

## **RANKING UCZELNI WYŻSZYCH W OPARCIU O METODY PUNKTU ODNIESIENIA**

**Anna Mościcka**

Instytut Łączności - Państwowy Instytut Badawczy  
e-mail: A.Moscicka@itl.waw.pl

**Włodzimierz Ogryczak**

Instytut Automatyki i Informatyki Stosowanej, Politechnika Warszawska  
e-mail: wogrycza@elka.pw.edu.pl

**Streszczenie:** W artykule omówiono metodę wyznaczenia rankingu jednostek naukowych prezentowaną przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego - metodę porównań parami z ważoną relacją przewyższania oraz wpływ wprowadzenia do rankingu jednostek referencyjnych. Następnie przedstawiono ranking jednostek wyznaczony z wykorzystaniem metod punktu odniesienia. Podano również propozycję modyfikacji klasycznych metod punktu odniesienia, aby lepiej dostosować je do potrzeb wyznaczania rankingu jednostek naukowych. Podsumowanie stanowi analiza i porównanie uzyskanych wyników oraz przedstawienie wniosków końcowych.

**Słowa kluczowe:** ranking uczelni wyższych, ranking wielokryterialny, metoda punktu odniesienia, wielokryterialne wspomaganie decyzji

### **WPROWADZENIE**

Rankingi uczelni wyższych są co roku ulubioną lekturą świeżo upieczonych maturzystów. Większość z nich publikowana jest na łamach różnych kolorowych czasopism, bez podawania szczegółów wykorzystanego algorytmu szeregującego, który zazwyczaj sprowadza się do wyznaczenia prostej sumy, bądź średniej, czy nawet średniej ważonej ocen dla poszczególnych kryteriów. Rankingi tworzone w ten sposób dają często mylne spojrzenie na jakość kształcenia i mogą być powodem podejmowania błędnych decyzji.

Ostatni ranking uczelni wyższych został opublikowany przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego w 2012 roku, jako "poboczny twór" podziału jednostek naukowych na kategorie naukowe. Ranking powstał z wykorzystaniem

metody porównań parami wykorzystującej ważoną relację przewyższania, jednak w połączeniu z jednostkami referencyjnymi, których liczba uzyskanych punktów w poszczególnych kategoriach, nie jest podana do publicznej wiadomości. Dyskusje na temat rankingu jednostek w środowisku naukowym były podejmowane wielokrotnie, najczęściej ze skutkiem negatywnym dla metody rankingu. Kontrowersyjna jest nie tylko metoda rankingu, na której słabościach i wrażliwości skupiono się w niniejszym opracowaniu, ale również "Karta kompleksowej oceny jednostki naukowej", która jest podstawą przyznania jednostkom punktów uzyskanych za poszczególne kryteria oceny [Antonowicz i in. 2013].

W artykule, do wyznaczania rankingu jednostek naukowych, zaproponowano zastosowanie metod punktu odniesienia, które są coraz częściej wykorzystywane i doceniane w wielokryterialnym wspomaganie decyzji. Przykładem takiego zastosowania było wyznaczanie, na potrzeby bibliotek cyfrowych, rankingu dokumentów na podstawie indywidualnych preferencji (profilu hermeneutycznych) użytkownika [Wierzbicki i in. 2011]. Kolejnym, wartym uwagi, zastosowaniem metody punktu odniesienia jest adaptacja jej do poszukiwania rozwiązań efektywnych we wspomaganie wielokryterialnych decyzji w procesach negocjacji dwustronnych [Łodziński 2013].

## METODA PORÓWNAŃ PARAMI WYKORZYSTUJĄCA WAŻONĄ RELACJĘ PRZEWYŻSZANIA

W roku 2009 Komitet Informatyki PAN zaprezentował ranking uczelni wyższych wyznaczony w oparciu o proponowaną przez siebie "obiektywną relację porządkującą". Wykorzystana metoda bazuje na porównaniu jednostek parami na wzór metod Electre [Roy 1990]. Relacja dominacji jednostki X nad jednostką Y została nazwana "większościowa z możliwością veta od kryteriów niezgodnych", która nie jest relacją porządkującą. Listę rankingową na podstawie grafu relacji przewyższania, skonstruowano zatem z wykorzystaniem metody "rangowania na podstawie przepływu netto" (ang. Net Flow Score) [Bouyssou 1992, Słowiński 2008].

Ranking uczelni wyższych zaprezentowany przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego w 2012 roku został wyznaczony metodą bazującą na propozycji KI PAN. Nosi ona nazwę "metody porównań parami wykorzystującą ważoną relację przewyższania", a jej szczegółowy opis zawarty jest w Załączniku nr 8 do Rozporządzenia Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 13 lipca 2012 roku w sprawie kryteriów i trybu przyznawania kategorii naukowej jednostkom naukowym [Dz. U. 2012 nr 0, poz. 877].

Opis metody przedstawiono w oparciu o przykład Grupy Wspólnej Oceny (GWO), w której znajduje się pięć jednostek naukowych (Tabela 1). Wyznaczony dla tej GWO ranking kształtuje się następująco:  $1 > 2 > 3 > 4 > 5$ .

Tabela 1. Przykładowa GWO zawierająca pięć jednostek naukowych

Nr	Kryterium I	Kryterium II	Kryterium III	Kryterium IV	Punkty
1	80,24	287	16,04	45,0	47,44
2	52,27	856	18,97	64,0	3,79
3	53,89	495	13,78	92,5	-15,22
4	51,97	525	12,64	84,5	-18,55
5	54,43	631	14,27	70,0	-18,56

Źródło: obliczenia własne

Jednostka nr 5 została tą metodą rankingu oceniona najgorzej, mimo tego, że w trzech na cztery kryteria osiągnęła większą liczbę punktów niż jednostka nr 4 i jednostka nr 3. Wprowadźmy teraz do GWO jednostkę referencyjną dla kategorii A i ponownie wyznaczmy ranking jednostek naukowych dla analizowanej GWO:

Tabela 2. Przykładowa GWO rozszerzona o jednostkę referencyjną

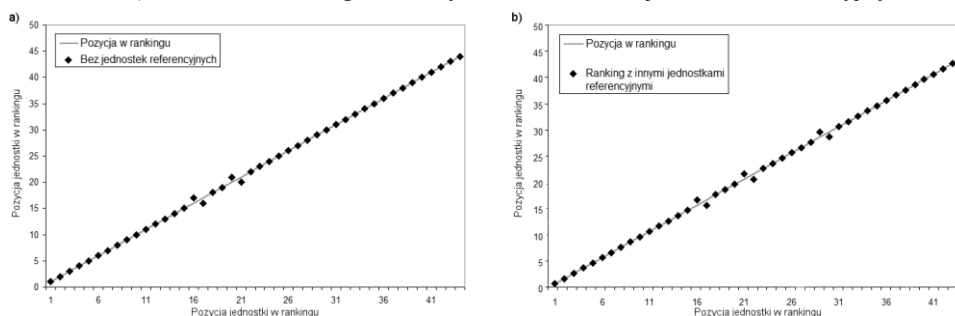
Nr	Kryterium I	Kryterium II	Kryterium III	Kryterium IV	Punkty
1	80,24	287	16,04	45,0	48,98
2	52,27	856	18,97	64,0	5,97
3	53,89	495	13,78	92,5	-11,85
4	51,97	525	12,64	84,5	-14,76
5	54,43	631	14,27	70,0	-13,67
A	50,00	517	17,00	52,0	-14,67

Źródło: obliczenia własne

Dla rozszerzonej o jednostkę referencyjną GWO (Tabela 2) ranking wygląda następująco:  $1 > 2 > 3 > 5 > A > 4$ . Widać zatem, że możliwe jest dopasowanie jednostki referencyjnej tak, aby jednostka nr 5 znalazła się wyżej w rankingu niż jednostka nr 4. Mało tego, jednostka naukowa nr 5 uzyskała kategorię naukową A, natomiast jednostka naukowa nr 4, która w rankingu dla Tabeli 1 nie była jednostką najgorszą, otrzymała kategorię naukową B.

Dla analizowanej na potrzeby artykułu jednej z oryginalnych GWO wprowadzenie jednostek referencyjnych nie dało tak kontrowersyjnych rezultatów. Na Rysunku 1 a) linią prostą zaznaczono pozycję jednostki naukowej w rankingu opublikowanym przez MNiSW. Punkty oznaczają natomiast pozycję w rankingu wyznaczoną według publikowanych danych o jednostkach, jednak bez uwzględnienia jednostek referencyjnych (które znajdują się na pozycji 15 - dla kategorii A oraz na pozycji 35 - dla kategorii B). Po wprowadzeniu jednostek referencyjnych, dwie jednostki zostały ocenione wyżej, a dwie jednostki niżej. Nie miało to jednak wpływu na uzyskane kategorie naukowe.

Rysunek 1. a) Różnice w rankingu po wprowadzeniu jednostek referencyjnych  
b) Różnice w rankingu dla innych wartości ocen jednostek referencyjnych



Źródło: obliczenia własne oraz wykaz jednostek naukowych i kategorii naukowych dostępny na stronie <http://www.nauka.gov.pl>

Jeżeli jednak, w rozpatrywanej GWO, jednostki referencyjne miałyby inne wartości dla poszczególnych kryteriów oceny, ranking końcowy miałby inną postać. Rysunek 1 b) prezentuje ranking jednostek naukowych z jednostkami referencyjnymi, których wartość punktowa dla każdego z kryteriów oceny wynosi:

- + 10% wartości średniej ocen uzyskanych w GWO - dla kategorii A,
- - 10% wartości średniej ocen uzyskanych w GWO - dla kategorii B.

Jednostka referencyjna dla kategorii A znalazła się na 16 pozycji w rankingu, jednostka referencyjna dla kategorii B na miejscu 30. Właśnie dla takich wartości można zaobserwować wahania pozycji w rankingu dla jednostek naukowych znajdujących się w pobliżu jednostek referencyjnych.

Analizowana metoda rankingu jest również wrażliwa na zmianę wartości progowych D i G, które w obecnej metodzie rankingu definiowane są następująco:

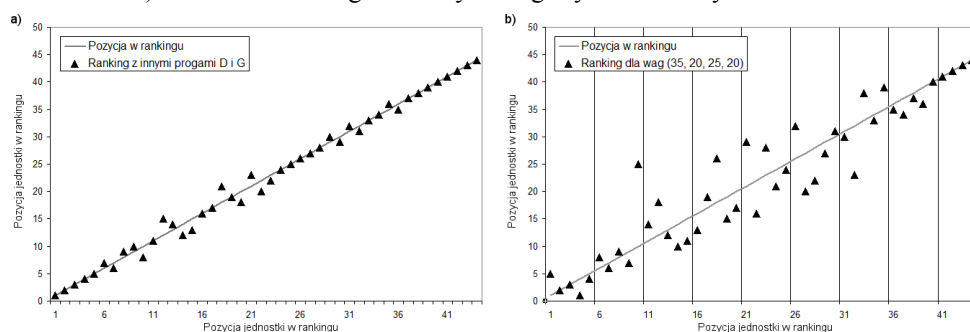
- próg nierozróżnialności D - 10% wartości oceny przyznanej niżej ocenionej jednostce naukowej za i-te kryterium, ale nie mniej niż 10% średniej wartości ocen uzyskanych za to kryterium przez wszystkie jednostki naukowe w danej GWO,
- próg pełnego przewyższania G - 30% wartości oceny przyznanej niżej ocenionej jednostce naukowej za i-te kryterium, ale nie mniej niż 3D.

Przyjęcie innych wartości procentowych, przykładowo: 20% dla wartości D oraz 40% dla wartości G skutkować będzie zmianami w rankingu dla 20 jednostek (Rysunek 2 a).

Jeszcze większy wpływ na ranking ma dobór wag dla kryteriów. W analizowanej GWO wagi, ustalone przez specjalistów z Komitetu Ewaluacji Jednostek Naukowych, dla poszczególnych kryteriów są następujące: 65, 10, 15, 10 [Dz. U. 2012 nr 0, poz. 877]. Zatem największy wpływ na pozycję w rankingu ma kryterium I - osiągnięcia naukowe i twórcze. Pozostałe osiągnięcia mają o wiele mniejsze znaczenie, gdyż stanowią one 35% całkowitej oceny. Gdyby jednak wagi były bardziej wyrównane (przykładowo: 35, 20, 15, 20), 37 jednostek

naukowych znalazłoby się w rankingu na innej pozycji. Warto zauważyć (Rysunek 2 b), że jednostka, która obecnie zajmuje pozycję nr 10 (kategoria naukowa A) przy odmiennie ustalonych wagach zajmowałaby pozycję nr 25 (kategoria naukowa B).

Rysunek 2. a) Różnice w rankingu dla innych wartości progów D i G  
b) Różnice w rankingu dla innych wag kryteriów oceny



Źródło: obliczenia własne oraz wykaz jednostek naukowych i kategorii naukowych dostępny na stronie <http://www.nauka.gov.pl>

## METODY PUNKTU ODNIESIENIA

Metody punktu odniesienia (MPO) zyskują coraz większą popularność w optymalizacji wielokryterialnej, również dla problemów dyskretnych. Ze względu na swoją niewielką złożoność obliczeniową bardzo dobrze sprawdzają się w zastosowaniach praktycznych, nawet jeśli wymagają one przetworzenia dużej liczby danych. Nic nie stoi na przeszkodzie, aby wykorzystać MPO również dla zagadnienia wyznaczania rankingu. Tym bardziej, że wyznaczony w ten sposób ranking można nazwać rankingiem obiektywnym [Ameljańczyk 2013].

### Klasyczna metoda punktu odniesienia

Podstawowa metoda punktu odniesienia<sup>1</sup> wymaga od decydenta zdefiniowania wektora - poziomu aspiracji, będącego wyrażeniem jego oczekiwań względem uzyskanego rozwiązania. Na tej podstawie dla każdej z dostępnych opcji obliczana jest tzw. indywidualna funkcja osiągnięcia. Ważnym jest, aby funkcja ta była przedziałami liniowa, rosnąca i wklęsła.

Niech teraz  $s_i$  oznacza indywidualną funkcję osiągnięcia,  $y_i$  - wartość punktową dla  $i$ -tego kryterium uzyskaną przez jednostkę naukową  $X$ ,  $a_i$  - wartość wektora aspiracji dla  $i$ -tego kryterium oceny. W najprostszej wersji  $s_i$  definiowana

<sup>1</sup> Opis metod punktu odniesienia na podstawie: Ogryczak W. (2008) Reference point method with importance weighted partial achievements, *Journal of Telecommunications and Information Technology*, 17-25.

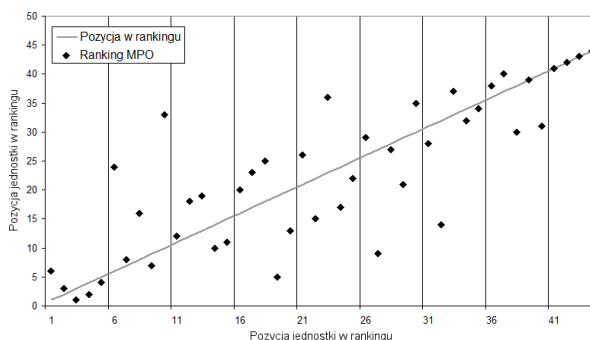
jest jako odległość rozwiązania  $y_i$  od poziomu aspiracji  $a_i$  ( $s_i=y_i-a_i$ ). Liczba punktów uzyskanych przez jednostkę naukową wyznaczana jest według wzoru:

$$s(y) = \min_{i=1, \dots, m} s_i(a_i, y_i) + \varepsilon \sum_{i=1}^m s_i(a_i, y_i) \quad (1)$$

gdzie:  $\varepsilon$  - mała wartość dodatnia.

Wyznaczony tą metodą ranking uczelni wyższych w znacznym stopniu odbiega (Rysunek 3) od rankingi obecnego, wyznaczonego metodą porównań parami z ważoną relacją przewyższania.

Rysunek 3. Różnice w rankingu wyznaczonym metodą porównań parami i metodą punktu odniesienia



Źródło: obliczenia własne oraz wykaz jednostek naukowych i kategorii naukowych dostępny na stronie <http://www.nauka.gov.pl>

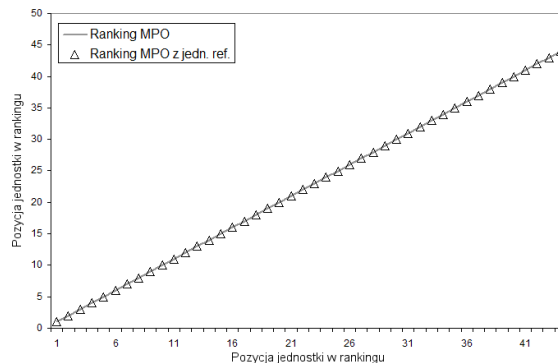
Jako wektor aspiracji arbitralnie przyjęto 70% wartości maksymalnej (osobno dla każdego z kryteriów oceny) uzyskanej przez jednostki naukowe w rozpatrywanej GWO. W rankingu wyznaczonym z wykorzystaniem klasycznej metody punktu odniesienia 19 jednostek zostało sklasyfikowanych niżej, natomiast 20 jednostek zostało sklasyfikowanych wyżej w stosunku do rankingu publikowanego przez MNiSW. Dodatkowo, gdyby zachować "oryginalną" licznosc jednostek w kategoriach naukowych, 14 jednostek dostałoby inną kategorię naukową.

Warto również zauważyć, że jednostka, która zajmuje obecnie 10 pozycję w rankingu (kategoria naukowa A), znalazłaby się na pozycji 33, która jest jedną z ostatnich pozycji jednostek z kategorią naukową B.

Metoda ta nie daje jednak żadnych informacji o podziale jednostek na kategorie naukowe. Nic jednak nie stoi na przeszkodzie, aby do rankingu dodać jednostki referencyjne, tak jak zostało to zrobione w metodzie porównań parami opisywanej w poprzednim rozdziale. Zauważyć warto, że bez względu na to, jaką liczbę punktów za kryteria dostaną jednostki referencyjne, spełnią one rolę wyłącznie podziału jednostek na kategorie naukowe. Wprowadzenie do rankingu, wyznaczonego klasyczną metodą punktu odniesienia, jednostek referencyjnych nie ma żadnego wpływu na pozycję pozostałych jednostek - pozostaje ona

niezmieniona (Rysunek 4). Właściwości tej nie miała metoda porównań parami, gdyż na ostateczne miejsce jednostki w rankingu miały wpływ oceny uzyskane przez wszystkie inne jednostki.

Rysunek 4. Ranking wyznaczony metodą punktu odniesienia po wprowadzeniu jednostek referencyjnych



Źródło: obliczenia własne

### Przedziałowa metoda punktu odniesienia

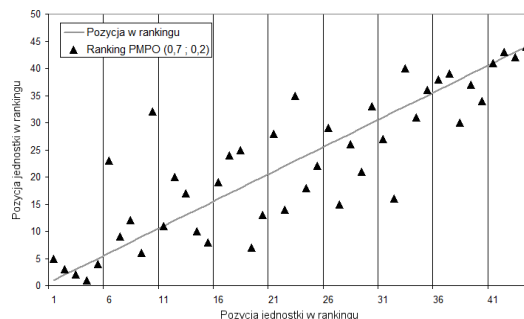
Przedziałowa metoda punktu odniesienia (PMPO), oprócz zdefiniowania wektora aspiracji, wymaga sprecyzowania również wektora rezerwacji, będącego określeniem wartości minimalnych dla każdego z kryteriów. Wektory te spełniają również rolę "współczynników skalujących", które dodatkowo określają kierunek poszukiwania rozwiązania satysfakcjonującego. Indywidualne funkcje osiągnięcia  $s_i(a_i, r_i, y_i)$  powinny być skonstruowane tak, aby mierzyły odchylenie wartości kryterium oceny  $y_i$  od poziomu aspiracji  $a_i$  i poziomu rezerwacji  $r_i$ . Są to funkcje przedziałami liniowe, rosnące i wklęsłe przyjmujące wartość 0 dla oceny  $y_i$  równej poziomowi rezerwacji  $r_i$  oraz 1 dla oceny równej poziomowi aspiracji  $a_i$ . Formalną definicję indywidualnych funkcji osiągnięcia można znaleźć w [Ogryczak 2008].

Niech teraz  $y_i$ ,  $a_i$ ,  $\varepsilon$  będą zdefiniowane jak we wzorze (1),  $r_i$  oznacza wartość wektora rezerwacji dla  $i$ -tego kryterium oceny. Liczba punktów uzyskanych przez jednostkę naukową wyznaczana jest według wzoru:

$$s(y) = \min_{i=1, \dots, m} s_i(a_i, r_i, y_i) + \varepsilon \sum_{i=1}^m s_i(a_i, r_i, y_i) \quad (2)$$

Wyznaczony tą metodą ranking uczelni wyższych, podobnie jak dla przypadku klasycznej metody punktu odniesienia, różni się zupełnie od rankingu wyznaczonego metodą porównań parami z ważoną relacją przewyższania (Rysunek 5). Jako wektor aspiracji przyjęto 70%, natomiast wektor rezerwacji - 20% wartości maksymalnej oceny uzyskanej przez jednostki w analizowanej GWO. Obie wartości zostały przyjęte w sposób arbitralny.

Rysunek 5. Różnice w rankingu dla przedziałowej metody punktu odniesienia



Źródło: obliczenia własne oraz wykaz jednostek naukowych i kategorii naukowych dostępny na stronie <http://www.nauka.gov.pl>

Wektory: aspiracji i rezerwacji mają bardzo intuicyjną interpretację - określają oczekiwania decydenta, co do wartości oczekiwanych (aspiracja) oraz minimalnych (rezerwacja). Widać tutaj zatem pewną analogię do jednostek referencyjnych. Oczywiście jest zatem, że zastosowanie przedziałowej metody punktu odniesienia będzie w całości wolne od potrzeby sztucznego dodawania jednostek do GWO. Odpowiednia konstrukcja indywidualnych funkcji osiągnięcia umożliwia klasyfikację jednostek naukowych do właściwych kategorii naukowych wyłącznie na podstawie liczby punktów jakie jednostka uzyskała.

## DEDYKOWANA METODA WYZNACZANIA RANKINGU

Chociaż dowolność w doborze wartości dla wektorów aspiracji i rezerwacji wydaje się być wystarczająca do wyznaczenia rankingu uczelni wyższych, zamiarem Komitetu Ewaluacji Jednostek Naukowych było nieco odmienne potraktowanie jednostek naukowych z różnych dziedzin naukowych. Z tego powodu poszczególne kryteria oceny są mnożone przez wagi, które są inne w zależności od obszarów nauki oraz charakteru ocenianej jednostki (przykładowo: instytuty badawcze mają inny wektor wag niż jednostki uczelniane).

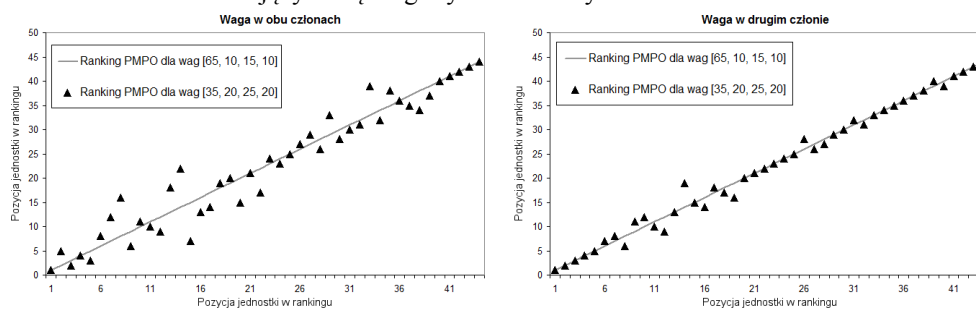
Metody punktu odniesienia również umożliwiają uwzględnienie wektora wag w procesie wyznaczenia rankingu jednostek. Należy jednak zauważyć, że uwzględnienie wag w pierwszym członie (wartość minimum) będzie miało zbyt duży wpływ na ostateczny wynik punktowy w rankingu. Spowoduje to również większą wrażliwość rankingu na zmianę wag (Rysunek 6). Dlatego naszą propozycją jest uwzględnienie wektora wag wyłącznie w drugim członie równania. Wówczas:

$$s(y) = \min_{i=1,\dots,m} s_i(a_i, r_i, y_i) + \varepsilon \sum_{i=1}^m w_i s_i(a_i, r_i, y_i) \quad (3)$$

gdzie  $w_i$  jest wagą  $i$ -tej oceny.



Rysunek 6. Różnice w rankingach wyznaczonych przedziałową metodą punktu odniesienia dla zmieniających się wag kryteriów oceny



Źródło: obliczenia własne

## WNIOSKI

Ranking uczelni wyższych opublikowany przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego w 2012 roku wzbudził wiele kontrowersji oraz był przedmiotem wielu dyskusji w środowisku naukowym. Analiza metody porównań parami z ważoną relacją przewyższania, którą posłużono się do wyznaczenia rankingu jednostek naukowych pokazała, iż ma ona słabe punkty na każdym z etapów wyznaczania rankingu. Metoda ta jest wrażliwa zarówno na zmianę progów nierozróżnialności D oraz pełnego przewyższania G, zmianę wag kryteriów oceny, jak i sztuczne wprowadzenie do GWO jednostek referencyjnych, od których zależy przydział jednostki naukowej do odpowiedniej kategorii naukowej.

Metody punktu odniesienia pozwalają na wyznaczenie rankingu jednostek naukowych znacznie mniejszym nakładem obliczeniowym (choćby z braku konieczności porównań jednostek parami). Przedziałowa metoda punktu odniesienia okazała się bardzo dobrym narzędziem, które - poprzez definiowanie elastycznych poziomów aspiracji i rezerwacji - wyklucza konieczność dodawania do GWO sztucznych jednostek referencyjnych.

Dedykowana metoda rankingu umożliwia uwzględnienie wektora wag dla kryteriów oceny, dzięki któremu możliwe będzie dostosowanie metody obliczania punktów dla jednostki naukowej z uwzględnieniem jej obszaru badań i profilu działalności. Sugerowane jest jednak uwzględnienie wektora wag wyłącznie w drugim członie równania.

Na zakończenie warto wspomnieć, że metody punktu odniesienia generują zupełnie inny ranking jednostek naukowych, niż ten publikowany przez MNiSW. Ranking wyznaczony metodą punktu odniesienia wydaje się być lepszym, ze względu na swoje właściwości i większą stabilność. Jednak każdy ranking z pewnością będzie budził wiele zastrzeżeń i wątpliwości, gdyż niemożliwym jest utworzenie rankingu, który zadowoli wszystkich zainteresowanych.

**BIBLIOGRAFIA**

- Ameljańczyk A. (2013) Metoda podziału zbioru obiektów na wielokryterialne klastry jakościowe, *Biuletyn Instytutu Systemów Informatycznych*, 1-7.
- Antonowicz D., Brzeziński J. M. (2013) Doświadczenia parametryzacji jednostek naukowych z obszaru nauk humanistycznych i społecznych 2013 - z myślą o parametryzacji 2017, *Nauka*, 4, 51-85.
- Bouyssou D. (1992) Ranking methods based on valued preference relations: A characterization of the net flow method. *European Journal of Operational Research*, 60. 1, 61-67.
- Łodziński A. (2013) Zastosowanie metody punktu odniesienia do znajdowania decyzji symetrycznie efektywnych w modelowaniu wielokryterialnym procesu negocjacji dwustronnych, *Studia i Materiały Informatyki Stosowanej*, Tom 12, 19-28.
- Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego, Dziennik Ustaw 2012 poz. 877 Rozporządzenie Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 13 lipca 2012 r. w sprawie kryteriów i trybu przyznawania kategorii naukowej jednostkom naukowym.
- Ogryczak W. (2008) Reference point method with importance weighted partial achievements, *Journal of Telecommunications and Information Technology*, 17-25.
- Roy B. (1990) Wielokryterialne wspomaganie decyzji, *Wydawnictwa Naukowo-Techniczne*.
- Słowiński R. (2008) Algorytm konstrukcji listy rankingowej jednostek, *Instytut Informatyki Politechniki Poznańskiej*, <http://www.ki.pan.pl/index.php/pl/ranking-uczelni>
- Wierzbicki A. P., Klimasara, E., Mościcka, A. (2011) Logika i inżynieria wiedzy w telekomunikacji. *Telekomunikacja i Techniki Informacyjne*, 3-23.

**RANKING OF UNIVERSITIES BASED ON THE REFERENCE POINT METHODS**

**Abstract:** This paper presents the ranking of universities published by the Ministry of Science and Higher Education, determined by pairwise comparisons method with a weighted outranking relationship and the impact of introduction of reference units to the ranking. Next there is presented an approach based on the reference point methods. We also propose a modification of classical reference point method, to adjust them to the needs of determining the ranking of universities. We conclude with the analysis and comparison of these two approaches.

**Keywords:** ranking of universities, multicriteria ranking algorithms, reference point method, multicriteria decision support