

Joanna Grabska-Chrząstowska*, Marian Fiedor**, Kinga Tucholska***

Weryfikacja działania sieci Kohonena przetwarzających dane ankietowe zebrane wśród studentów krakowskiej AWF****

1. Wprowadzenie

Zasadniczym celem niniejszego opracowania jest weryfikacja działania sieci neuronowych typu Kohonena w zadaniach grupowania. Teoretycznie sieci trenowane za pomocą algorytmów uczenia bez nadzoru mają zdolność do grupowania sygnałów wejściowych na kategorie. W praktyce trudno jest zweryfikować poprawność utworzonych grup przy wielowymiarowej przestrzeni cech. Aby upewnić się co do sensowności stosowania do tego typu zadań narzędzia neuronowego, poszukiwano specyficznego problemu mającego odpowiednie atrybuty: z jednej strony możliwość weryfikacji poprawności podziału na grupy przez eksperta, a z drugiej możliwość agregacji wielu cech do nadal reprezentatywnej grupy trzech cech. Takim idealnym zadaniem okazało się badanie wizerunku nauczyciela akademickiego w opinii studentów krakowskiej AWF [1]. Istotą badania było ustalenie zależności między podstawowymi wymiarami osobowości studentów a ich wyborami w sondażu dotyczącym właściwości kompetentnego zawodowo nauczyciela w szkole wyższej.

W pierwszej części analizy problemu sieci Kohonena wykorzystano do podziału 224 studentów obu płci na grupy, w zależności od 11-elementowego wektora cech wyodrębnionego w wyniku opracowania odpowiednich ankiet. Cztery otrzymane kategorie zweryfikowano przy udziale eksperta-psychologa i stwierdzono, że grupy są spójne wewnętrznie i odrębne między sobą.

W drugiej części badań za pomocą sieci Kohonena podzielono na grupy 50-elementowe wektory, również pozyskane na podstawie ankiet, a które wskazywały na 15 najbardziej preferowanych przez studentów kompetencji nauczycieli akademickich. Następnie analizowano zależności między przynależnością studenta do danej grupy osobowościowej a wyborem cech wykładowcy. Nie stwierdzono żadnej istotnej korelacji. W celu upewnienia się, że

* Katedra Automatyki, Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie

** Katedra Teorii i Metodyki Sportu, Akademia Wychowania Fizycznego w Łodzi

*** Instytut Psychologii Stosowanej, Uniwersytet Jagielloński

**** Praca realizowana w ramach badań własnych (nr umowy AGH: 10.10.120.39)

wniosek jest słuszny, zastosowano sieć LVQ, tzn. sieć Kohonena z forsowaną odpowiedzią sieci, czyli przynależnością wektora kompetencji do danej grupy studenckiej. Brak postępów w uczeniu potwierdził całkowite wymieszanie elementów w grupach. W końcowej fazie badań 50 charakterystyk wykładowcy zagregowano do trzech kategorii (kompetencje intelektualne, personalne i interpersonalne). Nadal za pomocą sieci Kohonena nie stwierdzono żadnej korelacji między przynależnością studentów do grup osobowościowych a wyborem cech wykładowcy. Tym razem to twierdzenie można było potwierdzić na wykresach trójwymiarowych, na których nie można stwierdzić istnienia żadnych rozłącznych kategorii.

W wyniku przeprowadzonych analiz stwierdzono doświadczalnie przydatność sieci Kohonena w zadaniach grupowania. A w przypadku braku zależności pomiędzy poszczególnymi kategoriami uzyskano wiarygodne narzędzie (sieć LVQ) do ewentualnego potwierdzenia takiego wniosku.

2. Opis problemu

Badaniami, w styczniu i lutym 2006 roku, objęto ogółem 224 osoby w tym; studentów i studentki czwartego roku studiów stacjonarnych i pierwszego roku SUM (Studia Uzupełniające Magisterskie) Wydziału WF w krakowskiej Akademii Wychowania Fizycznego. Strukturę grupy przedstawia tabela 1.

Tabela 1
Charakterystyka badanej grupy młodzieży krakowskiej AWF

	Liczebność	Wiek lata	Wykształcenie %	
			Wyższe	Niepełne wyższe
Studentki AWF	109	21–38	95,4	4,6
Studenci AWF	115	22–31	97,4	2,6

Do oceny osobowości ankietowanych wykorzystano Inwentarz Osobowości NEO-FFI w opracowaniu P.T. Costy i R.R. McCrae, ale w polskiej adaptacji [7]. Jest to jedna z najpopularniejszych metod ujmujących osobowość w kategorii cech. Czyni to w pięciu wymiarach:

- 1) neurotyzm,
- 2) ekstrawersja,
- 3) otwartość na doświadczenia,
- 4) ugodowość,
- 5) sumienność.

Są one określane terminem „wielka piątka” i stanowią najbardziej podstawowe wymiary osobowości. Szczegółowy opis wybranych cech można znaleźć w [1].

Z kolei kwestionariusz kompetencji temporalnych (KKT) opracowany przez autorów [6], to psychologiczne narzędzie pomiaru składające się z 64 twierdzeń, których treść dotyczy różnych aspektów przeżywania i wartościowania trzech wymiarów czasu (przeszłości, teraźniejszości i przyszłości). Badani ustosunkowują się do nich na skali pięciostopniowej typu Likerta. W wyniku badania KKT uzyskuje się sześć wskaźników.

Są wśród nich cztery szczegółowe (wyodrębnione w oparciu o analizę czynnikową), tj.:

- 1) otwartość życiowa (OŻ),
- 2) sensowność życia (SŻ),
- 3) nastawienie prospektywne (NP),
- 4) akceptacja przeszłości (AP)

oraz dwa sumarycznie uogólnione wskaźniki, do których należą:

- 1) akceptacja teraźniejszości (AT),
- 2) kompetencja temporalna (KT).

Wskaźnik AT jest sumą wyników w skalach OŻ i SŻ. Natomiast wskaźnik KT jest sumą wyników uzyskanych we wszystkich podstawowych czynnikach: OŻ, SŻ, NP i AP.

W ankietach po wypełnieniu części dotyczącej własnej osobowości badani przechodzili do części dotyczącej wyboru 15 najbardziej przez siebie preferowanych cech u swoich wykładowców [4]. Cechy te ustawiali w kolejności od najistotniejszej do najmniej istotnej.

Największą liczbę studenckich wyborów uzyskały następujące właściwości:

- interesująco wyklada i skupia uwagę (155),
- aktualizuje wiedzę (152),
- obiektywny w ocenie (141),
- sprawiedliwy (134),
- posiada autorytet (132).

3. Zastosowanie sieci Kohonena do grupowania danych

3.1. Podział na grupy w zależności od profilu osobowościowego

Na podstawie ankiet przeprowadzonych na krakowskiej Akademii Wychowania Fizycznego otrzymano 11 elementowe wektory liczb odzwierciedlające profil osobowościowy i temporalny badanego. Do grupowania studentów w zależności od ich cech użyto sieci Kohonena. Sieci neuronowe w tym również sieci Kohonena funkcjonują jako moduł w programie statystycznym Statistica firmy StatSoft [3].

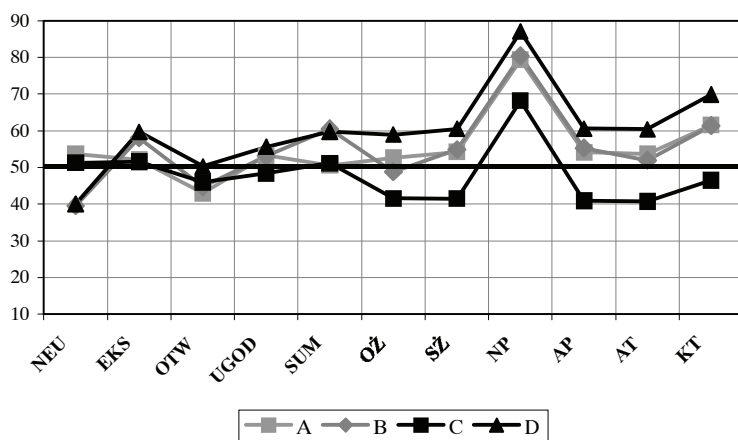
Sieci neuronowe uczone bez nauczyciela opracowane w 1982 przez Teuvo Kohonena [2] są obecnie wykorzystywane m.in. do [5]:

- klasyfikowania i analizy danych;
- kontroli procesów przemysłowych;
- tworzenia modeli np. generowania strategii transakcyjnych czy modelu wiarygodnego kredytobiorcy;
- formułowania precyzyjnych uogólnień na podstawie danych empirycznych, prognozowania.

W przypadku próby podziału studentów na grupy zróżnicowane pod względem profilu osobowościowego i kompetencji temporalnych, dane dla sieci miały formę 11-elementowych wektorów wejściowych. Warstwę Kohonena zaprojektowano jako układ 25 neuronów w formie dwuwymiarowej reprezentacji 5×5 elementów. Tego typu sieć uczona według algorytmu z rywalizacją, ale bez wprowadzonego sąsiedztwa, w efekcie swojego działania pokazuje podział zbioru wejściowego (224 przypadki) na grupy o podobnych cechach. Otrzymał podział na cztery grupy oznaczone na poczet dalszej analizy przez litery A, B, C i D. Każdą grupę reprezentował jeden neuron, bo pozostałe 21 neuronów w żadnym przypadku nie wygrało rywalizacji z czterema wiodącymi węzłami sieci. Trzy grupy zawierają po 66 osób, a czwarte skupisko jedynie 26 przedstawicieli. Wielokrotne uczenie sieci po każdorazowej zmianie wag początkowych nie powodowało dużych różnic w klasyfikacji do poszczególnych grup. Próba powiększenia sieci do 56 neuronów w warstwie rywalizacji nie spowodowała zmiany struktury podziału. Otrzymane grupowanie okazało się więc bardzo stabilne.

3.2. Ocena eksperta wiarygodności wyników grupowania

Podstawowe charakterystyki wydzielonych typów (A, B, C, D) opisano szczegółowo w [1]. Przeprowadzone wyniki jednorodowej analizy wariancyjnej zobrazowano na wykresie (rys. 1) i w tabeli 2.



Rys. 1. Wyniki średnie w skalach NEO-FFI i KKT typów A, B, C, D

Uzyskane dane pozwoliły zidentyfikować specyficzne konstelacje wymiarów osobowościowych mierzonych NEO-FFI i KKT. Zróżnicowanie grup homogenicznych na poziomie średnich wyników, mierzonych opisanymi skalami, jest bardzo wyraźne. Wszystkie wyniki w teście F osiągnęły statystycznie istotną wartość ($p < 0,012$).

Taka ocena eksperta świadczy o tym, że podział na grupy za pomocą sieci neuronowych sprawdził się i prawidłowo wyznaczył granice między rzeczywiście istniejącymi kategoriami w gronie badanych studentów.

Tabela 2
Porównanie typów (A, B, C, D) w zakresie wyników w skalach NEO-FFI oraz KKT:
wyniki analizy wariancji MANOVA

Skale		A	B	C	D	Różnice (ANOVA)		Test Gamesa-Howella $\alpha = 0,05$
		N = 66	N = 66	N = 26	N = 66	F	p	
NEU	M	53,70	39,58	51,31	40,06	54,432	0,000	[A – B,D] [C – B, D]
	σ	7,35	6,03	10,42	8,13			
EKS	M	52,20	58,06	51,58	59,77	17,345	0,000	[A – B,D] [C – B, D]
	σ	7,26	5,77	9,94	7,10			
OTW	M	43,03	44,70	45,96	50,33	10,344	0,000	[D – A, B]
	σ	7,11	8,16	8,01	8,30			
UGOD	M	53,29	53,09	48,38	55,64	3,708	0,012	[C – D]
	σ	8,52	9,01	12,37	9,43			
SUM	M	50,62	60,55	51,15	59,80	28,517	0,000	[A – B, D] [C – B, D]
	σ	7,27	5,77	10,39	7,93			
OŻ	M	53,65	48,82	41,58	59,00	73,302	0,000	[A – B, C, D] [B – C, D] [C – D]
	σ	4,63	5,84	7,76	5,03			
SŻ	M	54,27	54,92	41,50	60,53	92,138	0,000	[C – A, B, D] [D – A, B]
	σ	5,56	4,43	7,00	3,70			
NP	M	79,36	80,47	68,23	87,06	67,722	0,000	[C – A, B, D] [D – A, B]
	σ	5,46	5,61	8,16	5,19			
AP	M	54,14	55,30	40,92	60,62	79,712	0,000	[C – A, B, D] [D – A, B]
	σ	5,99	4,95	6,16	5,31			
AT	M	53,68	52,02	40,77	60,48	169,915	0,000	[C – A, B, D] [D – A, B]
	σ	3,94	3,49	5,41	3,36			
KT	M	61,62	61,45	46,54	69,91	215,307	0,000	[C – A, B, D] [D – A, B]
	σ	4,48	3,39	4,71	3,77			
MANOVA F = 22,484; df ₁ = 33; df ₂ = 619; p<0,000								

3.3. Próba segregacji wyników dotyczących kompetencji

Na podstawie ankiet zebrano również informacje o oczekiwaniach w stosunku do nauczycieli akademickich. W efekcie opracowania wyników uzyskano 50-elementowe wektory przedstawiające wybory danego studenta odnośnie preferowanych cech u wykładowców. Każdy taki wektor zawiera 15 elementów różnych od zera (studenci z 50 cech wybierali

tylko 15). Dodatkowo na odpowiednich polach zakodowano, w formie liczb od 1 do 15, rangę danej cechy.

W drugiej części badań próbowano tak wyznaczone wektory dzielić na kategorie, o ile istnieją. Sieć Kohonena składała się z 9 neuronów uczonych metodą bez sąsiedztwa.

Na wejście podawano 224 50-elementowe wektory obrazujące wybory studentów odnośnie oczekiwanych kompetencji u wykładowców. Uzyskano podział zbioru na pięć grup o podobnej liczbie wektorów (oznaczone cyframi arabskimi od 1 do 5). W eksperymentach ze zwiększoną liczbą neuronów uzyskiwano podział na 8 lub 9 grup. Analiza map topologicznych wykazała, że po pierwsze wygrywające neurony mają bardzo duże pobudzenia, co przy założeniu radialnego liczenia aktywacji neuronu oznacza bardzo duży błąd dopasowania wag neuronu do sygnału wejściowego. Po drugie inne neurony dają tylko niewiele większe odpowiedzi, tzn. że są podobnie (ale oczywiście w większym stopniu) niedopasowane.

Przy uczeniu z sąsiedztwem dostajemy podobny błąd uczenia jak bez włączonego sąsiedztwa, ale podział na grupy jest bardziej równomierny. Wprowadzenie sąsiedztwa oznacza możliwość uczenia wszystkich neuronów i w efekcie dla 9 neuronów skutkuje to 9 grupami zawierającymi od 15 do 30 wektorów. Mapa topologiczna i w tym przypadku wygląda podobnie. Zbyt duże odpowiedzi zwycięskich neuronów dają konkretne wyobrażenie o naturze zbioru uczącego. Wektory o 50 składowych, których tylko 15 składowych jest różnych od zera okazują się tak odległe od siebie, że żaden neuron nie może dopasować się równocześnie do tak dużej liczby różnych sygnałów wejściowych. Zwiększenie puli neuronów w sieci skutkuje zmniejszeniem liczby wektorów rozpoznawanych przez dany neuron, ale dobre dopasowanie uzyskujemy dopiero dla grupy o jednym neuronie. Wtedy oczywiście błąd jest bliski zera. Jednakowoż, uzyskanie podziału 224-elementowego zbioru wektorów na 224 kategorie jest rozwiązaniem trywialnym.

3.4. Analiza zależności wyboru kompetencji od profilu osobowego

W celu zweryfikowaniu wstępnej tezy o zależności wyboru pewnej grupy najbardziej preferowanych cech u wykładowców od predyspozycji osobowych dokonano prostego zabiegu przypisania. Wektorowi odpowiedzi danego studenta z kolejnej grupy (A, B, C, D) przypisano numer jednej z 5 grup kompetencji wyodrębnionych przez 9-neuronową sieć.

Tabela 3 przedstawia liczbę wektorów przypisanych do danej klasy o numerach od 1 do 5, która znalazła się w grupie od A do D. Na przykład dla pola A1 liczba 11 oznacza, że 11 wektorów z grupy 1 stanowiło opinie studentów z grupy A.

Z przedstawionego zestawienia już wstępnie wynika brak powiązania osobowości studenta z jego wyborem 15 najważniejszych według niego cech nauczyciela akademickiego. Biorąc jednak pod uwagę, że różne sieci inaczej grupują wektory kompetencji, nie można tego wniosku na tym etapie badań uogólnić. Dalsza część pracy ma za zadanie opisanie znajdowania metody postępowania w przypadku podejrzenia braku korelacji wybranych grup między sobą tak, aby taką tezę można było potwierdzić z dużą dozą pewności.

Tabela 3
Liczba opinii studentów z grup od A do D, które znalazły się w skupieniach od 1 do 5

Grupa	1	2	3	4	5
A	11	12	11	19	13
B	10	10	11	20	15
C	11	3	4	3	5
D	13	17	17	8	11

4. Weryfikacja otrzymanych wyników za pomocą redukcji cech

Aby poprawić szanse jakiegokolwiek metody grupowania, próbowano drastycznie zmniejszyć wymiarowość przestrzeni wejściowej. Poprzez albo wybieranie najczęściej wskazywanych cech wykładowców, a pomijanie rzadziej występujących, albo grupowanie cech wykładowców w większe kategorie. Do najbardziej interesujących prób należy doprowadzenie wektorów wejściowych do trzech wymiarów.

Ustalono, że można ograniczyć się do trzech kategorii:

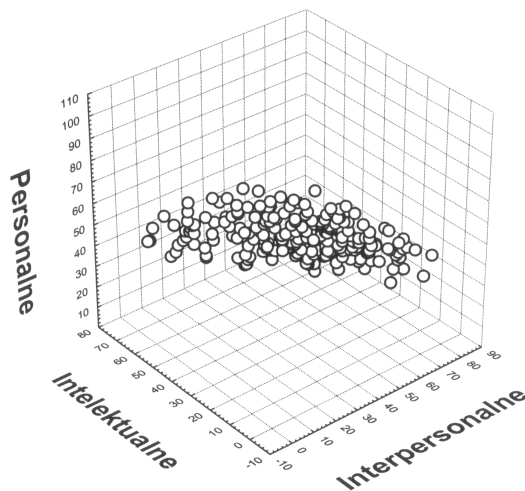
- 1) kompetencje intelektualne,
- 2) kompetencje personalne,
- 3) kompetencje interpersonalne.

W każdej grupie punkty odzwierciedlające jednostkowe wybory są chaotycznie rozmieszczone w przestrzeni wszystkich wyników. Jest to już w dużej mierze weryfikacja działania sieci Kohonena pod warunkiem, że transformacja przestrzeni 50-wymiarowej do trzech wymiarów zachowała wstępną strukturę danych. A takiej pewności nie ma, zwłaszcza w kontekście przyjętej arbitralnie metody dodawania rang wszystkich elementów wchodzących w skład poszerzonej grupy kompetencji. Agregacja wejść polegała na dodaniu tych pół 50-elementowego wektora, które znalazły się w danej grupie cech. Punkty o trzech współrzędnych można już przedstawić w formie wykresu (rys. 2), który ujawnia jednolitą strukturę danych. Wykres obrazuje, jakie miejsce w trójwymiarowej przestrzeni zajmuje opinia każdej z 224 osób. Punkty rozłożone są równomiernie, a ich położenie nie wskazuje na istnienie wyraźnych skupisk.

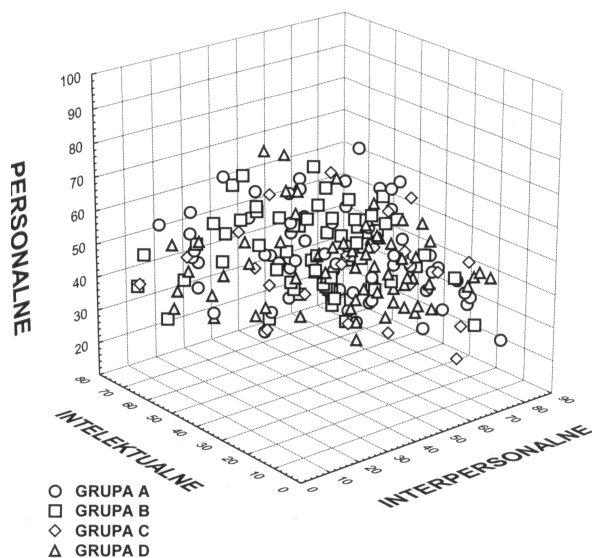
Aby mieć w tym przypadku całkowite potwierdzenie braku homogenicznych grup, na rysunku 3 pokazano, w formie znaczków graficznych, wybory studentów rozbite na poszczególne grupy charakterologiczne.

Aby ostatecznie potwierdzić dotychczasowe wnioski, zdecydowano się na zastosowanie uczenia sieci Kohonena z tzw. forsowaniem, czyli użycie sieci LVQ [4]. Jest to sieć z nauczycielem o warstwie Kohonena jako warstwie ukrytej i warstwie liniowej na wyjściu. Przyjmuje się tyle wyjść ile klas, a każda grupa neuronów w warstwie Kohonena jest przypisana do danego wyjścia (klasy). Specjalny zespół algorytmów LVQ uczy poszczególne neurony w warstwie rywalizującej tak, aby reprezentowały podklasy danej wybranej kategorii. Jeżeli sieć przy różnorodnych strategiach uczenia nie wykazuje zmniejszania błędów i analiza poszczególnych kroków ujawnia permanentne odpychanie kolejnych neuronów

od danej klasy, oznacza to, że wektory w poszczególnych klasach są w dużym stopniu wymieszane i nie da się wyznaczyć nawet po pięć skupisk w danej klasie, które nie nachodziłyby na inne skupiska innych kategorii. Przy wykorzystaniu własnego oprogramowania (wykonanego za pomocą pakietu Matlab) wykonano różnorodne eksperymenty z siecią LVQ o 50 wejściach, 20 neuronach w warstwie ukrytej i czterech neuronach na wyjściu reprezentujących klasy A, B, C i D. Żadna strategia nie przyniosła rezultatu. Sieć nie nauczyła się rozróżniać po pięć podklas danej klasy.



Rys. 2. Wykres ważności wyboru przez studentów trzech grup cech u wykładowców



Rys. 3. Wykresy ważności wyboru cech u wykładowców w poszczególnych grupach studentów

5. Wnioski

Z przedstawionych rozważaniach wynika ostatecznie, że opinie o kompetencjach wykładowców zebrane wśród studentów krakowskiej AWF nie zależą od cech osobowych osób wypełniających ankiety. Jednak najważniejszym wnioskiem z tej pracy jest stwierdzenie, że sieci Kohonena są dobrym i wygodnym narzędziem do zadań grupowania. A dodatkowo w przypadku braku korelacji między dwiema przestrzeniami kategorii można ostatecznie weryfikować tezę o braku powiązania między grupami za pomocą uczenia z forsowaniem, czyli sieci LVQ.

Trzeba podkreślić, że tego typu zadanie grupowania i znajdowania powiązań między otrzymanymi grupami nie należy do unikatowych zadań. Przedstawiona metodologia postępowania może służyć, po pierwsze do sprawdzenia, czy dla innej grupy studenckiej z innej uczelni nie zajdzie przypadek korelacji własnych cech osobowościowych i temporalnych z wyborem preferowanych kompetencji wykładowców, po drugie do nieco innych problemów występujących w dziedzinie sportu. Rozpoczęto już badania ankietowe dotyczące grupy najlepszych polskich trenerów w grach zespołowych i ich cech osobowościowych. Badania dotyczą powiązania cech osobowych trenerów z tzw. syndromem wypalenia, znanym w środowisku sportowym. Zdobyte doświadczenie powinno zaowocować postęпами w prowadzeniu dalszych badań tego typu.

Literatura

- [1] Fiedor M., Tucholska K., Grabska-Chrząstowska J.: *O kompetencjach zawodowych nauczyciela akademickiego w opiniach młodzieży studenckiej krakowskiej AWF*. Komunikowanie społeczne w edukacji, Łądek-Zdrój, 2006
- [2] Kohonen T.: *Self-organizing maps*. Springer-Verlag, Berlin, 1995
- [3] Lula P., Tadeusiewicz R.: *Wprowadzenie do sieci neuronowych*. (tłumaczenie i rozszerzenie wersji pierwotnej), StatSoft, Kraków, 2001
- [4] Mańczak J.: *Kompetentny zawodowo nauczyciel akademicki w opinii studentów*. Pedagogika Szkoły Wyższej, Nr 16, 2001, 129–140
- [5] Tadeusiewicz R.: *Sieci neuronowe*. Warszawa, Akademicka Oficyna Wydawnicza, 1993
- [6] Uchnast Z., Tucholska K.: *Kwestionariusz Kompetencji Temporalnych – KKT*. ZPO KUL, 2002
- [7] Zawadzki B., Strelau J., Szczepaniak P., Śliwińska, M.: *Inwentarz Osobowości NEO-FFI Costy i McCrae*. Pracownia Testów Psychologicznych PTP, Warszawa 1998

