ROZWÓJ KOMPETENCJI PRZEDSIĘBIORCZOŚCI W PROCESIE KSZTAŁCENIA PRAKTYCZNEGO STUDENTÓW SZKÓŁ WYŻSZYCH

DOI: 10.33141/po.2020.02.05

Przegląd Organizacji, Nr 2(961), 2020, s. 35-42

www.przegladorganizacji.pl

© Towarzystwo Naukowe Organizacji i Kierownictwa (TNOiK)

**Magdalena Graczyk-Kucharska,
Robert Olszewski, Maciej Szafranski,
Marek Goliński, Małgorzata Spychała**

Wprowadzenie

Obok zasobów materialnych jednym z czynników konkurencyjnych na rynku przedsiębiorstw są wartości niematerialne, w tym wiedza i kompetencje pracowników. Są one również traktowane jako zasób pozwalający na budowanie przewagi konkurencyjnej, przyczyniający się do maksymalizacji zysków i przyspieszania realizacji zamierzonych celów przedsiębiorstwa (Spychała i in., 2017, s. 933).

Dynamiczny charakter rozwoju kompetencji, a także potrzeba ich odpowiedniej konfiguracji dopasowanej do specyfiki organizacji wywołują konieczność ich ciągłego doskonalenia, tak by czerpać korzyści z zasobów wiedzy i umiejętności przedsiębiorstwa.

Wymagania przedsiębiorstw wobec wiedzy i kompetencji wymuszają w obszarze edukacji profesjonalne podejście do ich rozwoju i stosowania zaawansowanych metod przyspieszania ich nabywania. Rolą szkolnictwa wyższego jest przekazywanie wiedzy i rozwój umiejętności. Mierzenie wpływu programów edukacyjnych na rozwój gospodarki, ocena kompetencji zawodowych oraz minimalizowanie kosztów przedsiębiorstwa w pozyskiwaniu zasobów kompetencyjnych stały się interesującymi obszarami badań w ostatnich latach.

Idea przyspieszania nabywania wiedzy i kompetencji towarzyszy działaniom realizowanym w ramach inicjatywy Akceleratora Wiedzy Technicznej* (AWT) zainicjowanej na Politechnice Poznańskiej. Założeniem inicjatywy było podejmowanie i prowadzenie działań na rzecz akceleracji tworzenia zasobów wiedzy technicznej i matematyczno-przyrodniczej w społeczeństwie w celu przyspieszenia rozwoju w Wielkopolsce gospodarki opartej na wiedzy. Jednym z obszarów badań w ramach inicjatywy AWT był projekt międzynarodowy pn. „Metoda akceleracji rozwoju kompetencji przekrojowych w procesie kształcenia praktycznego studentów”, powszechnie nazywany ATC (ang. Accelerate Transversal Competences), który zrealizowano we współpracy z 6 uczelniami i 2 instytucjami biznesowymi z Polski, Finlandii, Słowacji i Słowenii¹.

W ramach realizowanego projektu dokonano oceny i analizy przyrostu wybranych kompetencji przekrojowych, takich jak: przedsiębiorczość, komunikatywność, praca w zespole i kreatywność, w kontekście projektowanych procesów z wykorzystaniem określonych metod kształcenia

praktycznego. Dobór metod kształcenia kluczowych kompetencji przekrojowych na uczelniach wyższych i ich dopasowanie do potrzeb rynku pracy jest wymagane i istotne ze względów gospodarczych i społecznych (Srikanthan, Dalrymple, 2004, s. 266). Brakuje i jak dotąd nie prezentowano w literaturze analiz, pozwalających na dyskusję wyników badań w odniesieniu do korelacji kompetencji przekrojowych względem siebie i ich wzajemnego wpływu na przyspieszanie nabywania kompetencji wymaganych przez przedsiębiorstwa na rynku pracy.

Celem artykułu jest zbadanie i scharakteryzowanie wpływu wybranych kompetencji przekrojowych na kompetencję przedsiębiorczości oraz porównanie wyników analiz z zastosowaniem dwóch metod statystycznych wykorzystujących ideę uczenia maszynowego: regresji wielorakiej oraz sieci neuronowych. Wyniki analizy mają pozwolić na weryfikację hipotezy badawczej:

H: Przyrost rozwoju wybranych kompetencji, tj. komunikatywności, pracy w zespole i kreatywności, pozytywnie wpływa na przyrost kompetencji przedsiębiorczości ze względu na możliwość ich ogólnego wykorzystania w realizacji założonych zadań.

W kolejnej części artykułu dokonano przeglądu literatury w obszarze szeroko pojętych kompetencji, kompetencji przekrojowych oraz przedsiębiorczości. Scharakteryzowano także metody badawcze wykorzystane do analiz, jak również opisano sposób zbierania i analizy danych. W ostatnich dwóch częściach zaprezentowano wyniki analiz i omówiono je pod kątem zdefiniowanego celu artykułu oraz postawionej hipotezy badawczej. Wskazano także ograniczenia zastosowania wyników oraz zaprezentowano dalsze perspektywy badawcze.

Kompetencje przekrojowe a przedsiębiorczość

W artykule kompetencje pracownika definiuje się jako wiedzę, umiejętności i postawy, które wyrażają się w zachowaniach i skutkują wykonaniem zadania na danym stanowisku pracy. Taką definicję opracował R. Boyatzis w 1982 roku, który podkreślał, że kompetencje pracownika zaspokajają wymagania na danym stanowisku pracy w ramach parametrów otoczenia organizacji,

co z kolei daje pożądane wyniki (Boyatzis, 1982, s. 738). M. Eraut (1998) wskazuje, że elementem kompetencji jest działanie, zachowanie, wynik, wiedza lub jej zrozumienie, również w kontekście kompetencji przekrojowych. W literaturze spotyka się też wiele innych ujęć kompetencji (Szafrński, 2019, s. 1007).

Kompetencje przekrojowe, powszechnie znane jako umiejętności ogólne lub interdyscyplinarne, mogą być wykorzystywane podczas realizacji różnorodnych zadań, w różnych zawodach i na różnych stanowiskach pracy (Parlament Europejski i Rada Parlamentu Europejskiego z dnia 18 grudnia 2006/962/WE), stąd ich przekrojowy charakter. Parlament Europejski wymienia następujące kompetencje przekrojowe: umiejętność uczenia się, kompetencje społeczne i obywatelskie, inicjatywność i przedsiębiorczość, świadomość i ekspresja kulturowa. Kompetencje techniczne nie są wystarczające do realizowania zadań definiowanych przez przedsiębiorstwa na rynku pracy. Konieczne jest rozwijanie kompetencji przekrojowych, które pomagają kształtować relacje między pracownikami przedsiębiorstw i otoczeniem, budować postawę przedsiębiorczości i umiejętnego oraz nieszablonowego rozwiązywania problemów. Rozwój kompetencji przekrojowych oferuje istotną wartość dodaną przy zatrudnianiu nowych pracowników i pozwala na utrzymanie spójności społecznej, co uzasadnia konieczność uczenia się przez całe życie, między innymi w odniesieniu do przystosowania się do zmian (np. zmiana miejsca pracy lub zamieszkania) i włączenia się w życie społeczne.

Z punktu widzenia studentów, kompetencje te są niezbędne do produktywnego życia i praktycznego działania. Studenci podnoszą swoje kompetencje poprzez praktyczne doskonalenie umiejętności i wykorzystywanie dotychczas zdobytej wiedzy. Kompetencje pozwalają im lepiej rozwiązywać problemy i podejmować nowe wyzwania w życiu i we współpracy z innymi osobami w społeczeństwie (Ashworth, Saxton, 1990, s. 3).

W nowej gospodarce opartej na wiedzy podkreśla się rolę technologii informatycznej i sektora informacyjnego gospodarki (Neumark, Reed, 2004, s. 4). Koncepcja nowoczesnej gospodarki, leżąca u podstaw globalizacji, odnosi się również do mobilności zasobów i siły roboczej (Hacıoğlu, Dincer, 2016, s. 29). W przypadku pracowników i w kontekście systemu edukacji powinna nastąpić zmiana narzędzi edukacyjnych tak, by swobodnie przejść ze starej gospodarki (pracochłonnej) do nowej – ekonomicznej (Rubin, 2012, s. 431). Zmiana ta wskazuje na coraz większe zapotrzebowanie na kompetencje i zasoby ludzkie, w tym kompetencje na rynku pracy. Dotyczy to przede wszystkim nie stanowisk podstawowych (np. na linii produkcyjnej), lecz stanowisk wymagających od pracowników kreatywności, przedsiębiorczości, współpracy w zespole czy komunikatywności, a zatem zwłaszcza kompetencji przekrojowych.

S. Kelly i D. Reimer (2017) zwracają uwagę na kilka kluczowych kompetencji w kontekście nowej ekonomii, Industry 4.0 i Internet of Things. Wśród nich wyróżniają m.in. przywództwo i jego rozwój, tempo i dopasowanie do zmian organizacji.

Jedną z kluczowych kompetencji przekrojowych jest przedsiębiorczość. Większość prac naukowych dotyczących przedsiębiorczości powstaje w obszarze nauk ekonomicznych, należy jednak podkreślić, że prace te cechuje multidyscyplinarność i interdyscyplinarność. W naukach ekonomicznych wyróżnia się cztery jej podstawowe cechy dotyczące: osobowości, czynności menedżerskich, indywidualnego przedsiębiorcy oraz rynku (Wach, 2015, s. 24).

W kontekście innowacyjności przedsiębiorczość silnie powiązana jest z kompetencją twórczości. Stąd wyróżnianie przez K. Bartnicką (2015) twórczości w organizacjach w kontekście przedsiębiorczości, definiowanej jako generowanie idei nowych i potencjalnie użytecznych dla integrowania budowania i rekonfigurowania strategicznego potencjału organizacji (zasobów i zdolności podstawowych) w celu wytworzenia i zawłaszczenia wartości. Podejście to uzasadnia również stawianą w niniejszej pracy hipotezę badawczą, odnoszącą się do wpływu kreatywności na przyrost kompetencji przedsiębiorczości.

W niniejszym artykule przedsiębiorczość została opisana jako zespół wiedzy i umiejętności pozwalających na adaptowanie się do zmian, dostrzeganie nowych możliwości rozwoju i krytycznej ich oceny, przewidywanie, planowanie, organizowanie i kreowanie nowych, twórczych rozwiązań, zdolność racjonalnego podejmowania ryzyka, wdrażania pomysłów i konsekwentnej jej realizacji (Szafrński i in., 2017a, s. 13).

W literaturze przedmiotu opisywano i podejmowano już próby związane zarówno z opracowaniem modelu przedsiębiorczości z wykorzystaniem metod matematycznych (Wang i in., 2012, s. 2; Morgan, Sisak, 2016, s. 2), jak i podnoszeniem jakości kształcenia, m.in. poprzez jakość w obszarze edukacji (Srikanthan, Dalrympe, 2002, s. 215). W literaturze naukowej niektóre z modeli przedsiębiorczości wskazują na zależność między przedsiębiorczością i procesem kształcenia (Zahara i in., 2006), inne na wpływ przedsiębiorczości społecznej na indywidualną (Lindawati, 2014, s. 173), czy powiązanie przedsiębiorczości z innowacjami (Morgan, Sisak, 2016; s. 6, Skonieczny, 2019). Część z nich odnosi się do wybranych aspektów socjokulturowych (Miller, Le Breton-Miller, 2017), ekonomicznych (Mahfuz Ashraf i in., 2018, s. 1148) czy technologicznych (Korde, 2018, s. 817).

W przypadku projektu ATC skupiono się na badaniu przyspieszania nabywania wybranych kompetencji przekrojowych, takich jak: przedsiębiorczość, praca w zespole, komunikatywność i kreatywność, będących istotnymi dla przedsiębiorstw i nieustannie poszukiwanych na rynku pracy na różnych stanowiskach (Szafrński i in., 2017a). W niniejszym opracowaniu dokonano analizy przyspieszania w nabywaniu kompetencji przekrojowej (przedsiębiorczość) przy wykorzystaniu sieci neuronowych i regresji wielorakiej. W badaniach porównano wpływ i powiązanie kompetencji praca w zespole, komunikatywność i kreatywność, jak również wybranych innych czynników mogących mieć wpływ na szybszy rozwój przedsiębiorczości (m.in. dobór metody kształcenia, czas rozpoczęcia stosowania metody). Wyniki oraz oparte na nich wnioski pozwalają na uzupełnienie luki

wiedzy w badaniach m.in. w zakresie powiązania przedsiębiorczości z innymi kompetencjami przekrojowymi czy innowacyjnymi metodami ich rozwoju.

Metoda badawcza

Do weryfikacji hipotezy badawczej wybrano dwie różne metody, których wyniki porównano pod kątem ich złożoności obliczeniowej, jakości i możliwości interpretacji uzyskanych wyników.

Pierwszą metodą zastosowaną w niniejszym artykule jest klasyczna liniowa regresja wielowymiarowa (wieloraka) (Archel, Sounderpandian, 2018, s. 673). Zastosowanie tego podejścia pozwala na weryfikację rezultatów złożonych obliczeń nieliniowych realizowanych przez sztuczne sieci neuronowe (Tadeusiewicz, 1998). Model matematyczny opracowany przy wykorzystaniu regresji wielorakiej polega na zastosowaniu wielu zmiennych objaśniających do przewidywania wartości zmiennej objaśnianej.

Dane na potrzeby analiz prezentowanych w niniejszym artykule zebrano w projekcie ATC w trakcie testowania procesów z wykorzystaniem metod kształcenia praktycznego studentów na sześciu uczelniach (Politechnika Poznańska, Centria Ostrobośnia University of Applied Sciences, University of Maribor, University in Banska Bystrica, Uniwersytet Ekonomiczny z Wrocławia, Politechnika Częstochowska) z czterech krajów Unii Europejskiej (Polska, Finlandia, Słowacja i Słowenia).

Proces w metodzie rozumiany jest jako łańcuch działań, w których wykorzystuje się metody kształcenia praktycznego stosowane w celu podniesienia kompetencji przekrojowych studentów. W ramach badań w projekcie ATC przyjmuje się, że w ramach procesu występują przynajmniej trzy metody kształcenia praktycznego. W doborze metod kształcenia wykorzystano również macierz z rankingiem metod kształcenia praktycznego, mających wpływ na przyspieszanie nabywania wybranych kompetencji przekrojowych (Szafranski i in., 2017b, s. 198).

Testowanie przyspieszania nabywania kompetencji przekrojowych przeprowadzono łącznie na próbie 113 studentów. Próbę badawczą stanowili wybrani studenci wchodzący w skład grup zadeklarowanych przez 6 uczelni partnerskich w projekcie ATC. Dobór należy traktować jako celowo-typowy. Celowość doboru wiąże się z zabezpieczeniem pełnych grup wiekowych do badania, typowość związana jest z zabezpieczeniem identyfikowalności jednostek jako studentów (The Report IO6, 2018, s. 75–78). Każdy ze studentów wypełniał trzy kwestionariusze. Dane zebrano w terminie od lutego do października 2017 roku, zgodnie z wcześniej opracowanymi wytycznymi w projekcie *The acceleration method of development of transversal competences in the students' practical training process* (ATC Erasmus+) realizowanym przy wsparciu finansowym Komisji Europejskiej w ramach Programu Erasmus+ (www.atcerasmus.eu). Dane gromadzono z zastosowaniem metody ankiet audytoryjnych. Analizowane dane ograniczono do 6 kluczowych czynników, istotnych dla weryfikacji stawianej hipotezy (tab. 1). Wybór tych czynników związany był z zastosowaniem analizy korelacji cząstkowej rozumianej jako wyznaczenie miary zależności poszczególnych zmiennych losowych przy pominięciu wpływu innych zmiennych losowych z analizowanego zbioru danych.

Tabela 1. Wykaz zmiennej objaśnianej i zmiennych objaśniających

Y	Przedsiębiorczość
X_1	Numer identyfikacyjny respondenta
X_2	Ranking metody (The Report IO5, s. 36–40)
X_3	Średnia wartość przyspieszania nabywania kompetencji kreatywność
X_4	Średnia wartość przyspieszania nabywania kompetencji komunikatywność
X_5	Średnia wartość przyspieszania nabywania kompetencji praca w zespole
X_6	Czas rozpoczęcia metody

Źródło: opracowanie własne

Tabela 2. Korelacje cząstkowe poszczególnych zmiennych

	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6
X_1	1,00000					
X_2	0,14150	1,00000				
X_3	0,02256	0,08068	1,00000			
X_4	0,09720	0,10934	0,83787	1,00000		
X_5	0,06519	0,10576	0,82782	0,92763	1,00000	
X_6	0,51778	0,04317	-0,03549	0,01140	0,01516	1,00000
Y	0,01051	0,04487	0,87432	0,83566	0,82430	-0,04174
Średnia	57,00000	18,76991	3,18906	3,27934	3,38489	1375,46322
Odch. std.	32,66723	16,97771	1,12038	1,17015	1,14987	1792,50228

Źródło: opracowanie własne

Wyniki

Regresja wieloraka

Przeprowadzone badania (tab. 2 i 3) wykazały w sposób jednoznaczny, iż co prawda możliwe jest zbudowanie modelu liniowej regresji wielorakiej wykorzystującego sześć zmiennych niezależnych w postaci:

$$Y = -0,2 \cdot X_1 - 0,4 \cdot X_2 + 0,551 \cdot X_3 + 0,241 \cdot X_4 + 0,15 \cdot X_5 - 0,01 \cdot X_6 + 0,1893 \quad (\text{model I}) \quad (1)$$

jednak model pomimo wysokiej wartości współczynnika determinacji R^2 (0,8) jest nadmiernie złożony. Jedynie trzy z uwzględnionych w tym modelu zmiennych niezależnych (X_3 , X_4 , X_5) cechuje racjonalna miara korelacji cząstkowej. Zmienne X_1 , X_2 oraz X_6 mają znikomą wpływ na estymowaną wartość zmiennej niezależnej (tab. 2).

Tabela 3. Miary liczbowe jakości I modelu regresji, uwzględniającego 6 zmiennych na wejściu

Wartość R^2	0,89
Zmodyfikowane R^2	0,80
Błąd standardowy estymacji	0,50
F	229,49

Źródło: opracowanie własne

R^2 to współczynnik determinacji, zmodyfikowane R^2 to wariant współczynnika determinacji biorący pod uwagę liczebność próby i liczbę zmiennych, F jest efektem jednoznacznikowej analizy wariancji. Z tabeli 2 wynika, iż tylko zmienne X_3 , X_4 i X_5 są statystycznie istotne, zaś pozostałe trzy zmienne powinny zostać wyeliminowane z modelu regresji. Wskazuje to na kluczową rolę, jaką w procesie nauczania pełni efekt synergii pomiędzy wzajemnym wpływem przyspieszania nabywania poszczególnych kompetencji. Na przyspieszenie nabywania kompetencji przedsiębiorczość wpływa jednocześnie nabywanie kompetencji w zakresie kreatywności, komunikatywności oraz pracy w zespole.

Tabela 4. Miary liczbowe jakości II modelu regresji, uwzględniającego 3 zmienne na wejściu

Wartość R^2	0,90
Zmodyfikowane R^2	0,80
Błąd standardowy estymacji	0,50
F	455,25

Źródło: opracowanie własne

Zastosowanie tego podejścia pozwala na opracowanie alternatywnego, znacznie prostszego, modelu regresji wielorakiej, w którym zakłada się, że Y jest zależne jedynie od X_3 , X_4 oraz X_5 .

$$Y = 0,559 \cdot X_3 - 0,229 \cdot X_4 + 0,149 \cdot X_5 + 0,1014 \quad (\text{model II}) \quad (2)$$

Uzyskane wyniki (tab. 4) wskazują, że drugi z opracowanych modeli regresji jest równie wiarygodny pod względem statystycznym (identyczna wartość współczynnika determinacji $R^2 = 0,8$), przy jednoczesnym znacznym uproszczeniu (dwukrotna redukcja liczby zmiennych niezależnych).

Sieci neuronowe

W celu wyznaczenia nieliniowego modelu regresji uogólnionej objaśniającego wpływ zmiennych niezależnych na akcelerację nabywania kompetencji – przedsiębiorczość zastosowano wariant uczenia maszynowego, wykorzystujący różne architektury sieci neuronowych. Ze względu na wykazany brak istotnej zależności pomiędzy zmiennymi X_1 , X_2 i X_6 a zmienną zależną Y , przy tworzeniu modeli nieliniowych, uwzględniono wyłącznie zmienne X_3 , X_4 oraz X_5 .

Badania zostały zrealizowane z wykorzystaniem pakietu Statistica 13.1. Zbiór danych wejściowych złożony z 339 rekordów podzielono losowo na dwa podzbiory:

- zestaw uczący – 250 przykładów,
- zestaw walidacyjny (zbiór kontrolny) – 89 przykładów.

Takie podejście pozwala nie tylko na „wytrenowanie” sieci neuronowych, ale także na niezależne określenie wartości liczbowych charakteryzujących wiarygodność uzyskanych wyników. Pozwala także na eliminację problemu tzw. przeuczenia sieci neuronowej.

Prowadząc badania, utworzono i przeanalizowano 363 sieci w strukturze typu perceptron wielowarstwowy (MLP), sieć radialna (RBF) oraz sieć realizująca regresję uogólnioną (GRNN). Dla każdej z zastosowanych architektur dokonano także optymalizacji liczby tzw. warstw ukrytych i liczby neuronów w tych warstwach. Przy „trenowaniu” sieci zastosowano także różne warianty algorytmów uczących. Przykładowe wyniki dla modelu wykorzystującego perceptron wielowymiarowy zobrazowano na rysunku 1 oraz zaprezentowano w tabelach 5 i 6.

Rys. 1. Sieć MLP o 23 neuronach w tzw. warstwach „ukrytych”
Źródło: opracowanie własne

Tabela 5. Miary liczbowe jakości nieliniowego modelu regresji wykorzystującego sieć MLP

Miara	Zbiór uczący	Zbiór walidacyjny
Średnia	3,097333	3,193633
Odchylenie standardowe	1,124289	1,15205
Średni błąd	0,0716969	-0,00765
Odchylenie błędu	0,5260328	0,4450769
Średnia błędu bezwzględnego	0,3857124	0,3113124
Iloraz odchylenia	0,4678802	0,3863347
Korelacja	0,8841002	0,8740889

Źródło: opracowanie własne

Tabela 6. Wyniki dla pierwszych 10 rekordów zbioru uczącego i walidacyjnego sieci MLP o 23 neuronach w warstwach ukrytych

Y	R.Y	B.Y	Błąd
3,967341*	3,5*	0,4673411*	0,09347*
1,473683	1,666667	-0,192984	0,0386
1,156779	0,8333333	0,3234461	0,06469
2,834317	1,5	1,334317	0,2668634
1,573809	1,833333	-0,2595	0,0519
3,556525*	3,5*	0,05653*	0,01131*
3,570843*	3,4*	0,1708434*	0,03417*
1,185671	1,333333	-0,1477	0,02953
1,365802	2,333333	0,9675	0,1935062
4,082757	3,833333	0,249424	0,0498848

(*) zbiór walidacyjny

Źródło: opracowanie własne

Przykładowe wyniki dla modelu wykorzystującego sieć o radialnych funkcjach bazowych (RBF) zobrażowano na rysunku 2 oraz zaprezentowano w tabelach 7 i 8.

Rys. 2. Sieć RBF o 6 neuronach w warstwie ukrytej
Źródło: opracowanie własne

Przykładowe wyniki dla modelu wykorzystującego sieci realizujące regresję uogólnioną dla sieci GRNN o 250 neuronach w warstwie ukrytej zobrażowano na rysunku 3 oraz zaprezentowano w tabelach 9 i 10.

Tabela 7. Miary liczbowe jakości nieliniowego modelu regresji wykorzystującego sieć RBF

Miara	Zbiór uczący	Zbiór walidacyjny
Średnia	3,097333	3,193633
Odchylenie standardowe	1,124289	1,15205
Średni błąd	9,337e-15	-0,1121
Odchylenie błędu	0,4808352	0,4861971
Średnia błędu bezwzględnego	0,3590882	0,3506202
Iloraz odchylenia	0,4276792	0,4220278
Korelacja	0,9039306	0,9067426

Źródło: opracowanie własne

Tabela 8. Wyniki dla pierwszych 10 rekordów zbioru uczącego i walidacyjnego sieci RBF o 6 neuronach w warstwie ukrytej

Y	R.Y	B.Y	Błąd
3,619325*	3,5*	0,1193251*	0,0944*
1,647762	1,666667	-0,0189	0,01496
1,156351	0,8333333	0,3230182	0,2555469
2,824104	1,5	1,324104	1,047528
1,722369	1,833333	-0,111	-0,08779
3,400633*	3,5*	-0,09937*	0,07861*
3,278259*	3,4*	-0,1217*	0,09631*
1,140121	1,333333	-0,1932	0,152855
1,474928	2,333333	-0,858405	0,6791035
3,760058	3,833333	-0,07328	0,05797

(*) zbiór walidacyjny

Źródło: opracowanie własne

Rys. 3. Sieć GRNN o 250 neuronach w warstwie ukrytej
Źródło: opracowanie własne

Tabela 9. Miary liczbowe jakości nieliniowego modelu regresji wykorzystującego sieć GRNN

Miara	Zbiór uczący	Zbiór walidacyjny
Średnia	3,097333	3,193633
Odchylenie standardowe	1,124289	1,15205
Średni błąd	0,01113	-0,07305
Odchylenie błędu	0,3802727	0,522513
Średnia błędu bezwzględnego	0,2870479	0,3929239
Iloraz odchylenia	0,3382338	0,4535507
Korelacja	0,9428013	0,8914341

Źródło: opracowanie własne

Tabela 10. Wyniki dla pierwszych 10 rekordów zbioru uczącego i walidacyjnego sieci GRNN o 250 neuronach w warstwie ukrytej

Y	R.Y	B.Y	Błąd
3,839601*	3,5*	0,3396007*	0,2686657*
1,550687	1,666667	-0,11598	0,09175
1,104512	0,833333	0,2711786	0,2145355
2,449209	1,5	0,9492093	0,7509408
1,536881	1,833333	-0,296452	0,2345299
3,615611*	3,5*	0,115611*	0,09145*
3,631368*	3,4*	0,231368*	0,1830404*
1,206322	1,333333	-0,127011	0,1004812
1,490968	2,333333	-0,842365	0,6664139
3,982558	3,833333	0,1492243	0,1180547

(*) zbiór walidacyjny

Źródło: opracowanie własne

Wyniki badań uzyskane zarówno metodą sieci neuronowych, jak i regresji liniowej potwierdziły hipotezę badawczą, co oznacza, że przyspieszenie nabywania kompetencji przedsiębiorczości pozytywnie wpływa także na przyrost kompetencji komunikatywności, pracy w zespole i kreatywności. Uzyskane wyniki wskazują, iż zastosowanie sztucznych sieci neuronowych pozwala na uzyskanie modelu regresji uogólnionej, który umożliwia trafną estymację wartości zmiennych zależnych poprzez nieliniowe przekształcenie zmiennych objaśniających. Około 10% wzrost trafności przewidywań poziomu akceleracji nabywania kompetencji przedsiębiorczości w stosunku do liniowej metody regresji wielorakiej okupiony jest jednak utratą prostoty modelu. O ile estymacja liniowa pozwala na relatywnie proste objaśnienie modelu (np. dwukrotny wzrost zmiennej X_1 powoduje jednostkowy wzrost zmiennej zależnej), o tyle modele wykorzystujące SSN stanowią rodzaj „czarnej skrzynki”. Można stwierdzić, iż uzyskane wyniki są poprawne, a estymacja wiarygodna pod względem statystycznym, jednak wzajemna zależność zmiennych pozostaje „ukryta” w wielowymiarowej macierzy współczynników wagowych charakteryzującej wytrenowaną

sieć neuronową. Dla wspomagania procesów decyzyjnych, takich jak np. optymalizacja procesu akceleracji nabywania kompetencji przekrojowych, zrozumienie modelu może mieć istotniejsze znaczenie niż trafność estymacji wyników. W obszarze zarządzania uzyskane wyniki przyczynią się do lepszego planowania i podejmowania decyzji, organizowania i kierowania zasobami ludzkimi w kontekście uzupełniania luk kompetencyjnych pracowników lub kandydatów na pracowników z uwzględnieniem zróżnicowanych metod kształcenia wpływających na przyspieszenie ich nabywania.

Podsumowanie

Wdobie gospodarki opartej na wiedzy istotność przyspieszania nabywania kompetencji przekrojowych wymaganych na rynku pracy nabiera szczególnego znaczenia. Problem przyspieszania nabywania kompetencji przekrojowych wśród studentów jest często poruszany w literaturze, jednak rzadko z punktu widzenia badań operacyjnych i modeli matematycznych dotyczących przedsiębiorczości.

Podczas przeprowadzonej analizy jako zmienną zależną wybrano jedną z kompetencji przekrojowych, tj. przedsiębiorczość. Wyniki przyspieszania nabywania tej kompetencji analizowano pod kątem wpływu zmiennych niezależnych, tj. danych, które zebrano podczas testowania procesów wpływających na rozwój kompetencji przekrojowych. Na potrzeby analiz wybrano 6 zmiennych, które miały pozwolić na weryfikację postawionej hipotezy badawczej. Przeprowadzone analizy wykazały jednak, iż tylko 3 z nich mają kluczowe znaczenie dla tworzenia wiarygodnego modelu estymacji – zarówno modelu liniowej regresji wielorakiej, jak i nieliniowego modelu wykorzystującego sztuczne sieci neuronowe. Hipoteza badawcza została potwierdzona.

Opracowane wyniki badań mają zarówno wymiar praktyczny, jak i teoretyczny. Praktyczne znaczenie realizowanych badań zostało dowiedzione poprzez wdrożenie opracowanej metody przyspieszania nabywania kompetencji przekrojowych w 5 krajach Unii Europejskiej i stosowanie doboru metod kształcenia wpływających na akcelerację nabywania kompetencji wśród studentów, w tym przedsiębiorczości. Wymiar teoretyczny ujawnia się poprzez prezentowane wyniki analiz, które na etapie wnioskowania pozwoliły na potwierdzenie hipotezy badawczej. Z analiz wynika, że wszystkie badane kompetencje, tj. przedsiębiorczość, komunikatywność, praca w zespole i kreatywność, są od siebie zależne. Oznacza to, że w innowacyjnych procesach kształcenia z wykorzystaniem metod kształcenia praktycznego jednocześnie podnoszone są wszystkie cztery kompetencje przekrojowe. W przeprowadzonych badaniach wykazano ponadto, że do tworzenia modeli regresji uogólnionej estymującego akcelerację wzrostu kompetencji przekrojowych można wykorzystać zarówno podejście nieliniowe, jak i liniowe. Pierwsze rozwiązanie pozwala na uzyskanie niezwykle wiarygodnych wyników, drugie zaś – na uzyskanie prostego modelu łatwego w interpretacji.

Analizując dane uzyskane w przedstawionym badaniu, należy mieć na uwadze również pewne ograniczenia. Do istotnych ograniczeń wyników badań należy relatywnie mała próba, na podstawie której dokonano analiz i wnioskowania. W dalszych badaniach rekomenduje się

zwiększenie próby badawczej i dokonanie analiz z uwzględnieniem dodatkowych kompetencji przekrojowych.

Dalsze prace związane z rozwojem kompetencji przekrojowych powinny być ukierunkowane m.in. na: zwiększenie liczby krajów, w których będą zbierane dane, rozszerzenie zbioru zmiennych niezależnych o zbiór pochodzący ze źródeł wtórnych (np. PKB, bezrobocie i inne w krajach, w których przeprowadzane jest badanie), zastosowanie innych, nowych metod analizy danych, np. CMARS, analizę innych ważnych kompetencji wymaganych na rynku pracy, w tym kompetencji zawodowych.

dr inż. Magdalena Graczyk-Kucharska
Politechnika Poznańska
Wydział Inżynierii Zarządzania
ORCID: 0000-0002-4241-8216
e-mail: magdalena.graczyk-kucharska@put.poznan.pl

dr hab. inż. Robert Olszewski
Politechnika Warszawska
Wydział Geodezji i Kartografii
ORCID: 0000-0003-1697-9367
e-mail: robert.olszewski@pw.edu.pl

dr inż. Maciej Szafranski
Politechnika Poznańska
Wydział Inżynierii Zarządzania
ORCID: 0000-0002-4281-9845
e-mail: maciej.szafranski@put.poznan.pl

dr inż. Marek Goliński
Politechnika Poznańska
Wydział Inżynierii Zarządzania
ORCID: 0000-0002-0170-2835
e-mail: marek.golinski@put.poznan.pl

dr inż. Małgorzata Spychała
Politechnika Poznańska
Wydział Inżynierii Zarządzania
ORCID: 0000-0003-1471-5536
e-mail: malgorzata.spychala@put.poznan.pl

Przypis

- ¹⁾ Autorzy chcieli podziękować wszystkim Partnerom zaangażowanym w projekt „Metoda akceleracji rozwoju kompetencji przekrojowych w procesie kształcenia praktycznego studentów” finansowanemu ze środków Unii Europejskiej w ramach Programu Erasmus+.

Bibliografia

- [1] Archel A.D., Sounderpadian J. (2018), *Statystyka w zarządzaniu*, Red. naukowa przekładu B. Witkowski, Wyd. Naukowe PWN, Warszawa.
- [2] Ashworth P.D., Saxton J. (1990), „On ‘competence’”, *Journal of Further and Higher Education*, Vol. 14, No. 2, pp. 3–25.
- [3] Boyatzis R.E. (1982), *The Competent Manager: A Model for Effective Performance*, John Wiley & Sons, New York.
- [4] Bratnicka K. (2015), *Twórcza przedsiębiorczość organizacyjna*, Studia Ekonomiczne. Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego w Katowicach, Nr 212, s. 23–34.
- [5] Eraut M. (1998), *Concepts of Competence*, *Journal of Interprofessional Care*, Vol. 12, No. 2, pp. 127–139.
- [6] Hacıoglu U., Dincer H. (2016), *Concept of Conflict within the New Economy Environment and Its Impact on the Market Mechanism*, *International Journal of Research in Business and Social Science* (2147–4478), Vol. 1, No. 1, pp. 29–38.
- [7] Kelly S., Reimer D. (2017), *HR and the Internet of People*, *People & Strategy*, Vol. 40, No. 3, pp. 6–7.
- [8] Korde P. (2018), *Technology Entrepreneurship: Multidimensional Model*, *International Multidisciplinary Scientific GeoConference: SGEM: Surveying Geology & Mining Ecology Management*, Vol. 18, pp. 815–821.
- [9] Lindawati A.S.L. (2014), *A Study of Collective Entrepreneurship Model as an Alternative in Empowering Micro, Small and Medium Enterprise (MSME) Cooperatives*, *Journal of Economics, Business & Accountancy Ventura*, Vol. 17, No. 2, pp. 171–186.
- [10] Mahfuz Ashraf M., Razzaque M.A., Liaw S.T., Ray P.K., Hasan M.R. (2018), *Social Business as an Entrepreneurship Model in Emerging Economy: Systematic Review and Case Study*, *Management Decision*, Vol. 57, No. 5, pp. 1145–1161.
- [11] Miller D., Le Breton-Miller I. (2017), *Underdog Entrepreneurs: A Model of Challenge-based Entrepreneurship*, *Entrepreneurship Theory and Practice*, Vol. 41, No. 1, pp. 7–17.
- [12] Morgan J., Sisak D. (2016), *Aspiring to Succeed: A Model of Entrepreneurship and Fear of Failure*, *Journal of Business Venturing*, Vol. 31, No. 1, pp. 1–21.
- [13] Neumark D., Reed D. (2004), *Employment Relationships in the New Economy*, *Labour Economics*, Vol. 11, No. 1, pp. 1–31.
- [14] Parlament Europejski i Rada Parlamentu Europejskiego z dnia 18 grudnia 2006/962/WE – *Zalecenie Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 18 grudnia 2006 r. w sprawie kompetencji kluczowych w procesie uczenia się przez całe życie*.
- [15] Rubin M. (2012), *Working-class Students Need More Friends at University: A Cautionary Note for Australia's Higher Education Equity Initiative*, *Higher Education Research & Development*, Vol. 31, No. 3, pp. 431–433.
- [16] Skonieczny J. (2019), *Twórczość jako fundament strategii organizacji*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław.
- [17] Srikanthan G., Dalrymple J.F. (2002), *Developing a Holistic Model for Quality in Higher Education*, *Quality in Higher Education*, Vol. 8, No. 3, pp. 215–224.
- [18] Srikanthan G., Dalrymple J. (2004), *A Synthesis of a Quality Management Model for Education in Universities*, *International Journal of Educational Management*, Vol. 18, No. 4, pp. 266–279.
- [19] Spychała M., Szafranski M., Graczyk-Kucharska M., Goliński M. (2017), *The Method of Designing Reference Models of Workstations*, *Proceedings of the 18th European Conference on Knowledge Management, European Conference on Knowledge Management, University of Catalonia*

- Barcelona, Spain, Academic Conferences International Limited, pp. 930–939.
- [20] Szafranski M., Golinski M., Simi H. (2017a), *The Acceleration of Development of Transversal Competences*, Centria University of Applied Sciences, Finland.
- [21] Szafranski M., Graczyk-Kucharska M., Więcek-Janka E., Lewandowska I. i inni (2017b), *The Models of Processes of Developing Transversal Skills in Practical Training*, <http://www.atcerasmus.eu/>, access date: 20.09.2019.
- [22] Szafranski M. (2019), *Threefold Nature of Competences in Enterprise Management: A Qualitative Model*, Proceedings of the 20th European Conference on Knowledge Management, Vol. 2, Universidade Europeia de Lisboa, Lisbon, Portugal, pp. 1006–1015.
- [23] Tadeusiewicz R. (1998), *Elementarne wprowadzenie do techniki sieci neuronowych z przykładowymi programami*, Akademicka Oficyna Wydawnicza, Warszawa.
- [24] *The Report IO5 The Models of Processes of Developing Transversal Skills in Practical Training* (2017), <http://www.awt.org.pl/wp-content/uploads/2017/04/IO5-The-models-of-processes-of-developing-transversal-skills-in-practical-training-2.pdf>, access date: 12.01.2020.
- [25] *The Report IO6 A set of Results of Processes' Models Testing* (2018), <http://www.awt.org.pl/wp-content/uploads/2018/09/VER-2-Report-IO6-with-Attachment-18.01.18-ENG.pdf>, access date: 12.01.2020.
- [26] Wach K. (2015), *Przedsiębiorczość jako czynnik rozwoju społeczno-gospodarczego: przegląd literatury*, „Przedsiębiorczość-Edukacja”, Nr 11, s. 24–36.
- [27] Wang C., Wang N., Yang J. (2012), *A Unified Model of Entrepreneurship Dynamics*, „Journal of Financial Economics”, Vol. 106, No. 1, pp. 1–23.
- [28] Zahra S.A., Sapienza H.J., Davidsson P. (2006), *Entrepreneurship and Dynamic Capabilities: A Review, Model and Research Agenda*, „Journal of Management Studies”, Vol. 43, No. 4, pp. 917–955.

Development of Entrepreneurship Competence in the Process of Practical Training of University Students

Summary

Transversal competences are defined as a set of knowledge, skills and attitude needed at various workstations in different professions. This includes among others: entrepreneurship, teamwork, creativity or communication. These transversal competences are more frequently indicated by entrepreneurs as key competences needed in various countries on their labour market. The research hypotheses, which are defined in this research paper, refer to entrepreneurship and other, chosen associated transversal competences. Mathematical models have been designed with multiple regression and neural networks and have been based on the analysis of data collected in four countries of the European Union: Poland, Finland, Slovakia and Slovenia. The research results and designed model prove that when the entrepreneurship competence is accelerated at the same time the competences of creativity, teamwork and communication are developed.

Keywords

transversal competences, competences in new economy, ANN, competence management