Naszym celem było wyselekcjonowanie tych cech, które najmocniej chronią pracownika przed potencjalną substytucją przez maszyny. Cechy te zostały w kolejnym kroku wykorzystane jako zmienne objaśniające w modelu ekonometrycznym WISE SARA. Statystycznie istotne okazały się 4 spośród 11 kryteriów.

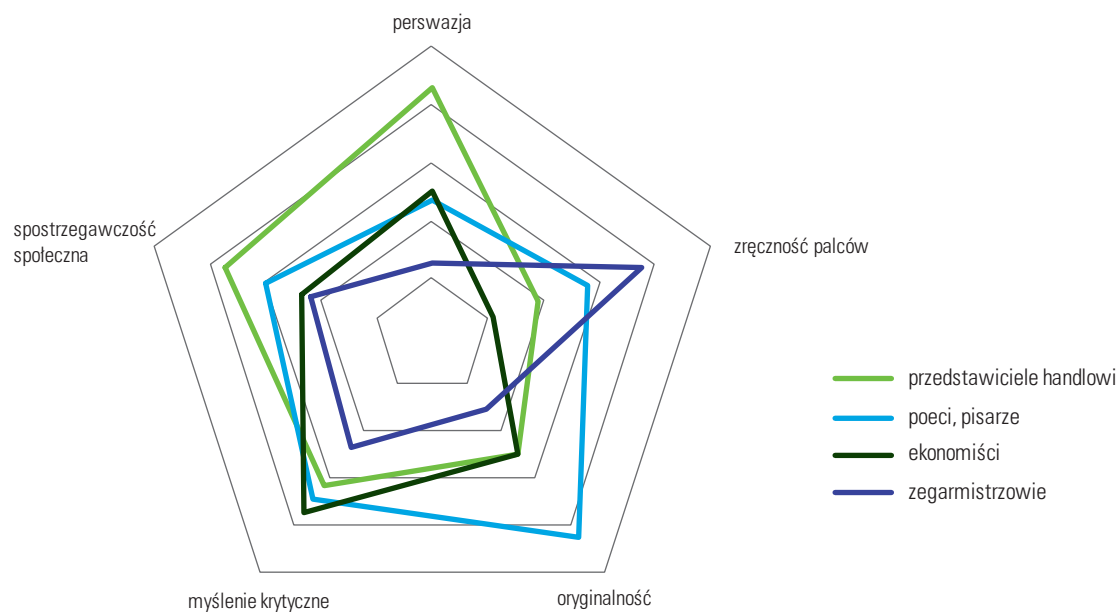
Tabela 3. Wybrane cechy zawodów wg bazy O-NET

cecha	opis	zastosowanie w modelu
spostzegawczość społeczna	świadomość reakcji innych osób oraz zdolność do rozumienia interakcji społecznych	NIE
perswazja	zdolność przekonywania innych osób do swoich racji, skłonienie do działania zgodnego ze swoimi interesami	TAK
mediacja	zdolność do doprowadzenia różnych grup osób do zgodności interesów, pogodzenia ich racji ze sobą	NIE
zręczność palców	zdolność do wykonywania precyzyjnych ruchów dłońmi, służąca chwytaniu, przenoszeniu, montażu wyjątkowo małych przedmiotów	TAK
zręczność manualna	zdolność do szybkiego i precyzyjnego poruszania ręką bądź dwiema rękami w celu chwytania, operowania albo montażu przedmiotów.	NIE
oryginalność	zdolność do proponowania nieszablonowych pomysłów albo idei dotyczących danej sytuacji, bądź danego tematu oraz zdolność do znajdowania nowych metod rozwiązania problemu.	TAK
sztuki piękne	znajomość teorii oraz technik wykorzystywanych przy komponowaniu muzyki, rzeźbiarstwie, tańcu oraz filmie.	NIE
asystowanie i pomoc innym ludziom	zapewnianie osobistego wsparcia i uwagi (zarówno medycznego, jak i psychicznego) różnym grupom ludzi: pacjentom, klientom itp.	NIE
ciasne, zatłoczone stanowisko pracy	konieczność pracy w zatłoczonej przestrzeni lub w pomieszczeniach o ograniczonym polu manewru.	NIE
myślenie krytyczne	zdolność do stosowania logicznego myślenia oraz ustrukturyzowanego toku rozumowania w celu identyfikacji mocnych i słabych stron zaproponowanego rozwiązania bądź podejścia do problemu.	TAK
wrażliwość problemowa	zdolność do identyfikacji sytuacji, w której coś jest niewłaściwe, albo istnieje ryzyko, że będzie niewłaściwe bądź złe. W tej kategorii nie zawiera się rozwiązanie problemu, tylko jego identyfikacja	NIE

Ramka 1. Baza zawodów O*NET (cd.)

Do modelu WISE SARA wykorzystano informacje na temat głównych charakterystyk zawodów, z których każdy jest w niej scharakteryzowany przez zestaw cech, o ilościowo wyrażonym natężeniu. Przykładowy opis zawiera Wykres 1

Wykres 1. Porównanie wybranych zawodów pod względem wybranych cech bazy O*NET



Źródło: Opracowanie własne na podstawie bazy O*NET

3. METODYKA ANALIZ

Celem prowadzonych analiz było oszacowanie prawdopodobieństwa mechanizacji poszczególnych zawodów, zatem trafnym wydaje się być zastosowanie modeli ekonometrycznych przeznaczonych do analizy zmiennych jakościowych. Z uwagi na to, że wartości przyjmowane przez zmienną objaśnianą można potraktować dychotomicznie (zawód zostanie zmechanizowany lub nie), ostatecznie zdecydowaliśmy się na zastosowanie modelu logitowego. Jego najważniejsze opisujemy poniżej.

1. Obserwowalną jakościową zmienną objaśnianą Y można utożsamiać z zero-jedynkową realizacją zmiennej ciągłej Y^* , która z zasady jest nieobserwowalna. Dlatego często bywa ona określana jako tzw. zmienna ukryta. W przypadku modelu skonstruowanego na potrzeby niniejszego badania, Y^* może być rozumiana jako właśnie prawdopodobieństwo automatyzacji zawodu – przy czym tego prawdopodobieństwa nie da się określić – możemy tylko uznać, że zawód zostanie albo nie zostanie zautomatyzowany, a zatem, odpowiednio: $Y=1$ albo $Y=0$.

Formalizując powyższe rozważania, można zapisać model zmiennej jakościowej jako:

$$Y_i^* = \beta_0 + \sum_{j=1}^k \beta_j X_{ij} + u_i$$

gdzie

$$Y=1 \text{ gdy } Y^* > 0,5 \text{ oraz } Y=0 \text{ gdy } Y^* < 0,5$$

2. Jeśli dodatkowo u_i ma rozkład logistyczny, to mamy do czynienia z modelem logitowym. W modelu logitowym dla każdej przyjmowanej wartości w przypadku zmiennych objaśniających X_j , Y przyjmuje wartości z przedziału $[0,1]$. Natomiast chcąc wyrazić prawdopodobieństwa zdarzenia sprzyjającego - w tym przypadku podatności zawodu na automatyzację – posłużymy się wzorem:

$$p_i = \frac{\exp(Z_i)}{1 + \exp(Z_i)}$$

gdzie

$$Z_i = \beta_0 + \beta_1 X_{i,1} + \dots + \beta_k X_{i,k}$$

3. Estymacja modelu logitowego wykorzystuje fakt, iż jest to model nieliniowy. Dodatkowo, wartości p_i są nieobserwowalne – znamy jedynie dychotomiczne wartości Y . Dlatego, w przypadku modelu logitowego do estymacji stosujemy Metodę Największej Wiarygodności (MNV), (por. Gruszczynski 2013). Jej istota polega na maksymalizacji logarytmu tzw. funkcji wiarygodności.

4. Warto pamiętać, że oszacowania parametrów β_j modelu logitowego nie mają prostej interpretacji ekonometrycznej – inaczej niż chociażby w przypadku klasycznego modelu regresji liniowej szacowanego Metodą Najmniejszych Kwadratów (MKN). Interpretowany może być wyłącznie znak przy ocenie parametru, mówiący o kierunku wpływu regresora na zmienną objaśnianą:

- Dla dodatniego β_j wzrost X_j jest związany ze wzrostem szansy, że $Y=1$, natomiast spadek X_j skutkuje wzrostem prawdopodobieństwa, że $Y=0$
- Dla ujemnego β_j wzrost X_j jest związany ze spadkiem szansy, że $Y=0$, natomiast spadek X_j skutkuje wzrostem prawdopodobieństwa, że $Y=1$

Aby móc traktować parametry β_j jako czynniki wpływające na prawdopodobieństwo wystąpienia zjawiska Y , konieczne jest obliczenie ich efektów krańcowych, które tłumaczą, jak przyrost wartości każdej ze zmiennych objaśniających wpływa na prawdopodobieństwo przynależenia do każdej z dwóch grup dwumianowej zmiennej objaśnianej. Efekt krańcowy dla j -tej zmiennej dany jest wzorem:

$$\frac{\partial p_i}{\partial X_{i,j}} = \beta_j \frac{\exp(\beta_0 + \beta_1 X_{i,1} + \dots + \beta_k X_{i,k})}{[1 + \exp(\beta_0 + \beta_1 X_{i,1} + \dots + \beta_k X_{i,k})]^2}$$

Łatwo zauważyć, że efekt krańcowego wpływu zmiennej X_i na zmienną objaśnianą nie jest stały, ale zależy także od wartości pozostałych zmiennych objaśniających. Dlatego, w praktyce najczęściej stosuje się efekty krańcowe dla uśrednionych, wystandaryzowanych wartości zmiennych objaśniających.

Według zaprezentowanej powyżej metodologii oszacowano zależność pomiędzy cechami charakteryzującymi dany zawód a prawdopodobieństwem mechanizacji. Aby to zrobić, potrzebne jednak były wartości zmiennej Y , czyli prawdopodobieństwa mechanizacji danego zawodu. W przypadku oceny

podatności miejsc pracy na mechanizację nieobserwowalne są zarówno realizację zmiennej ukrytej Y^* , jak i zmiennych dychotomicznych, czyli $Y=1$ lub $Y=0$. Również w modelu WISE SARA nie powinno być to szczególnym zaskoczeniem – jednoznaczne zakwalifikowanie zawodu jako podatnego na automatyzację, bądź nie, jest zadaniem trudnym.

Ostatecznie przyjęto następujące metodologiczne podejście nakierowane na rozwiązanie tego problemu: w toku analizy eksperckiej przyporządkowano wartości zerojedynkowe w przypadku 90 z 923 zawartych w bazie O*NET zawodów³, stanowiących 10% całego zbioru danych, przy czym przyporządkowano $Y=1$, jeżeli dany zawód został uznany za bardzo narażony na mechanizację, oraz $Y=0$, jeżeli został uznany za bezpieczny. Te 90 zawodów zostało dobranych tak, by różniły się pod względem wartości cech, służąc reprezentatywności całej próby. Uzyskane wartości zmiennych potraktowano

jako zbiór uczący, czyli służący do oszacowania na jego podstawie parametrów β_j modelu. W ten sposób uzyskano zależność między cechami charakteryzującymi zawody a prawdopodobieństwem mechanizacji. W kolejnym kroku, korzystając z wyestymowanego wzoru, rozszerzono uzyskane rezultaty na całą dostępną próbę, dzięki czemu otrzymano prawdopodobieństwo automatyzacji dla wszystkich zawodów.

W ostatecznej postaci funkcyjnej modelu, wyszczególnione powyżej zmienne są statystycznie istotne. Test ilorazu wiarygodności został przeprowadzony ze skutkiem pozytywnym, a wszystkie zmienne objaśniające łącznie są istotne w wyjaśnianiu kształtowania się badanego zjawiska. Także liczba poprawnych predykcji oraz wartość współczynnika McFaddena świadczą o wysokiej wartości predykcyjnej modelu.

Tabela 4. Wyniki estymacji modelu SARA

Estymacja MNW z wykorzystaniem 90 obserwacji		
Zmienna zależna: dychotomiczna zmienna objaśniana obrazująca prawdopodobieństwo mechanizacji danego zawodu		
zmienna	parametr	p-value
stała	8,42	0,0001 ***
perswazja	-2,71	0,0003 ***
zręczność palców	-0,92	0,0145 **
oryginalność	-1,8	0,0014 ***
myślenie krytyczne	1,77	0,0217 **
Test ilorazu wiarygodności		
		0,0000 ***
Liczba poprawnych predykcji		
		81,11%
Współczynnik McFaddena – R²		
		0,36

Źródło: Opracowanie własne

³ Liczba 923 zawodów nie obejmuje tych, dla których występują braki danych w bazie O-NET. Zawody nie zostały uwzględnione w modelu.

Interpretując znaki przy oszacowaniach parametrów, łatwo zauważyć, że zarówno wyższa wartość współczynnika perswazji, większa sprawność manualna oraz oryginalność silnie ograniczają prawdopodobieństwo mechanizacji danego zawodu. Zastanawiający jest znak oszacowania parametru przy zmiennej myślenie krytyczne – prawdopodobnie jest on następstwem pewnej nieuchwyconej przez model korelacji. Warto zauważyć, że w modelu nie ma kategorii utożsamianej

bezpośrednio z umiejętnościami społecznymi, takimi jak empatia itp. Zawody, który w dużym stopniu bazują na kontakcie z człowiekiem, osiągają pomimo to raczej niewielkie wartości prawdopodobieństw mechanizacji, o czym piszemy w dalszej części artykułu. Pamiętając o braku możliwości bezpośredniego interpretowania oszacowań parametrów, policzyliśmy również średnie efekty krańcowe, które są zaprezentowane w Tabeli 5.

Tabela 5. Efekty krańcowe dla modelu WISE SARA

cecha	efekt krańcowy
Perswazja	-0,67
Zręczność palców	-0,22
Oryginalność	-0,44
Myślenie krytyczne	0,44

Źródło: Opracowanie własne

Największy wpływ na prawdopodobieństwo mechanizacji ma wartość zmiennej *perswazja* – zakładając uśrednione wartości pozostałych zmiennych objaśniających, zmiana jej wartości o 1 jednostkę powoduje spadek prawdopodobieństwa mechanizacji o 0,67. Warto zauważyć także, że efekty powiązane z cechami *oryginalność* oraz *myślenie krytyczne* praktycznie się znoszą. Nie oznacza to jednak, że zmienne te nie wpływają na wynik – natężenie tych cech w poszczególnych zawodach nie jest przecież identyczne. Z trzech cech, które zmniejszają prawdopodobieństwo mechanizacji względnie najmniejszą przeszkodą jest zręczność palców, co jest zgodne z intuicją: łatwiej wyobrazić sobie robota zastępującego zegarmistrza niż negocjatora albo artystę.

Pozostałe cechy wymienione w Tabeli 3 okazały się nieistotne. Jest to zaskakujące przede wszystkim w przypadku takich umiejętności, jak wrażliwość problemowa, mediacja czy sztuki piękne. Możliwe, że brak zależności w przypadku pierwszej wynika z faktu, że te cecha opisuje nie tylko zawody takie jak psycholog, ale również mniej kojarzące się z wrażliwością problemową, jak drukarz. Z kolei nieistotność kryteriów takich jak mediacja i sztuki piękne wydaje się uzasadniać stosunkowo rzadkie zastosowanie w pełnym wymiarze.

Model WISE SARA pozwolił oszacować prawdopodobieństwa automatyzacji każdego z 923 zawodów bazy O*NET,⁴ co umożliwiło nam przeniesienie otrzymanych rezultatów na grunt polskich i europejskich realiów gospodarczych. Konwersja od amerykańskiego do europejskiego standardu opisu zawodów wymagała jednak przeprowadzenia dodatkowej procedury, którą opisujemy w Ramce 2.

⁴ Szczegółowe zestawienie prawdopodobieństw automatyzacji zawodów z bazy O*NET znajduje się w Aneksie.

Ramka 2. O-NET vs. ISCO-08

Aby odnieść otrzymane w modelu prawdopodobieństwa do liczby pracowników w każdym z zawodów, wykorzystano dane z badania European Labour Force Survey (EU LFS). Jest to badanie przeprowadzane we wszystkich krajach UE oraz kilku spoza, dostarczające informacji na temat zawodów, czasu pracy, zarobków itd.

Podstawowym problemem, z jakim musieliśmy się zmierzyć, jest mała w porównaniu do bazy O*NET szczegółowość klasyfikacji zawodów stosowana w jedynym ogólnoeuropejskim badaniu rynku pracy EU LFS. Bazuje ona na opracowanym przez ILO (International Labour Organization) standardzie ISCO-08, który w wersji trzycyfrowego kodu zapewnia tylko około 130 specjalizacji. Mimo tego faktu, dokonano sparowania zawodów z bazy O*NET z ich odpowiednikami w standardzie ISCO-08. Tam, gdzie dokładne dopasowanie okazało się niemożliwe, występowała relacja jeden do wielu – wynikająca bezpośrednio z ilościowej proporcji – zastosowano klasyfikację poprzez wybór najbardziej charakterystycznego zawodu z bazy O*NET, bądź stosowano wartości uśrednione. Ostatecznie, udało się uzyskać wartości prawdopodobieństw automatyzacji dla zawodów według klasyfikacji stosowanej w Polsce i UE, co umożliwiło nam analizę nadchodzących zmian na rynku pracy.

W tym miejscu warto wspomnieć o dwóch problemach, które wiążą się ze stosowaniem danych pochodzących z europejskiego badania EU LFS. Mianowicie, jak już zostało to wspomniane, relatywnie mała szczegółowość stosowanego w badaniu standardu ISCO-08 wymusiła niekiedy uśrednianie prawdopodobieństw, w celu zapewnienia porównywalności wyników. Tym zjawiskiem można tłumaczyć zakwalifikowanie do zawodów o największym prawdopodobieństwie mechanizacji chociażby kucharzy czy monterów. Logicznie ujmując, trudno wyobrazić sobie robota przygotowującego posiłek w ekskluzywnej restauracji. Analogicznie, monter operuje często w dość nietypowych przestrzeniach, w tym zawodzie wymagana jest także pewna doza inwencji własnej. W naszym badaniu, kategoria „kucharze” obejmuje zarówno pracowników restauracji, jak i osoby pracujące w fast-foodach – wydaje się, że zadania tych ostatnich mogą być zautomatyzowane.

Drugim ograniczeniem, którego istnienia warto być świadomym, jest fakt, że EU LFS jest badaniem ankietowym gospodarstw domowych. Z tego powodu trudno zweryfikować, czy osoba podała wykonywany przez siebie zawód zgodnie z stanem faktycznym. Przykładem widocznym w Tabeli 5 jest chociażby zawód kasjera – z empirycznej obserwacji wynika, że wykonuje go zapewne dużo więcej osób. Być może duża część ankietowanych określiła się chociażby jako „sprzedawcę”, co już wpłynęło na zaburzenie wyników modelu. Podobne problemy mogą pojawić się przy porównywaniu wyników między poszczególnymi krajami – nie wszystkie wykonywane zawody mogą być jednoznacznie definiowalne, a zatem wraz z pojawieniem się różnic kulturowych możliwe są pewne odstępstwa od powszechnie przyjętej normy. Problem ten można łatwo zidentyfikować tylko w niektórych przypadkach, w badaniu przyjmujemy jednak, że odchylenia wzajemnie się znoszą.

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych na stronie Eurostatu

Wykonywane zawody podzieliśmy na 3 kategorie, zgodnie z przyjmowanymi wartościami prawdopodobieństwa mechanizacji wynikającymi z modelu SARA. Jeśli prawdopodobieństwo automatyzacji danego zawodu nie przekraczało 30%, trafiał on do pierwszej grupy: *profesji mało podatnych na automatyzację i robotyzację*. Z drugiej strony, jeśli szansa na to, że dana profesja zostanie zautomatyzowana była wyższa niż 65%, była ona kwalifikowana do grupy trzeciej: *zawodów*

mocno podatnych na zniknięcie. Analogicznie zawody, dla których wartości prawdopodobieństwa przyjmowały wartości spoza tych przedziałów, trafiały do kategorii drugiej: *zawodów umiarkowanie podatnych na automatyzację*. W skrócie powyższe założenia prezentuje Tabela 6.

Tabela 6. Podatność zawodów na automatyzację

podatność na automatyzację	prawdopodobieństwo automatyzacji
niska	[0,00;0,30]
umiarkowana	(0,30;0,65)
wysoka	(0,65;1,00]

Źródło: Opracowanie własne na podstawie wyników modelu WISE SARA

Należy pamiętać, że model SARA szacuje prawdopodobieństwo mechanizacji zawodów. Oznacza to, że nie bierze pod uwagę innych trendów, których można się spodziewać, chociażby związanych ze zmianami demograficznymi: zwiększenia zapotrzebowania na pracowników obsługi osób starszych i zmniejszenia zapotrzebowania na nauczycieli. To, że nauczyciele znaleźli się w grupie zawodów najbezpieczniejszych nie oznacza dobrych perspektyw, a jedynie, że nic im nie grozi ze strony procesów związanych z postępem technicznym. Dodatkowo, model wskazuje te zawody, które są podatne na automatyzację, co jednak nie oznacza, że musi się tak stać – przykładowo, możliwe jest zrezygnowanie z usług aktorów filmowych na rzecz animacji, jednak w tym przypadku trudno się spodziewać akceptacji widzów dla pełnego zastąpienia tradycyjnego aktorstwa przez obraz wytworzony komputerowo.

Ważnej informacji dostarcza również horyzont czasowy modelu. Ponieważ model jest oparty o pracę Freya i Osborne'a (2013), tak jak autorzy przyjmujemy perspektywę jednej do dwóch dekad. Jak zaznaczają, horyzont czasowy jest wartością przybliżoną, ponieważ dotyczy trudno przewidywalnego postępu technicznego. Przyjęcie takiego okresu motywujemy dodatkowo tym, że w krótszym czasie zmiany mają zbyt małą skalę, a w dalszej perspektywie jakiegokolwiek szacunki byłyby bardzo niedokładne ze względu na pojawienie się zupełnie nowych technologii. Frey i Osborne (2013) sugerują także, że zawody o większym ryzyku mechanizacji będą poddane zmianom wcześniej niż te bezpieczne.

4. REZULTATY ANALIZ

KOMU ROBOT ZABIERZE PRACĘ?

Dwadzieścia zawodów obecnych na polskim rynku pracy, które w świetle modelu pozostają najsilniej zagrożone mechanizacją w horyzoncie 20 lat, stanowi łącznie niemal jedną trzecią polskiego rynku pracy (Tabela 7), natomiast wszystkie, których prawdopodobieństwo automatyzacji przekracza 65%, sięga 36,12%. Oznacza to, że, zakładając reprezentatywność danych, co trzeci Polak będzie w niedalekiej przeszłości zagrożony technologicznym bezrobociem strukturalnym.

Zgodnie z intuicją, do zawodów o największej podatności na automatyzację zostały zakwalifikowane przede wszystkim profesje o niskim wymaganym poziomie kreatywności, dość powtarzalne i rutynowe, takie jak: kierowcy autobusów, robotnicy wykonujący mało zaawansowane prace, pracownicy ochrony czy kasjerzy. Zostaną oni zastąpieni przez maszyny w pierwszej kolejności – w przypadku np. kasjerów ten proces już się rozpoczął (samoobsługowe kasy w supermarketach).

Tabela 7. Dwadzieścia najliczniejszych zawodów z grupy najsilniej podatnych na automatyzację – Polska; 2011

zawód	prawdopodobieństwo automatyzacji	% rynku pracy	skumulowany % rynku pracy
Robotnicy w przetwórstwie spożywczym i pokrewni	0,985	1,50%	1,50%
Pracownicy administracyjni i sekretarze wyspecjalizowani	0,981	1,62%	3,12%
Pracownicy obrotu pieniężnego	0,977	0,90%	4,02%
Pomoce i sprzątaczk domowe, biurowe, hotelowe	0,918	2,84%	6,86%
Robotnicy pomocniczy w górnictwie i budownictwie	0,911	1,32%	8,18%
Maszyniści kolejowi, dyżurni ruchu i pokrewni	0,872	0,73%	8,91%
Kasjerzy	0,866	0,72%	9,63%
Operatorzy maszyn i urządzeń górniczych	0,851	0,90%	10,53%
Monterzy	0,823	1,55%	12,08%
Kierowcy ciężarówek i autobusów	0,810	3,21%	15,29%
Pozostali pracownicy przy pracach prostych	0,784	1,03%	16,32%
Kierowcy samochodów osobowych, dostawczych i motocykli	0,762	1,60%	17,92%
Pracownicy usług ochrony	0,699	2,79%	20,71%

Tabela 7. Dwadzieścia najliczniejszych zawodów z grupy najsilniej podatnych na automatyzację – Polska; 2011 (cd.)

zawód	prawdopodobieństwo automatyzacji	% rynku pracy	skumulowany % rynku pracy
Formiarze odlewniczy, spawacze, blacharze, monterzy konstrukcji metalowych i pokrewni	0,691	1,34%	22,05%
Operatorzy pojazdów wolnobieżnych i pokrewni	0,690	1,60%	23,65%
Operatorzy innych maszyn i urządzeń przetwórczych	0,690	0,72%	24,37%
Kowale, ślusarze i pokrewni	0,687	2,89%	27,26%
Kucharze	0,681	1,21%	28,47%
Pracownicy obsługi biurowej	0,679	2,40%	30,87%
Robotnicy produkcji odzieży i pokrewni	0,675	1,39%	32,26%

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych GUS i ELFS

Prawdopodobieństwo to można interpretować nie tylko jako szansę, że zawód całkowicie zniknie – alternatywnie można uznać, że wyraża ono część posad, które znikną w ramach danego zawodu w określonym horyzoncie czasu (kilkanaście do dwudziestu lat). Jest to zgodne z obserwacją, że zawody zazwyczaj nie znikają całkowicie. Zamiast tego, podlegają przeobrażeniom:

- niektóre zachowują swój charakter, lecz stają się niszowe, z wytwarzania powszechnych wyrobów nastawiają się na wybraną grupę klientów ceniącą tradycję: szewcy, krawcy, kowale;
- inne zamiast pracy fizycznej w coraz większym stopniu polegać będą na obsłudze maszyn: sprzątacze, robotnicy przemysłowi, pracownicy biurowi.

W obydwu przypadkach oznaczać to będzie redukcję miejsc pracy, ale także radykalną zmianę ich charakteru, co może spowodować, że osoby dotychczas je wykonujące nie będą potrafiły dłużej tego robić: obecny kierowca ciężarówki zapewne nie będzie potrafił obsługiwać systemu informatycznego zarządzającego ruchem wielu bezzałogowych pojazdów. Relatywnie bezpieczne w obliczu mechanizacji pozostają zawody zamieszczone w Tabeli 8. Zaliczamy do nich przede wszystkim kadrę kierowniczą, wysoko wykwalifikowanych specjalistów różnych branż, a także zawody, w których komunikacja interpersonalna i inne cechy społeczne odgrywają największą rolę. Łącznie profesje te stanowią prawie 28% polskiego rynku pracy,

a pokazane w tabeli 20 zawodów to 24%. Łatwo zauważyć, że zawody bezpieczne wymagają w większości wyższych kwalifikacji niż te podatne na mechanizację, wśród których można znaleźć takie, które wręcz nie wymagają żadnego przygotowania edukacyjnego (np. sprzątacze, ochroniarz). Oznacza to, że jeżeli w zawodach bezpiecznych zatrudnienie będzie się zwiększać, pojawią się problemy z zatrudnieniem osób zwalnianych, z uwagi na nieznaną specyfikę danej branży oraz zbyt niski poziom wykształcenia. Przykładowo, wyzwaniem będzie przekwalifikowanie robotników przemysłowych na specjalistów nowoczesnych branż. Z tego powodu wiele osób niedostosowanych do zmiany zawodu zostanie dotkniętych bezrobociem strukturalnym. Szansą na pracę dla osób wypieranych z pracy przez maszyny będą raczej zawody sklasyfikowane jako średnio zagrożone, ponieważ przeciętnie mają niższe wymagania.

Tabela 8. Zestawienie zawodów relatywnie bezpiecznych od ryzyka automatyzacji w Polsce

zawód	prawdopodobieństwo automatyzacji	% rynku pracy	skumulowany % rynku pracy
Dyrektorzy generalni i wykonawczy	0,001	0,86%	0,86%
Kierownicy do spraw handlu detalicznego i hurtowego	0,006	0,72%	1,58%
Kierownicy do spraw sprzedaży, marketingu i rozwoju	0,015	0,53%	2,11%
Średni personel z dziedziny prawa, spraw społecznych i religii	0,032	0,76%	2,87%
Kierownicy w górnictwie, przemyśle, budownictwie i dystrybucji	0,040	1,60%	4,47%
Specjaliści z dziedziny prawa	0,041	1,00%	5,47%
Kierownicy w instytucjach usług wyspecjalizowanych	0,045	1,23%	6,70%
Kierownicy do spraw innego typu usług	0,045	0,72%	7,42%
Kierownicy do spraw obsługi biznesu i zarządzania	0,071	1,31%	8,73%
Specjaliści do spraw sprzedaży, marketingu i PR	0,072	1,44%	10,17%
Analitycy systemowi i programiści	0,086	0,87%	11,04%
Pozostali pracownicy opieki zdrowotnej	0,118	2,11%	13,15%
Nauczyciele gimnazjów i szkół ponadgimnazjalnych	0,132	1,99%	15,14%
Specjaliści do spraw finansowych	0,133	1,51%	16,65%
Lekarze wszystkich specjalności, w tym dentyści	0,141	0,70%	17,35%
Fryzjerzy, kosmetyczki i pokrewni	0,156	0,57%	17,92%
Nauczyciele szkół podstawowych i specjaliści do spraw wychowania małego dziecka	0,207	2,15%	20,07%
Inni specjaliści nauczania i wychowania	0,275	1,07%	21,14%
Nauczyciele akademicki	0,275	0,84%	21,98%
Specjaliści do spraw administracji i zarządzania	0,291	2,08%	24,06%

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych EFLS i GUS

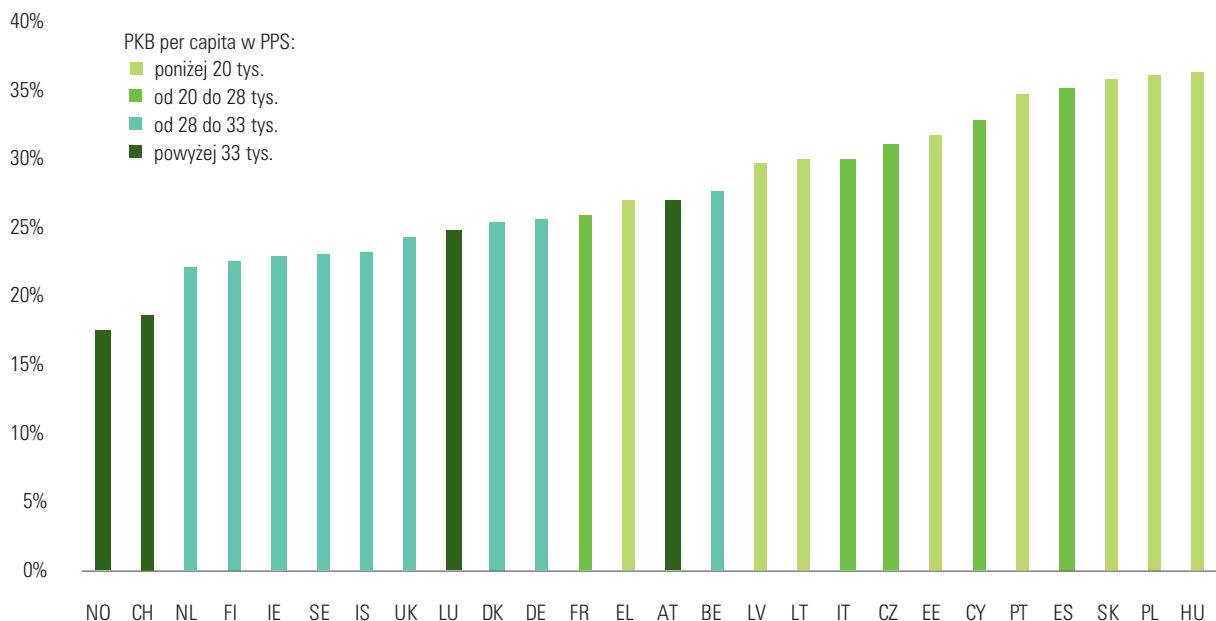
KRAJE BEZPIECZNE I ZAGROŻONE

Bazując na danych dla jednego kraju, trudno jednak dostrzec prawidłowości dostarczające istotnych wniosków dla polityki publicznej. Może ich dostarczyć zestawienie gospodarek europejskich, dzięki stosowaniu przez nie jednolitego standardu klasyfikacji zawodów ISCO-08.⁵ Ranking państw uszeregowanych względem obliczonego udziału podatnego na automatyzację rynku pracy ilustruje Wykres 2.⁶

Zróżnicowania między analizowanymi krajami są znaczące i sięgają nawet kilkunastu punktów procentowych. Na czele liderów zestawienia, czyli krajów, w których wpływ

automatyzacji powinien być w świetle WISE SARA relatywnie najmniejszy, znajduje się Norwegia, a drugie miejsce przypada Szwajcarii. W obu przypadkach odsetek zagrożonych zawodów nie przekracza 19%. Na drugim krańcu znajdują się Węgry i Polska, w których ponad 36% rynku pracy pozostaje zagrożone automatyzacją. Na wykresie 2. widać, że kraje o niższym PKB na osobę charakteryzują się wyższym odsetkiem osób mocno zagrożonych mechanizacją. Pokrywa się to w dużym stopniu z podziałem na tzw. starą i nową UE, czyli państwa, które wstąpiły w struktury unijne przed i po roku 2004. Dwa państwa najmniej zagrożone to Norwegia i Szwajcaria, bardzo bogate kraje zachodniej Europy nie należące do UE.

Wykres 2. Odsetek miejsc pracy mocno zagrożonych automatyzacją w Europie wg PKB per capita



Źródło: Opracowanie własne

⁵ Można zatem obliczyć dla prawie każdego kraju udział osób wykonujących poszczególne zajęcia w rynku pracy, bazując na danych pochodzących z LFS. Niektóre kraje (np. Rumunia i Bułgaria) posługują się w LFS dwucyfrowym standardem ISCO-08, czyli operują na bardziej zagregowanych kategoriach niż pozostałe państwa. Z uwagi na niską porównywalność wyników kraje te zostały wyłączone z analizy.

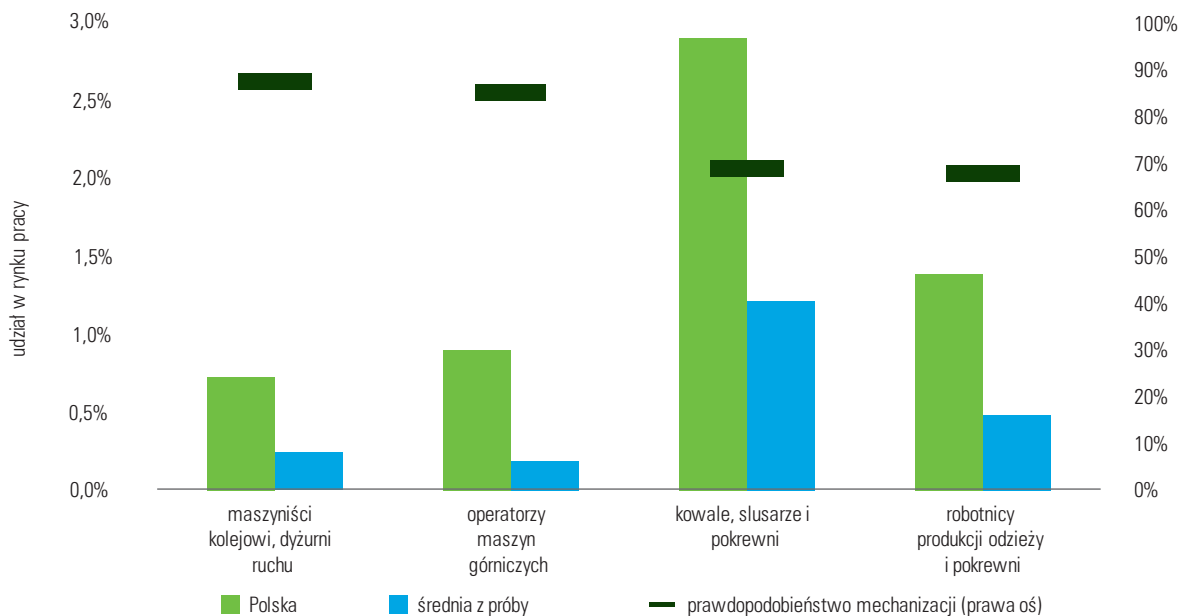
⁶ W obliczeniach przyjęto identyczne cenzusy prawdopodobieństwa mechanizacji, jak w przypadku gospodarki polskiej. Ważnym założeniem przyjętym w porównaniach międzynarodowych jest jednakowe prawdopodobieństwo mechanizacji danego zawodu w różnych krajach. W rzeczywistości między państwami mogą występować różnice. Po pierwsze, różnice w kosztach pracy sprawiają, że mechanizacja jest bardziej opłacalna w krajach, gdzie względny koszt pracy do kapitału jest wyższy. Po drugie, model nie uwzględnia szeregu czynników specyficznych dla krajów, takich jak siła związków zawodowych czy uwarunkowania polityczne.

W rankingu ewidentnie wylania się podział między zachodnią i wschodnią częścią Europy, gdzie struktury rynków pracy krajów Europy Zachodniej wydają się być mniej podatne na niszczenie miejsc pracy w związku ze zmianami technologicznymi w stosunku do wschodnich sąsiadów. Ujawnia się również rozróżnienie między krajami Północy i Południa, w których te drugie pozostają wyraźnie w ogonie zestawienia. U źródeł tej zależności znajduje się stopień zaawansowania państwa pod względem rewolucji ICT, i bardziej zaawansowane procesy dostosowawcze na rynkach pracy trwają już od pewnego czasu. Względne bezpieczeństwo nie jest skutkiem odporności na zmiany, ale właśnie tego, że zmiany już częściowo zaszły. Można to zobrazować na przykładzie rolnictwa: w Polsce ciągle wiele osób pracuje w tym sektorze: 13% siły roboczej, w porównaniu z 2% w Niemczech i 3% we Francji. Niskie zatrudnienie w krajach zachodniej Europy jest skutkiem przemian, które

zaszły już w tych państwach, podczas gdy w Polsce te zmiany zachodzą obecnie. Z tego powodu Polska może skorzystać z doświadczeń krajów rozwiniętych.

Ponieważ przyjęto jednakowe prawdopodobieństwo mechanizacji danego zawodu w każdym kraju, o różnicach decydują udziały zawodów w ogólnym zatrudnieniu. W Polsce w przypadku 2/3 zagrożonych zawodów występuje zatrudnienie wyższe niż przeciętnie w próbie. Największe różnice dotyczą zawodów pokazanych na Wykresie 3. Dwa najsilniej zagrożone (pracownicy kolejowi oraz operatorzy maszyn górniczych) są w większości zatrudnieni przez przedsiębiorstwa państwowe, co może uzasadniać dotychczasową stabilność zatrudnienia. W tych sektorach automatyzacja będzie zależała w większym stopniu od decyzji politycznych niż postępu technologicznego.

Wykres 3. Zawody zagrożone mechanizacją z największą dysproporcją w udziale w rynku pracy między Polską a całą próbą



Źródło: Opracowanie własne

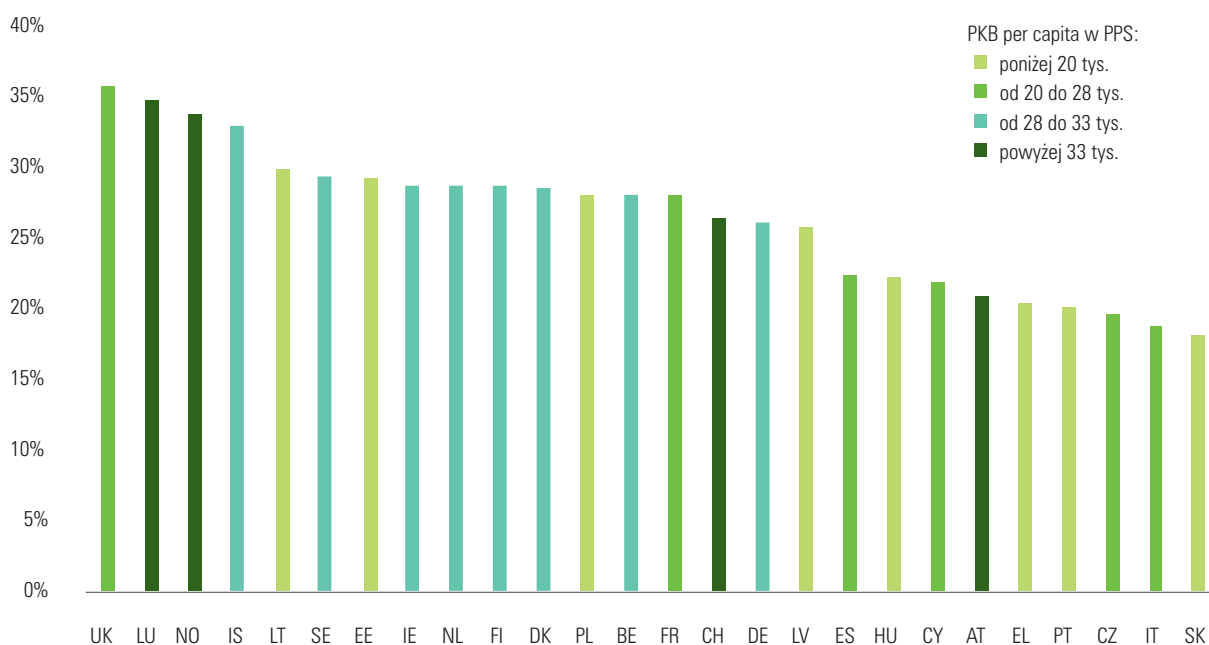
Gdy spojrzeć na europejskie gospodarki przez pryzmat udziału zawodów bezpiecznych, hipoteza o korzystnej sytuacji północnoeuropejskich rynków pracy znajduje potwierdzenie. Na czele rankingu znajduje się Wielka Brytania, w której ponad 35% rynku pracy opiera się automatyzacji. Kolejne pozycje zajmują Luksemburg, Norwegia i Islandia, w których analizowany odsetek przekracza 30%. Na przeciwległym końcu zestawienia

znajdują się Słowacja, Włochy i Czechy, z udziałem poniżej 20%. Prawidłowości północ-południe i wschód-zachód odnotowują pewne wyjątki od tej reguły. Z jednej strony, zaskakiwać może wysoka pozycja Litwy i Estonii – w przypadku rankingu zawodów podatnych państwa te znajdowały się w drugiej połowie stawki, podczas gdy tutaj zajmują pozycję w pierwszej dziesiątce. Może to świadczyć o podjętej próbie deniwelacji

różnicy rozwojowej, poprzez skupienie się na edukacji wysokiej klasy specjalistów. Wysoki procent specjalistów finansowych (3,8% siły roboczej w Estonii wobec średniej badanych krajów 1,5%), osób zajmujących się marketingiem oraz osób powiązanych z branżą PR (2,4% na Litwie wobec 0,8% średnio), czy zarządzaniem (osoby na różnych stanowiskach kierowniczych: 8,3% na Litwie, 7% na Łotwie, 5,4% średnio) może świadczyć o prawdziwości powyższej teorii. Z drugiej strony, *in minus* dziwi z kolei pozycja gospodarki niemieckiej w zestawieniu. Jest ona

wyprzedzana chociażby przez Polskę, zajmującą 12. miejsce, plasując się w środku zestawienia – wyżej niż Belgia, Francja czy Szwajcaria. Z krajów „nowej” UE lepszy wynik odnotowały jedynie Litwa i Estonia. Zadowolająca pozycja naszego kraju oznacza, że nowoczesne sektory są już stosunkowo dobrze rozwinięte. W porównaniu z pozostałymi państwami, w Polsce duży jest udział kadry kierowniczej (7,2% siły roboczej wobec 5,4% średnio).

Wykres 4. Odsetek miejsc pracy najmniej zagrożonych automatyzacją w Europie oraz PKB na osobę kraju



Źródło: Opracowanie własne

PROCESY ZWIĄZANE Z MECHANIZACJĄ

W tej części artykułu opisujemy zależności między bezpieczeństwem miejsc pracy a wybranymi danymi opisującymi gospodarkę państw. Okazuje się, że w wielu przypadkach występuje mocna korelacja oznaczająca związek pomiędzy badanymi zmiennymi a prawdopodobieństwem mechanizacji.

Analiza rankingu zawodów podatnych na likwidację pokazuje, że w jego górnej połowie plasują się przede wszystkim państwa UE powszechnie uznawane za silnie rozwinięte gospodarczo. Rozsądne wydaje się zatem postawienie hipotezy,

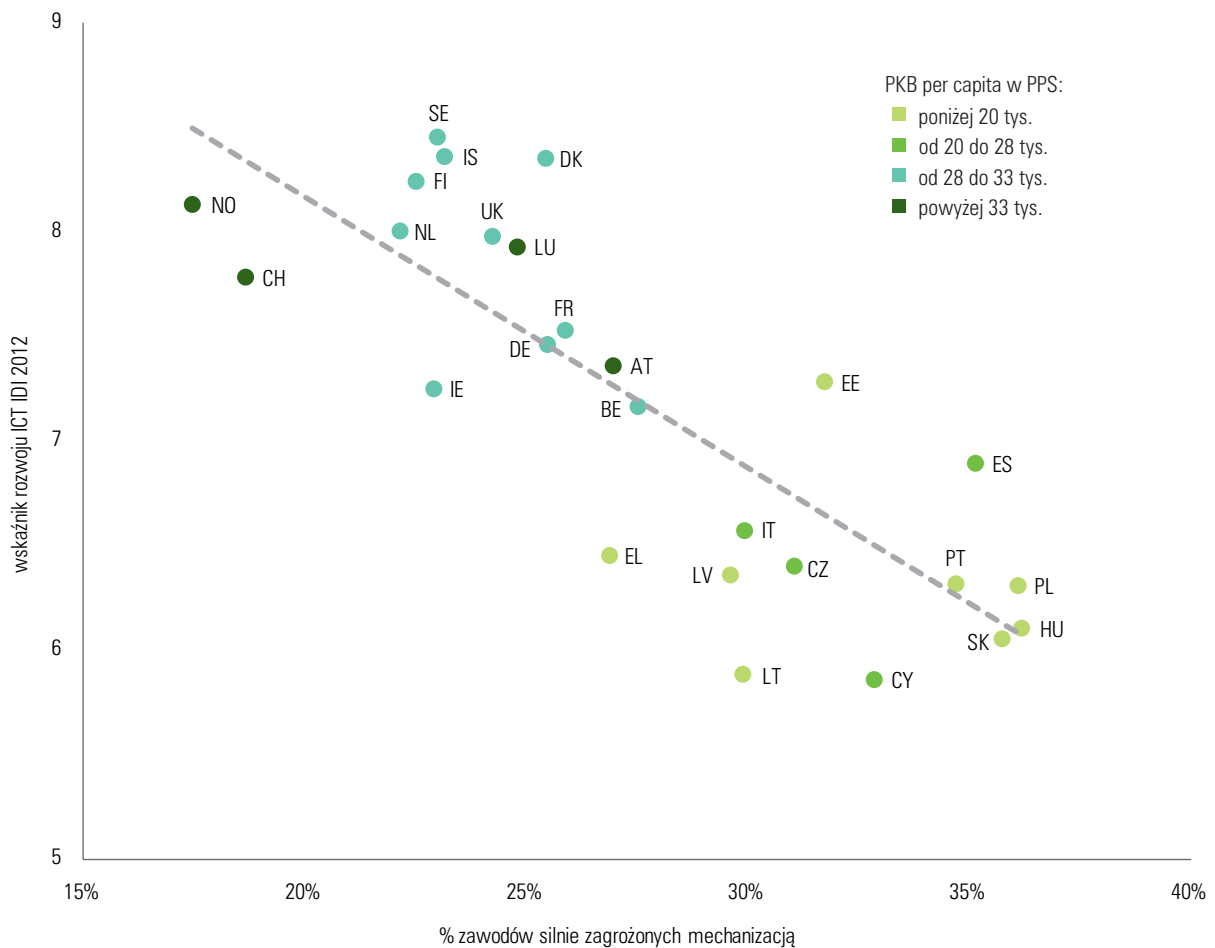
iz dzieje się tak z powodu większego zaawansowania procesu rewolucji technologicznej, a zatem doświadczyły już przynajmniej części procesów dostosowawczych na rynku pracy – stąd niższy odsetek zawodów zagrożonych. Utożsamiając poziom rozwoju gospodarczego z wartościami zmiennej PKB per capita (dane Banku Światowego, ostatni dostępny rok), obliczyliśmy współczynnik korelacji dla danej próby 26 państw UE, jego wartość wynosi -0,77, a więc pomiędzy wskazanymi zmiennymi występuje silna korelacja ujemna.

Aby potwierdzić tezę o tym, że mniej zagrożone są te państwa, w których rewolucja technologiczna jest bardziej zaawansowana, użyliśmy wskaźnika opisującego stan nowoczesnych technologii. Bardzo pomocny jest w tym przypadku

sporządzany corocznie wskaźnik IDI (*ICT Development Index*) obrazujący stopień zaawansowania rewolucji ICT w poszczególnych państwach, a zarazem umożliwiający ich porównywanie pomiędzy sobą. Hipoteza obecności związku pomiędzy analizowanymi zmiennymi jest analogiczna jak w przypadku poprzedniej korelacji. Uzyskana wartość współczynnika korelacji potwierdza tę zależność. Dla ostatnich dostępnych danych (2012) wskaźnika IDI wynosi ona dla analizowanej grupy

państw $-0,81$, co świadczy o bardzo mocnej ujemnej korelacji pomiędzy zmiennymi. A zatem, wyższy stopień zaawansowania rewolucji ICT jest tożsamy ze znacząco mniejszym udziałem zawodów zagrożonych automatyzacją. Potwierdza to porównanie z innym wskaźnikiem rozwoju technologicznego, czyli odsetkiem mieszkańców posiadających dostęp do szerokopasmowego Internetu.

Wykres 5. Korelacja między zagrożeniem mechanizacją a wskaźnikiem IDI



Źródło: Opracowanie własne

Kolejną zależnością, której warto jest się przyjrzeć, jest poziom innowacyjności danej gospodarki. Zależność pomiędzy rozwojem technologicznym a odsetkiem zawodów podatnych na mechanizację wydaje się być dość oczywista – im wyższy stopień zaawansowania technicznego oraz zasób dostępnej wiedzy w technikach produkcyjnych, tym mniej pracowników można zastąpić przez maszyny. Oprócz samej wiedzy, w procesie produkcyjnym wymagana jest także wysoko wykwalifikowana siła robocza, co w rezultacie premiuje płacowo wysokiej klasy specjalistów, niejako wymuszając w długim okresie odpowiednie procesy dostosowawcze na rynku pracy. W naszym badaniu, poziom zaawansowania technicznego jest powiązany ze zmienną obrazującą udział wydatków na działalność badawczo-rozwojową (R&D) jako odsetek PKB. Otrzymane rezultaty empiryczne – patrząc przez pryzmat współczynnika korelacji – zdają się potwierdzać powyższe teoretyczne rozważania. Wartość współczynnika wynosi $-0,60$, a więc wykazuje silną korelację ujemną. Im wyższe wydatki na badania i rozwój, tym mniejsze potencjalne zagrożenie dla rynku pracy spowodowane bezrobociem technologicznym. Podobną zależność można zaobserwować między odsetkiem zagrożonych miejsc pracy a liczbą zgłoszonych patentów, które także są wskaźnikiem innowacyjności gospodarki. Warto zauważyć, że wskaźniki innowacyjności korelują się mocno (ujemnie) z odsetkiem posad zagrożonych, ale stosunkowo słabo z odsetkiem posad bezpiecznych. Można to zinterpretować w ten sposób, że innowacyjna gospodarka tworzy również wiele miejsc pracy zakwalifikowanych do grupy średnio zagrożonych.

Kolejny badany związek dotyczy relacji związanej ze strukturą gospodarki, rozumianej jako udział poszczególnych sektorów w kreacji wartości dodanej brutto. Jako że praktycznie wszystkie państwa europejskie doświadczyły już bardzo mocnego, trwałego spadku znaczenia oraz wielkości sektora rolniczego w kreacji wartości dodanej, skupimy się na relacji pomiędzy przemysłem a sektorem usługowym. Zgodnie z dotychczas

przytoczonymi argumentami, większy udział przemysłu w kreacji wartości dodanej należałoby powiązać ze wzrostem odsetka rynku pracy podatnego na automatyzację, co obrazuje przypadek Niemiec. Wydaje się, że sektor przemysłowy jest najbardziej podatny na napływ nowych urządzeń i technologii, co w rezultacie prowadzi do zwiększonego prawdopodobieństwa substytucji człowieka przez maszyny i roboty. Dotychczas obserwowalne trendy i doświadczenia historyczne zdają się potwierdzać prawdziwość powyższych słów. Tymczasem okazuje się, że pomimo dodatniej korelacji między zmiennymi, a zatem wyższy udział przemysłu w kreacji wartości dodanej jest powiązany ze zwiększonym odsetkiem zawodów zagrożonych, to jest to relacja bardzo słaba. A zatem udział przemysłu ma wielce ograniczony wpływ na udział zawodów podatnych na automatyzację w rynku pracy. Można zatem przypuszczać, co zarazem potwierdza wcześniejsze wnioski, że udział przemysłu i usług nie ma wpływu na skalę potencjalnych zagrożeń związanych z bezrobociem technologicznym – sektor usług jest równie mocno zagrożony, podobnie jak w przypadku sektora przemysłowego, natomiast ważne jest to, jak nowoczesne są te sektory.

Z kolei związek między zagrożonymi posadami a wskaźnikami rynku pracy jest znaczny, szczególnie w przypadku współczynnika zatrudnienia, gdzie odnotowano ujemną korelację. Oznacza to, że w państwach bardziej zagrożonych uczestnictwo w rynku pracy jest mniejsze. Taka zależność jednak nie wynika prawdopodobnie z bezpośredniego wpływu, ale świadczy o tym, że gospodarki o nowoczesnej strukturze (z dużym udziałem zawodów niezastępowalnych przez maszyny), a więc te, w których rewolucja ICT jest w późniejszej fazie, mają stosunkowo lepszą sytuację na rynku pracy. Zbiorczo, wybrane korelacje są zaprezentowane w Tabeli 9.

Na ogół, podane wskaźniki mocniej korelują się z liczbą zagrożonych miejsc pracowników niż tych bezpiecznych.

Tabela 9. Współczynniki korelacji dla wybranych kombinacji zmiennych

Zmienna	korelacja z odsetkiem posad zagrożonych	korelacja z odsetkiem posad bezpiecznych
PKB per capita	-0,77	0,55
wydatki na B + R jako % PKB	-0,60	0,34
ICT Development Index	-0,82	0,68
udział przemysłu w wartości dodanej	0,10	-0,18
współczynnik zatrudnienia	-0,66	0,58
stopa bezrobocia	0,49	-0,53
% populacji 30-34 z wykształceniem wyższym	-0,65	0,55
% populacji z dostępem do szerokopasmowego Internetu	-0,64	0,60
patenty na 1 mln mieszkańców	-0,67	0,24

Źródło: Opracowanie własne

5. PODSUMOWANIE

Głównym celem badania było wyznaczenie prawdopodobieństw mechanizacji zawodów, czyli zastąpienia miejsc pracy przez komputery i maszyny w Europie, w tym w Polsce. Otrzymane rezultaty dowiodły, że pracownicy wykonujący powtarzalne, mało kreatywne prace są nią szczególnie zagrożeni. Na drugim biegunie – wśród zawodów relatywnie bezpiecznych – znajduje się kolei kadra zarządzająca, różnego rodzaju specjaliści oraz zawody związane z sektorem opieki zdrowotnej i edukacją. Zgodnie z modelem, cechy zawodów ograniczające prawdopodobieństwo mechanizacji to perswazja, zręczność palców i oryginalność, niespodziewanie myślenie krytyczne okazało się sprzyjać automatyzacji.

W kolejnym kroku umożliwiło to ilościowe oszacowanie części rynku pracy podatnego na substitucję pracowników przez maszyny i roboty. W przypadku Polski, udział zatrudnionych w zawodach podatnych na automatyzację kształtuje się na poziomie 36 procent rynku pracy, natomiast w zawodach uważanych za relatywnie bezpiecznie pracuje obecnie niespełna 28 procent obecnie zatrudnionych. Porównując rezultat Polski z pozostałymi krajami UE, nasz kraj jawi się jako szczególnie zagrożony potencjalnymi problemami, związanymi z występowaniem bezrobocia technologicznego. Oprócz czekających na każde państwo UE procesów dostosowawczych związanych z potencjalną automatyzacją, w przypadku Polski i większości państw Europy Środkowo-Wschodniej i Południowej, dochodzi jeszcze ogólne zapóźnienie technologiczne. Kraje najbardziej rozwinięte są w dalszej fazie przemian, dlatego część procesów dostosowawczych miała już tam miejsce. Z tego powodu Polska może skorzystać z doświadczenia państw najbardziej rozwiniętych.

Koniecznym zdaje się zatem podjęcie odpowiednich działań, mających na celu właściwą alokację potencjału ludzkiego polskiej gospodarki. Proces przemian będzie mniej kosztowny społecznie i szybszy, jeżeli pracownicy z najbardziej zagrożeni automatyzacją znajdą pracę nie w tych zawodach, które również są zagrożone, tylko od razu w relatywnie bezpiecznych. Niestety, zawody bezpieczne wymagają dobrego przygotowania, często kierunkowych studiów (specjaliści) lub doświadczenia (kadra zarządzająca) i podejmowanie działań takich jak szkolenia czy pośrednictwo pracy tylko częściowo złagodzą przejście.

Bazując na wynikach uzyskanych poprzez analizę wybranych korelacji, zidentyfikować można następujące możliwe działania sektora publicznego, mające na celu ułatwienie oraz przyspieszenie tego procesu. Są to: wspieranie polityki edukacyjnej, zwiększanie nakładów na badania i rozwój, czyli szerzej: pobudzanie innowacyjności gospodarki oraz wspieranie korzystnych procesów związanych z cyfryzacją oraz informatyzacją społeczeństwa, poprzez wpływanie na zwiększenie dostępności tych usług.

Z drugiej strony, wyniki analizy dostarczają interesujących informacji na temat pożądaných zmian w systemie edukacji. W świetle wyników modelu obserwowana do kilkunastu lat duża popularność wykształcenia wyższego w Polsce jest zjawiskiem korzystnym, ponieważ tworzy kadry przystosowane do pracy w zawodach zidentyfikowanych jako bezpieczne. Dodatkowo, w szkolnictwie warto zwrócić większą uwagę na umiejętności trudno zastępowalne przez maszyny, czyli perswazję, oryginalność (szkolnictwo ogólne) i zręczność palców (zawodowe), które będą stanowiły atut na szybko zmieniającym się rynku pracy. Dla edukacji zawodowej wyzwaniem jest, aby ograniczyć liczbę absolwentów przygotowywanych do zawodów zagrożonych i zwiększyć liczbę uczniów poznających zawody bezpieczne. Jednak osoby wchodzące obecnie na rynek pracy będą przechodzić na emeryturę za 40-50 lat, czyli znacznie później niż przewiduje horyzont badania i z tego powodu nawet zawody uznane przez nas za bezpieczne nie gwarantują pracy w jednym zawodzie przez całe życie.

BIBLIOGRAFIA

Brynjolfsson E., McAfee A., *The Second Machine Age: Work, Progress, and Prosperity in a Time of Brilliant Technologies*, W.W.Norton & Company 2014

Cowen T., *Average is Over: Powering America Beyond the Age of the Great Stagnation*, Dutton 2012

The Economist, *Driverless, workless*, 26.11.2011, <http://www.economist.com/node/21540284> [dostęp 25.08.2014]

Ford M., *The Lights in the Tunnel: Automation, Accelerating Technology and the Economy of the Future*, Acculant Publishing 2011

Frey C., Osborne M., *The Future of Employment: How Susceptible are Jobs to Computerisation?*, 2013

Gruszczyński M., *Mikroekonometria*, Wolters Kluwer 2013

Keynes J.M., *Economic Possibilities for our Grandchildren*

Krugman P., *The ICT Revolution Isn't Over*, http://krugman.blogs.nytimes.com/2013/10/11/the-ict-revolution-isnt-over/?_php=true&_type=blogs&_r=0 [dostęp 25.08.2014]

Pew Research Center, *AI, Robotics, and the future of jobs*, 2014

Rifkin J., *The End of Work. The Decline of the Global Labor Force and the Dawn of the Post-Market Era*, G. P. Putnam's Sons 1995

Solow R., *A Contribution to the Theory of Economic Growth*, Quarterly Journal of Economics 1956

ANEKS – WYNIKI MODELOWANIA

Tabela A. Struktura zagrożenia europejskich rynków pracy

kraj		bezpieczne	średnio zagrożone	zagrożone
Austria	AT	20,7%	52,3%	27,0%
Belgia	BE	27,9%	44,5%	27,5%
Cypr	CY	21,8%	45,3%	32,9%
Czechy	CZ	19,5%	49,4%	31,1%
Dania	DK	28,5%	46,1%	25,5%
Estonia	EE	29,1%	39,1%	31,7%
Finlandia	FI	28,6%	48,9%	22,5%
Francja	FR	27,9%	46,2%	25,9%
Grecja	EL	20,3%	52,8%	26,9%
Hiszpania	ES	22,2%	42,7%	35,1%
Holandia	NL	28,6%	49,2%	22,1%
Irlandia	IE	28,6%	48,4%	22,9%
Islandia	IS	32,8%	44,1%	23,2%
Litwa	LT	29,8%	40,4%	29,9%
Luksemburg	LU	34,6%	40,6%	24,8%
Łotwa	LV	25,7%	44,6%	29,6%
Niemcy	DE	26,1%	48,4%	25,5%
Norwegia	NO	33,6%	48,9%	17,5%
Polska	PL	28,0%	35,9%	36,1%
Portugalia	PT	19,9%	45,4%	34,7%
Słowacja	SK	18,1%	46,2%	35,8%
Szwajcaria	CH	26,3%	55,1%	18,7%
Szwecja	SE	29,3%	47,7%	23,0%
Węgry	HU	22,1%	41,7%	36,2%
Wielka Brytania	UK	35,6%	40,2%	24,2%
Włochy	IT	18,7%	51,3%	29,9%

Źródło: Opracowanie własne WISE

Jesteśmy **niezależnym, nowoczesnym think-tankiem**. Specjalizujemy się w doradztwie strategicznym, analizach ekonomicznych i instytucjonalnych, a także prognozach oddziaływania polityki publicznej na gospodarkę. Łączymy profesjonalny warsztat analityczny i docieklivość naukową z doświadczeniem zdobytym w sektorze prywatnym i publicznym.

W orbicie naszego zainteresowania mieszczą się przede wszystkim nauki społeczne ze szczególnym uwzględnieniem ekonomii i nauk o zarządzaniu. Interesuje nas zarówno rozwijanie **badania podstawowych** jak i stosowanie **ich w praktyce życia gospodarczego i społecznego** oraz bieżącej – polskiej i europejskiej – **polityce publicznej**. Naszym atutem jest wykorzystywanie i rozwijanie szerokiego **spektrum metod ilościowych**: analiz statystycznych, ekonometrii, modelowania makroekonomicznego i systemowego oraz metod analizy i przetwarzania dużych zbiorów danych (ang. Big Data).

Uważamy, że w wolnym społeczeństwie ważne decyzje publiczne powinny być poprzedzone merytoryczną i wyczerpującą dyskusją. Wartościowa debata musi służyć **wypracowaniu rozwiązań**, które, godząc w najlepszy możliwy sposób często sprzeczne interesy, będą wspierać, a nie udaremniać modernizację Polski. Taka dyskusja powinna być nie tylko transparentna i otwarta, ale też rzeczowa i merytoryczna. Dlatego w centrum naszej misji jest aktywne uczestnictwo w polskiej **debacie publicznej** oraz **włączanie w procesy decyzyjne** grup społecznych zainteresowanych przyszłością naszego kraju.

Wiedzy i doświadczeniu naszych ekspertów zaufały zarówno polskie jak i międzynarodowe instytucje publiczne i organizacje, takie jak Komisja Europejska czy Bank Światowy. Współpracujemy z administracją centralną, samorządową, firmami konsultingowymi i think-tankami, a także z największymi polskimi i międzynarodowymi przedsiębiorstwami przemysłowymi.

Specjalizujemy się w:

- zarządzaniu strategicznym,
- analizach polityki publicznych,
- makroekonomii i polityce gospodarczej,
- polityce rozwojowej,
- polityce przemysłowej,
- polityce energetycznej i klimatycznej,
- innowacyjności i edukacji,
- rynku pracy i demografii.



Warszawski Instytut Studiów Ekonomicznych (WISE Institute)

Aleje Jerozolimskie 99 lok. 18 | 02-001 Warszawa
tel.: +48 22 395.50.11 | fax: +48 22 350.63.12
e-mail: wise@wise-institute.org.pl

WWW.WISE-INSTITUTE.ORG.PL