

**dr Aneta Anna Wiktorzak**

Instytut Badań Systemowych PAN w Warszawie

Państwowa Wyższa Szkoła Informatyki i Przedsiębiorczości w Łomży

## **Edukacja a wartość kapitału ludzkiego**

### **1. Wstęp**

Proces kształtowania kapitału ludzkiego zaczyna się już w momencie narodzin i trwa praktycznie przez całe życie. Nie ulega jednak wątpliwości, że edukacja szkolna w największym stopniu wpływa na jego rozwój. To właśnie szkoła już od najmłodszych lat powinna zachęcać do pogłębiania wiedzy. Edukacja szkolna rozumiana jest przez nas jako złożony proces, który rozpoczyna się w szkole podstawowej, trwa w gimnazjum i szkole średniej, a swój koniec ma na uczelni.

W pracy sformułowano tezę, że kapitał ludzki, a ściślej mówiąc jego wartość, jest najbardziej ogólną miarą osiągnięć ucznia/studenta na kolejnych szczeblach edukacji. Opisano etapy budowania kapitału ludzkiego, traktowanego jako pewien „kapitał założycielski” u progu dorosłego życia, akcentując rolę polskiego systemu edukacji w tym złożonym procesie. Zwrócono uwagę na znaczenie badań PISA, które obrazują m.in. poziom wyposażenia uczniów w kluczowe kompetencje, jakże ważne teraz i później w dorosłym życiu. Następnie omówiono dwie zasadnicze metody pomiaru wartości kapitału ludzkiego za pomocą regresji liniowej oraz sztucznych sieci neuronowych. Zaprezentowano wyniki eksperymentu, którego zasadniczym celem było oszacowanie wartości kapitału ludzkiego uczniów/studentów na kolejnych szczeblach edukacji, od szkoły podstawowej po studia wyższe. W podsumowaniu sformułowano wnioski dotyczące użyteczności badań oraz wskazano na silny związek między wartością kapitału ludzkiego a rozwojem gospodarczym kraju.

### **2. Proces kształtowania kapitału ludzkiego**

Pojęcie kapitału ludzkiego (human capital) pojawiło się po raz pierwszy jako przedmiot naukowych dyskusji w 1975 r. za sprawą noblisty z zakresu ekonomii Gary'ego S. Beckera [1]. W polskim piśmiennictwie funkcjonowało ono najpierw jako społeczny koszt pracy żywej, a użyte zostało po raz pierwszy przez Domańskiego [2], który zdefiniował je jako [...] zasób wiedzy, umiejętności, zdrowia i energii witalnej, zawarty w danym społeczeństwie/narodzie [...]. W artykule przyjmujemy definicję, że kapitał ludzki to zasób wiedzy, umiejętności, kompetencji, zdrowia i energii witalnej itp. zawarty w każdym człowieku traktowanym jako oddzielna istota ludzka [13]. Określa on między innymi zdolności tej istoty do pracy, zdolność do adaptacji do zmian zachodzących w jej otoczeniu oraz potrzebę podejmowania wyzwań i poszukiwania nowych rozwiązań. Tak rozwijany kapitał ludzki rozwijany jest przez całe życie.

Kapitał ludzki ucznia to wszystkie, ale to absolutnie wszystkie, zasoby niematerialne kojarzone tu i teraz z danym uczniem jako samodzielną istotą ludzką [13,14]. W analizie kapitału ludzkiego danego ucznia wyróżniamy: szeroko rozumianą wiedzę, umiejętności, zdolności, talent, zdrowie, nastawienie do życia i otoczenia.

Z tej perspektywy wynika główne zadanie szkoły i – szerzej – edukacji, powinna ona dać młodym ludziom taki zasób kompetencji (taką wartość kapitału ludzkiego), w który współcześnie należy wyposażać młodych ludzi, by potrafili poradzić sobie w dorosłym życiu. Badanie PISA sprawdza poziom tych kompetencji, w jakie szkoła, w danym systemie edukacyjnym, wyposaża uczniów na progu ich ważnych decyzji, dotyczących dalszej ścieżki kariery edukacyjnej i zawodowej. Na podstawie uzyskanych wyników można wnioskować, jakie są szanse pomnażania początkowej wartości kapitału ludzkiego ucznia. Program badań PISA sprawdza również, jakie będą szanse tych młodych ludzi w relacjach z rówieśnikami z innych krajów, jak praktycznie odnajdą się w perspektywie uczenia się przez całe życie, jak rozwiążą problemy społeczne, gdy osiągną wiek aktywności zawodowej, na ile elastyczne będą ich zachowania wobec wymagań rynku pracy itp.

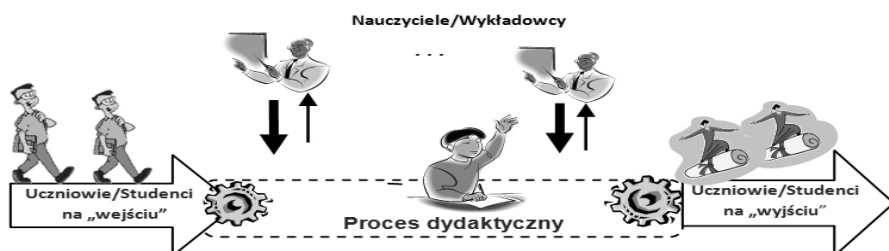
Generalnie PISA nie sprawdza, czego Jaś się (nie) nauczył, tylko (aż) to, czy umie myśleć. Program PISA stał się prestiżową i modną miarą czegoś tak kluczowego jak myślenie. A jak w tym programie wypadają polscy uczniowie, przyszli studenci, naukowcy, pracownicy itp.?

W 2000 roku we wszystkich trzech skalach Polska była grubo poniżej średniej OECD, gdzieś w okolicach Rosji, Grecji i Izraela. Dziś jesteśmy powyżej średniej w czytaniu i przyrodzie, a w matematyce w grupie wyników średnich. W czytaniu i interpretacji byliśmy w 2000 roku na 25. miejscu z 39 badanych krajów, w roku 2006 zajęliśmy 9. miejsce na 57, w roku 2009 trochę spadliśmy – na 15, ale już wśród 65 krajów. Wyprzedziliśmy aż 11 państw Europy, m.in.: Węgry, Czechy, Niemcy, Włochy, Hiszpanię, Danię, Francję, jesteśmy na poziomie Norwegii, Islandii oraz Szwajcarii. Dużo lepsza jest w UE tylko Finlandia oraz nieznacznie Holandia i Belgia. Wśród badanych krajów najlepsze wyniki osiągają uczniowie z Azji: chińskie miasta Szanghaj i Hongkong oraz Korea, Japonia i Singapur. W matematyce zajmujemy 25. miejsce na 65 krajów podobnie jak Norwegia, Francja, Szwecja, pokonaliśmy takie kraje jak: Irlandię, Włochy, Hiszpanię czy USA. W rozumowaniu w naukach przyrodniczych w 2009 r. zajęliśmy miejsce 19., przed nami z Europy lepsza była tylko Finlandia i Estonia, Niemcy oraz Holandia i Szwajcaria. Generalnie Polska oddala się od Bułgarii, Rumunii czy Grecji i dogania takie kraje jak Holandia czy Belgia. To bardzo dobry wynik polskich uczniów i całej edukacji, biorąc pod uwagę na przykład to, że na edukację polskiego ucznia wydaje się trzy razy mniej pieniędzy niż w Szwecji i cztery razy mniej niż we Włoszech.

Autorka artykułu pozwoliła sobie na tę małą statystyczną wzmiankę, ponieważ uważa, że program PISA i cały system egzaminów zewnętrznych może być wykorzystywany w pracach nad pomiarem wartości kapitału ludzkiego ucznia, czyli szacowania jego „kapitału założycielskiego”, który w dorosłym życiu powinien być rozwijany i pomnażany. Dziś nie mamy jednego narzędzia do szacowania wartości kapitału ludzkiego ucznia, ale możemy rozpocząć pewne analizy oparte na

wynikach egzaminów zewnętrznych, które coraz bardziej skierowane są na sprawdzenie poziomu kompetencji uczniów, oraz na wynikach programu PISA. W tym artykule spróbujemy zmierzyć tę wartość jedynie na podstawie wyników egzaminów zewnętrznych, ale w podsumowaniu zarysujemy nowe kierunki badań.

Do analizy i szacowania wartości kapitału ludzkiego ucznia/studenta wykorzystamy Wirtualną Taśmę Produkcyjną (WTP) zaproponowaną po raz pierwszy w 2006 r. przez Walukiewicza [9,16]. Na danej WTP uczniowie/studenci uczą się od nauczycieli/wykładowców poszczególnych przedmiotów w określonej kolejności, zakresie, obciążeniu dydaktycznym itp. Zatem na danej WTP realizuje się proces dydaktyczny, tak jak to pokazano na rysunku 1.



Rys. 1. WTP dla procesu dydaktycznego

Należy z całą mocą podkreślić, że uczniowie/studenci są traktowani na WTP jako istoty ludzkie, które czują, przeżywają itp. WTP pozwala spojrzeć z nowej perspektywy na całą złożoność procesu edukacyjno-wychowawczego. Niech  $v(KL, S_i, t_k)$  oznacza wartość kapitału ludzkiego ucznia/studenta  $S_i$  w momencie zakończenia pewnego etapu nauki np. na koniec szkoły średniej czy szkoły gimnazjalnej. Natomiast  $v(KL, S_i, t_0)$  oznacza wartość kapitału ludzkiego ucznia/studenta  $S_i$  w momencie rozpoczęcia pewnego etapu nauki, np. na początku szkoły średniej czy w momencie rozpoczęcia nauki na studiach. Bezwzględny przyrost wartości kapitału ludzkiego ucznia/studenta  $S_i$ , oznaczony jako  $V_b$ , to różnica wartości tego kapitału na wyjściu i wejściu WTP realizującej jeden z etapów procesu edukacyjnego

$$V_b(KL) = v(KL, S_i, t_k) - v(KL, S_i, t_0).$$

Miara ta ma stosunkowo małą wartość poznawczą i w praktyce korzystamy ze względnych miar przyrostu wartości kapitału ludzkiego  $V(KL)$ , które mówią, jak dany uczeń/student (ściśle mówiąc przyrost/ubytek wartości jego kapitału ludzkiego) wygląda na tle klasy, grupy, szkoły, uczelni, regionu czy kraju. Miara ta zostanie rozwinięta w dalszej części artykułu.

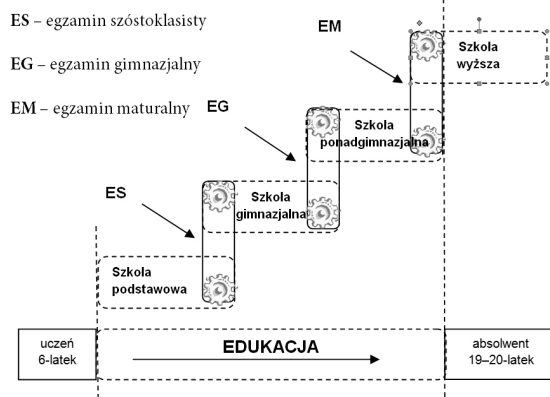
Dzisiaj mamy małe szanse na to, aby wartość kapitału ludzkiego ucznia/studenta była mierzona w jednostkach monetarnych, gdyż nie ma potrzeby i przyzwolenia społecznego na taką zmianę. Niezależnie od tego, w jakich jednostkach będziemy mierzyli wartość kapitału ludzkiego danego ucznia/studenta na wejściu i wyjściu WTP (w stopniach, punktach, procentach itp.), to można pokazać, że dla dostatecznie dużego  $n$  rozkład  $v(KL, S_i, t)$  można aproksymować rozkładem normalnym lub rozkładem Gaussa, gdzie  $n$  jest liczebnością danej populacji.

### 3. Pomiar kapitału ludzkiego na kolejnych stopniach edukacji

Wykształcenie stanowi istotny element kształtowania wartości kapitału ludzkiego. W związku z tym nie powinien dziwić nas fakt, że przy próbie pomiaru wartości kapitału ludzkiego będziemy w głównej mierze zwracać uwagę na wyniki kształcenia. W naszych badaniach wykorzystamy wyniki egzaminów zewnętrznych. Dopiero teraz pojawiła się szansa kompleksowej analizy zmian poziomu pozyskiwanej wiedzy i umiejętności na poszczególnych szczeblach edukacji, a co za tym idzie zmian w podejściu do szacowania wartości kapitału ludzkiego, poczynając od ucznia szkoły podstawowej po studenta szkoły wyższej. Egzaminy zewnętrzne, a właściwie sposób myślenia, z jakiego one wyrosły, stopniowo wywierały coraz większy wpływ na szkoły, instytucje edukacyjne, nauczycieli, uczniów, rodziców. W artykule postawimy nawet tezę, że znaczenie tego sposobu myślenia i jego wpływ na system edukacji rośnie wraz ze świadomością znaczenia budowania kapitału ludzkiego ucznia, studenta itp. System egzaminów zewnętrznych spowodował tak głębokie zmiany, że w praktyce mamy do czynienia z kształtowaniem się nowego, jakościowo innego podejścia do edukacji, a tym samym do badań nad możliwościami pomiaru kapitału ludzkiego.

Należy podkreślić, że wyniki uzyskane przez ucznia/studenta na wyjściu (na koniec danego szczebla edukacji) są jednocześnie danymi wejściowymi na kolejnym stopniu kształcenia. Na przykład wyniki uzyskane na egzaminie szóstoklasisty są danymi wejściowymi do procesu kształcenia w gimnazjum, jak również są danymi wejściowymi w analizie wyników egzaminu gimnazjalnego (dane wyjściowe). Kolejno wyniki z egzaminu gimnazjalnego są danymi wejściowymi w procesie kształcenia w szkole średniej i są podstawą do analizy wyników maturalnych. Wyniki, jakie uczeń uzyskał na maturze, są danymi wejściowymi do analizy wyników uzyskiwanych przez studentów na studiach.

Idąc za myślą Wałukiewicza [13], możemy sobie wyobrazić taką uogólnioną wirtualną taśmę produkcyjną, gdzie „produkty” z jednej taśmy przechodzą na kolejną. Przejście przez wszystkie fragmenty tej taśmy kojarzymy z przejściem ucznia/studenta przez kolejne poziomy edukacji od szkoły podstawowej przez gimnazjum, szkołę średnią do studiów (patrz rys. 2.).



Rys. 2. Wirtualna taśma produkcyjna w całym procesie edukacyjnym

Wyniki uzyskiwane przez uczniów/studentów wykorzystamy do szacowania wartości kapitału ludzkiego, wiedząc, że wiedza, umiejętności i kompetencje są jednym z najważniejszych jego składników.

#### 4. Opis eksperymentu

W próbie badawczej wykorzystano wyniki 156 uczniów/studentów. Najpierw zostały przygotowane i opracowane dane dotyczące wyników uzyskanych na I roku studiów przez studentów Państwowej Wyższej Szkole Informatyki i Przedsiębiorczości w Łomży w roku akademickim 2009/2010. Następnie dane te zostały scalone z wynikami uzyskanymi przez tych studentów na wcześniejszych poziomach edukacji. W tym momencie niezbędna była pomoc OKE w Łomży, która przygotowała dane dla poszczególnych studentów, podając ich wyniki z egzaminu maturalnego, gimnazjalnego i szóstoklasisty. Należy podkreślić fakt, że byli to studenci po pierwszym roku studiów, którzy rocznikowo, jako pierwsi, przeszli przez cały system egzaminowania zewnętrznego w Polsce.

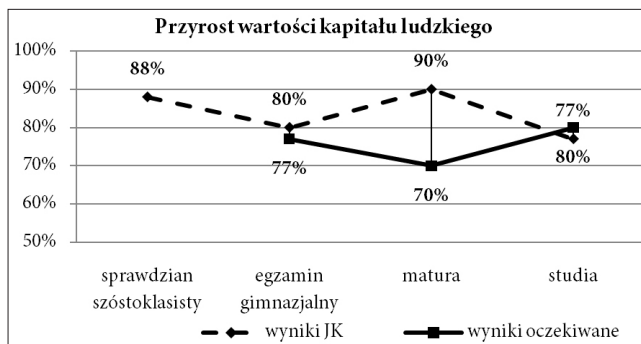
Wszystkie wyniki egzaminów analizowane są według jednego wzoru, tzn. wynik uzyskany przez danego ucznia/studenta jest przeliczany na udział procentowy w wyniku maksymalnym. Na przykład: uczeń Jan Kowalski (JK) na sprawdzianie szóstoklasisty uzyskał 35 punktów na 40 punktów możliwych, czyli ten pierwszy egzamin zdał na 88%. Na egzaminie gimnazjalnym ten sam uczeń otrzymał w sumie 80 punktów (45 punktów z części humanistycznej i 35 punktów z części matematyczno-przyrodniczej) na 100 punktów możliwych, czyli zdał na 80%. Na maturze natomiast JK otrzymał w sumie 153 punkty (z języka polskiego 64 punkty, z języka obcego 45 punktów, z przedmiotu obowiązkowego 44 punkty) na 170 możliwych do uzyskania punktów, czyli zdał na 90%. Natomiast na I roku studiów ten student z możliwych do uzyskania 300 punktów zdobył w sumie 230, czyli zdał na 77% (patrz rys. 3.).



Rys. 3. Wyniki JK na kolejnych egzaminach

W pomiarze wartości kapitału ludzkiego będziemy nie tylko wykorzystywali zebrane wyniki od szkoły podstawowej po studia, ale będziemy je również porównywać z wynikami uzyskiwanym przez uczniów/studentów całej badanej grupy. Sam wynik surowy, punktowy lub procentowy danego ucznia/studenta nie pokazuje skali pracy, wysiłku, jaki wniósł on w budowanie swojego kapitału ludzkiego, dopiero porównanie z wynikami przewidywanymi dla grupy, koleżanek i kolegów danej osoby pokazuje nam właściwy przyrost jego kapitału ludzkiego.

Rozważmy jeszcze raz przykład JK opisany powyżej, z tym, że teraz porównamy jego osiągnięcia z wynikami grupy 156 jego rówieśników (patrz rys. 4.). Wyniki analizowane na rys. 4. to rezultat regresji liniowej, o którym mówimy w punkcie 4.1.



Rys. 4. Przyrosty wartości kapitału ludzkiego JK

Z analizy tego prostego przykładu wynika, że JK egzamin gimnazjalny napisał na 80%, natomiast wynik oczekiwany wyniósł 77%. Wynik ucznia na egzaminie okazał się lepszy niż wynik oczekiwany, który został wyliczony na podstawie wyników egzaminacyjnych badanej grupy. Wynik wyższy niż wynik oczekiwany wskazuje na przyrost wartości kapitału ludzkiego tego ucznia w danym okresie nauki szkolnej. Janek Kowalski lepiej, bardziej efektywniej, wykorzystał czas nauki w szkole, lepiej niż jego koledzy pracował nad budowaniem swojego kapitału ludzkiego. W szkole średniej widzimy znowu wyraźny wzrost powyżej oczekiwań (wynik maturalny to 90%, wynik oczekiwany to 70%). Bardzo dobry wynik maturalny wskazuje na dalsze inwestowanie we własny kapitał ludzki JK. Na I roku studiów JK zdał egzaminy na 77% (wartość oczekiwana 80%), czyli jego poziom przyrostu kapitału ludzkiego był niższy w porównaniu z przyrostem kapitału ludzkiego pozostałych w grupie studentów I roku.

#### 4.1. Szacowanie wartości oczekiwanych kapitału ludzkiego za pomocą regresji liniowej

Celem badania jest stwierdzenie, czy między badanymi zmiennymi (wynikami na wejściu i wynikami na wyjściu) zachodzi jakaś zależność, a jeśli tak, to jaka jest jej siła, kształt i kierunek. Inaczej rzecz ujmując, pytamy, jaka jest między nimi współzależność. Będziemy zatem ustalać, jak zmieni się, średnio biorąc, wynik egzaminacyjny na wyjściu  $Y$  w zależności od wartości wyniku egzaminacyjnego na wejściu  $X$ . Badanie korelacyjne ma sens jedynie wtedy, gdy założymy, że między zmiennymi istnieje więź przyczynowo-skutkowa, czyli że wyniki wyższego szczebla nauki są skutkiem wypracowanego wcześniej wyniku niższego szczebla – przyczyny.

Celem badań jest zatem analiza jakościowa i ilościowa związku (współzależności) między przyczyną i skutkiem, między wynikami uzyskiwanymi przez uczniów/studentów na kolejnych szczeblach edukacji. Zależność ta będzie

oczywiście jednostronna, gdyż trudno jest sobie wyobrazić, że wynik uzyskany na wyższym szczeblu mógłby wpłynąć na wynik niższego szczebla edukacji. Zawsze będzie to zależność jednokierunkowa pomiędzy wynikiem niższego szczebla (wcześniejszym), a kolejnym, czyli wyższego szczebla. Kierunek zależności korelacyjnej jest od wyniku szóstoklasisty do egzaminu gimnazjalisty i kolejno od wyniku gimnazjalnego do maturalnego i dalej, od maturalnego do wyniku uzyskanego na pierwszym roku studiów.

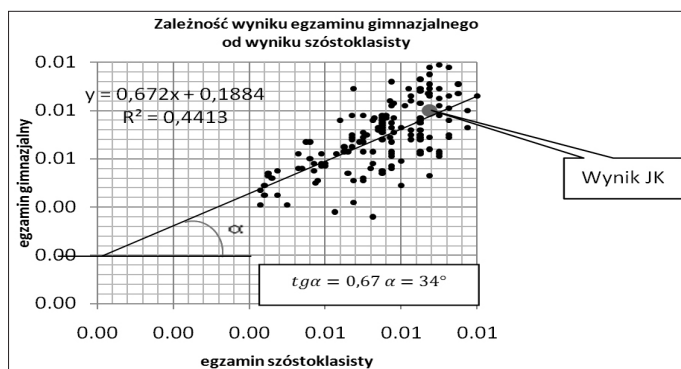
$$v(KL, S_p, t_{sp}) \rightarrow v(KL, S_p, t_{gim}) \rightarrow v(KL, S_p, t_{mat}) \rightarrow v(KL, S_p, t_{st})$$

gdzie:

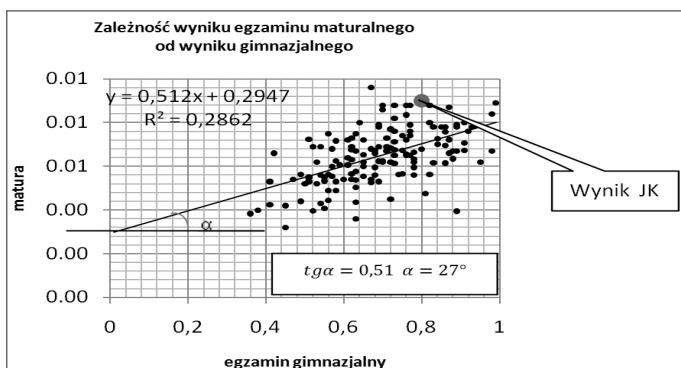
- $v(KL, S_p, t_{sp})$  - wartość KL ucznia na koniec szkoły podstawowej i równocześnie początkowa wartość KL ucznia w gimnazjum,
- $v(KL, S_p, t_{gim})$  - wartość KL ucznia na koniec gimnazjum i początkowa wartość KL ucznia w szkole średniej,
- $v(KL, S_p, t_{mat})$  - wartość KL ucznia na koniec szkoły średniej i początkowa wartość KL studenta na studiach,
- $v(KL, S_p, t_{st})$  - wartość KL studenta po pierwszym roku studiów.

W celu zbadania stopnia zależności pomiędzy zmiennymi zależnymi i niezależnymi posłużymy się współczynnikiem korelacji i funkcją regresji, czyli określimy siłę tej zależności oraz jakiej zmiany zmiennej zależnej należy oczekiwać przy zmianie o jeden zmiennej niezależnej.

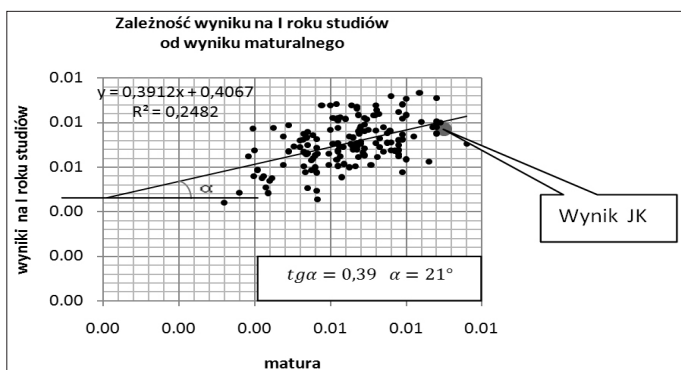
W pierwszej zależności, gdzie zmienną zależną jest wynik gimnazjalny, a zmienną niezależną wynik szóstoklasisty,  $a=0,6734$ , co oznacza, że wzrost oceny szóstoklasisty o 1% powoduje średni wzrost oceny gimnazjalnej o około 0,67% (patrz rysunek 5.). W drugiej zależności, gdzie zmienną zależną jest wynik maturalny, a zmienną niezależną wynik gimnazjalny,  $a=0,5128$ , co oznacza, że wzrost oceny gimnazjalnej o 1% powoduje średni wzrost oceny maturalnej o około 0,51% (patrz rysunek 6.). W trzeciej zależności, gdzie zmienną zależną jest wynik na I roku studiów, a zmienną niezależną wynik maturalny,  $a=0,3912$ , co oznacza, że wzrost oceny maturalnej o 1% powoduje średni wzrost oceny na I roku studiów o około 0,39% (patrz rys. 7).



Rys. 5. Wykres zależności wyniku egzaminu gimnazjalnego od wyniku szóstoklasisty



Rys. 6. Wykres zależności wyniku egzaminu maturalnego od wyniku gimnazjalnego



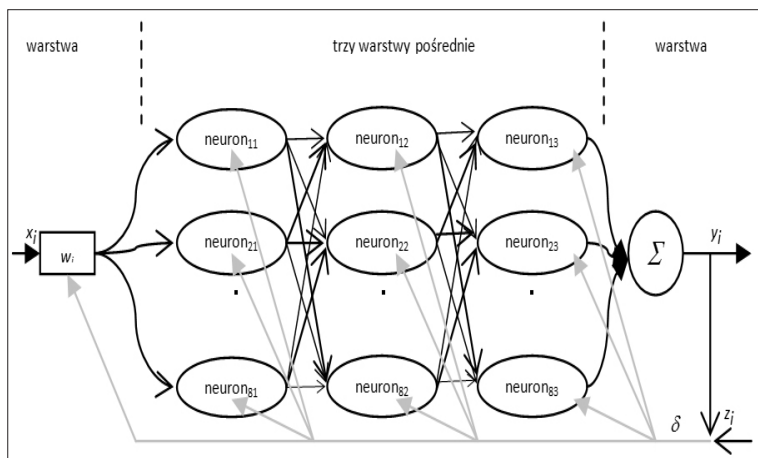
Rys. 7. Wykres zależności wyniku na I roku studiów od wyniku maturalnego

Teraz przyjrzymy się dokładnie kątom nachylenia liniowych regresji do osi X (patrz rys. 5.–7.). Kąt  $\alpha$  jest kątem nachylenia prostej regresji Y względem osi odciętych X, a  $\text{tg } \alpha = a$ . W naszym przypadku kąt nachylenia prostej regresji względem osi odciętych X maleje wraz z przejściem z jednego szczebla edukacji na kolejny. Oznacza to, że wraz z przejściem na wyższy poziom edukacji (na kolejny odcinek WTP) obniżają się wyniki egzaminacyjne (wyjściowe) bardzo dobrych uczniów/studentów.

#### 4.2. Szacowanie wartości oczekiwanej kapitału ludzkiego za pomocą sztucznej sieci neuronowej

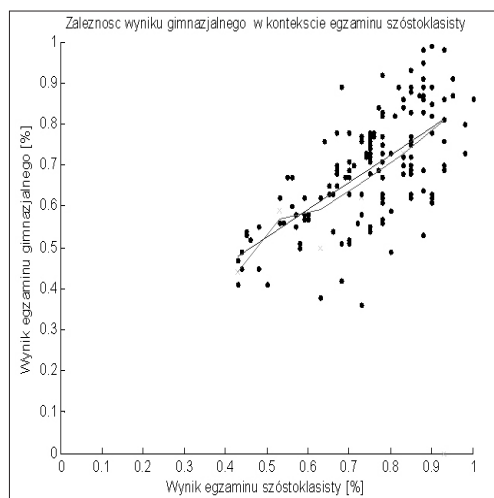
W kolejnym kroku naszych badań zaproponowano model sztucznej sieci neuronowej do szacowania wartości kapitału ludzkiego. W obliczeniach zastosowano wielowarstwową jednokierunkową sieć neuronową, której model przedstawiono na rysunku 8.



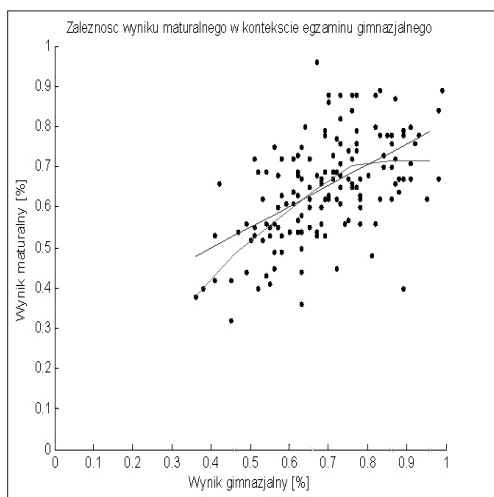


Rys. 8. Model sieci neuronowej do szacowania  $v(KL)$

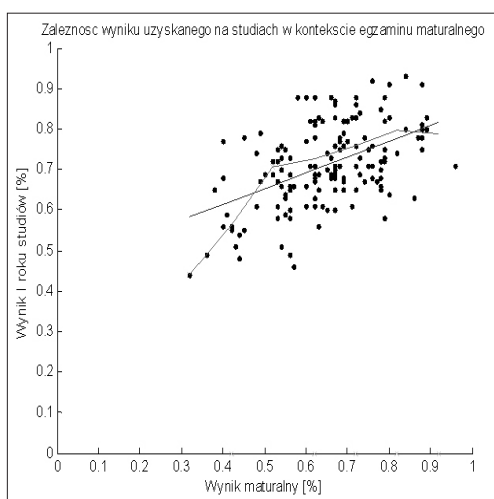
Ogólna idea polega na zastąpieniu regresji liniowej wielowarstwową siecią neuronową. Sieć na wejściu dostaje wynik niższego szczebla, a wartością oczekiwaną na wyjściu jest wynik z egzaminu wyższego szczebla edukacji. Sieć trenujemy, podając jej kolejno każdą z obserwacji i pozwalając jej na takie dobranie współczynników wag, aby jak najlepiej dostosowała się do danych. Po wytrenowaniu sieć będzie potrafiła wytypować wynik oczekiwany.



Rys. 9. Krzywa regresji dopasowania wyników gimnazjalnych do wyników szóstoklasisty wyznaczona przez SSN



Rys. 10. Krzywa regresji dopasowania wyników maturalnych do wyników gimnazjalnych wyznaczona przez SSN



Rys. 11. Krzywa regresji dopasowania wyników I roku studiów do wyników maturalnych wyznaczona przez SSN

Widać, że sieć bardziej stara się dostosować do danych, zauważalny jest ruch krzywej w kierunku średnich wartości wyników egzaminacyjnych. Nieliniowa funkcja aktywacji inaczej premiuje odległości bliższe, a inaczej dalsze. Efektem ubocznym jest to, że wynik jednak jest dużo bardziej nieprzewidywalny – w zasadzie jedynie określenie odpowiednio dużej liczby cykli uczących może nam zapewnić powtarzalność wyników, a wartość graniczna będzie różna dla różnych zbiorów danych. Ogólna tendencja została zachowana – jeśli uczeń

miał dodatni przyrost wartości  $V(KL)$  obliczony za pomocą regresji liniowej, to również przy użyciu sieci neuronowej wyznaczony został dodatni  $V(KL)$ .

Mimo że wytrenowana sieć neuronowa dała lepsze wyniki dopasowania wyników w poszczególnych zestawach korelacyjnych, to musimy pamiętać, że metoda wyliczania przyrostów wartości kapitału ludzkiego wykorzystanie SSN jest dużo bardziej skomplikowana i pracochłonna, a różnica w wynikach jest mało istotna.

## 5. Podsumowanie

Bardzo ciekawym spostrzeżeniem jest to, że wraz z kolejnymi przejściami przez szczeble edukacji prosta regresja coraz bardziej nachyla się do osi X. Nie można tego wyraźnie zaobserwować w sieciach neuronowych, dlatego że krzywa regresji jest kawałkami liniowa. Interpretacja wyników uzyskanych przy pomocy sieci neuronowych wykorzystujących nieliniowe funkcje aktywacji jest trudnym zadaniem. Problemem jest tu brak dodatkowych danych – na wynik egzaminów składa się wiele czynników. Zmniejszenie kąta nachylenia może oznaczać, że zależność wyników na coraz wyższych szczeblach w mniejszym stopniu zależy od wyników na wejściu. Z doświadczenia autorki wynika, że nie jest to związane z faktycznym spadkiem wiedzy uczniów/studentów, wręcz przeciwnie. Na te odnotowane słabsze wyniki może wpływać wiele czynników, np. trudna interpretacja wyników egzaminów, przede wszystkim maturalnych, brak spójności w przeprowadzanych egzaminach zewnętrznych, uczenie pod egzamin, brak motywacji do lepszej pracy uczniów/studentów.

Mimo tych trudności powinniśmy próbować mierzyć wartość kapitału ludzkiego ucznia czy studenta, badać, jaki jest kapitał założycielski przyszłego obywatela. Przyszłe badania należy rozszerzyć o szczegółową analizę wyników badań PISA czy program PIAAC<sup>1</sup>. Dziś wiemy, że poziom edukacji jest kluczowy w budowaniu wartości KL. Znalazło to również odzwierciedlenie w SRK<sup>2</sup>, gdzie wyraźnie zostało zapisane, że rozwój edukacji jest elementarnym celem rozwoju całego kraju, zaś ułatwienie dostępu do edukacji oraz podwyższenie poziomu wykształcenia i kwalifikacji jest istotnym komponentem poziomu życia. Edukacja przyczynia się też do wzrostu zatrudnienia i wydajności pracy, a tym samym przekłada się na zwiększenie aktywności zawodowej obywateli. Między edukacją a rynkiem pracy istnieją silne sprzężenia zwrotne. Jakość edukacji przekłada się na jakość zasobów pracy – z drugiej strony to zapotrzebowanie na kwalifikacje wyznacza w pewnym stopniu kierunek zmian w edukacji. W rozumieniu SRK edukacja ma kluczowe znaczenie dla długoterminowego rozwoju kraju, ten bowiem oparty ma być na kapitale ludzkim i rosnącej innowacyjności.

---

<sup>1</sup> PIAAC (*Program for International Assessment of Adult Competences*), program stanowiący odpowiednik badania PISA dla dorosłych, a w istocie oparty na tych samych założeniach i pokrewnych narzędziach badawczych.

<sup>2</sup> Strategia Rozwoju Kraju 2007-2015 (SRK) jest podstawowym dokumentem strategicznym określającym cele i priorytety polityki rozwoju w perspektywie najbliższych lat oraz warunki, które powinny ten rozwój zapewnić. SRK jest nadrzędnym, wieloletnim dokumentem strategicznym rozwoju społeczno-gospodarczego kraju.

**Bibliografia:**

1. Becker G.S., *Human Capital*, NBER, New York 1975.
2. Domański S. R., *Kapitał ludzki i wzrost gospodarczy*, PWN, Warszawa 1993.
3. Rutkowski L., *Metody i techniki sztucznej inteligencji*, Wydanie 2, PWN, Warszawa 2009.
4. Kasperski M., *Sztuczna inteligencja*, Helion 2003.
5. Niemierko B., *Diagnostyka edukacyjna, Teoria i praktyka*, Kraków 2004.
6. Nowiński M., *Prognozowanie przy użyciu sieci neuronowych*, [w:] T. Trzaskalik (red.), *Metody i zastosowania badań operacyjnych, część I*, Katowice 1998.
7. Tadeusiewicz R., Gąciarz T., Borowik B., Leper B., *Odkrywanie właściwości sieci neuronowych przy użyciu programów w języku C#*, Wydawnictwo PAU, 2007.
8. Tadeusiewicz R., *Elementarne wprowadzenie do techniki sieci neuronowych z przykładowymi programami*, Akademicka Oficyna Wydawnicza PLJ, Warszawa 1999.
9. Walukiewicz S., *Systems Analysis of Social Capital at the Firm Level*, Working Paper WP-1-2006, Systems Research Institute, Warsaw 2006.
10. Walukiewicz S., Wiktorzak A.A., *The Virtual Production Line as a New Model in Research on Education*, referat wygłoszony na TSCF Conference, Malta 2008.
11. Walukiewicz S., *Piękno liczby cztery (w naukach społecznych)*, WP-2-2008 IBS PAN, Warszawa.
12. Walukiewicz S., *The Dimensionality of Capital and Proximity*, Working Paper WP – 3 – 2008, System Research Institute, Warsaw.
13. Walukiewicz S., *Kapitał ludzki. Skrypt akademicki*, IBS PAN, Warszawa 2010.
14. Wiktorzak A.A., *Budowa kapitału ludzkiego i społecznego na przykładzie szkoły ponadgimnazjalnej* [w:] *Uczenie się i egzamin w oczach nauczyciela*, XIV KKDE, Opole 2008.
15. Wiktorzak A.A., *Zastosowanie sztucznych sieci neuronowych do pomiaru kapitału ludzkiego. Analiza Systemowa w finansach i zarządzaniu. Wybrane problemy, tom 11*, pod red. prof. J. Hołubca, IBS PAN Warszawa 2009.
16. Wiktorzak, A.A., *Wirtualna Taśma Produkcyjna w badaniach edukacyjnych*, XV Konferencja Diagnostyki Edukacyjnej, Kielce 2009.
17. Wiktorzak, A.A., *Obliczenia inteligentne a kapitał społeczny szkoły*, XV Konferencja Diagnostyki Edukacyjnej, Kielce 2009.
18. Strategia Europa 2020. Strategia na rzecz inteligentnego i równoważonego rozwoju sprzyjającego włączeniu społecznemu (KOM(2010) 2020).
19. Strategia rozwoju edukacji na lata 2007-2013.
20. Strategia Rozwoju Kraju 2007-2015 przyjęta przez Radę Ministrów 30 grudnia 2008.
21. Raporty wyników badań PISA 2000, 2003, 2006, 2009.
22. Ekspertyza przygotowana na zlecenie Ministerstwa Rozwoju Regionalnego: „Wykształcenie, postawy i umiejętności jako istotne czynniki jakości kapitału ludzkiego”, Warszawa, grudzień 2010.