

PRACE NAUKOWE

Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu

RESEARCH PAPERS

of Wrocław University of Economics

Nr 328

Taksonomia 23

**Klasyfikacja i analiza danych –
teoria i zastosowania**

Redaktorzy naukowci

Krzysztof Jajuga, Marek Walesiak



Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu
Wrocław 2014

Redaktor Wydawnictwa: Barbara Majewska

Redaktor techniczny: Barbara Łopusiewicz

Korektor: Barbara Cibis

Łamanie: Beata Mazur

Projekt okładki: Beata Dębska

Publikacja jest dostępna w Internecie na stronach:

www.ibuk.pl, www.ebscohost.com,

w Dolnośląskiej Bibliotece Cyfrowej www.dbc.wroc.pl,

The Central and Eastern European Online Library www.ceeol.com,

a także w adnotowanej bibliografii zagadnień ekonomicznych BazEkon

http://kangur.uek.krakow.pl/bazy_ae/bazekon/nowy/index.php

Informacje o naborze artykułów i zasadach recenzowania znajdują się
na stronie internetowej Wydawnictwa

www.wydawnictwo.ue.wroc.pl

Tytuł dofinansowany ze środków Narodowego Banku Polskiego
oraz ze środków Sekcji Klasyfikacji i Analizy Danych PTS

Kopiowanie i powielanie w jakiegokolwiek formie
wymaga pisemnej zgody Wydawcy

© Copyright by Uniwersytet Ekonomiczny we Wrocławiu
Wrocław 2014

ISSN 1899-3192 (Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu)

ISSN 1505-9332 (Taksonomia)

Wersja pierwotna: publikacja drukowana

Druk: Drukarnia TOTEM

Spis treści

Wstęp	11
Małgorzata Rószkiewicz , Wykorzystanie metaanalizy w budowaniu modelu pomiarowego w przypadku braku niezmienniczości zasad pomiaru na przykładzie pomiaru zadowolenia z życia.....	13
Elżbieta Sobczak , Harmonijność inteligentnego rozwoju regionów Unii Europejskiej	21
Ewa Roszkowska, Renata Karwowska , Analiza porównawcza województw Polski ze względu na poziom zrównoważonego rozwoju w roku 2010.....	30
Tadeusz Kufel, Magdalena Osińska, Marcin Błażejowski, Paweł Kufel , Analiza porównawcza wybranych filtrów w analizie synchronizacji cyklu koniunkturalnego.....	41
Marcin Salamaga , Próba konstrukcji tablic „wymierania scenicznego” spektakli operowych na przykładzie Metropolitan Opera.....	51
Iwona Foryś , Wykorzystanie analizy dyskryminacyjnej do typowania rynków podobnych w procesie wyceny nieruchomości niemieszkalnych	59
Jerzy Korzeniewski , Selekcja zmiennych w klasyfikacji – propozycja algorytmu	69
Sabina Denkowska , Testowanie wielokrotne przy weryfikacji wieloczynnikowych modeli proporcjonalnego hazardu Coxa.....	76
Ewa Chodakowska , Teoria równań strukturalnych w klasyfikacji zmiennych jawnych i ukrytych według charakteru ich wzajemnych oddziaływań	85
Iwona Konarzewska , Model PCA dla rynku akcji – studium przypadku	94
Katarzyna Wójcik, Janusz Tuchowski , Dobór optymalnego zestawu słów istotnych w opiniach konsumentów na potrzeby ich automatycznej analizy	106
Aleksandra Łuczak , Zastosowanie metody AHP-LP do oceny ważności determinant rozwoju społeczno-gospodarczego w jednostkach administracyjnych	116
Aleksandra Witkowska, Marek Witkowski , Klasyfikacja pozycyjna banków spółdzielczych według stanu ich kondycji finansowej w ujęciu dynamicznym	126
Adam Depta , Zastosowanie analizy korespondencji do oceny jakości życia ludności na podstawie kwestionariusza SF-36v2	135
Marek Lubicz, Maciej Zięba, Konrad Pawelczyk, Adam Rzechonek, Marek Marciniak, Jerzy Kołodziej , Indukcja reguł dla danych niekompletnych i niezbalansowanych: modele klasyfikatorów i próba ich zastosowania do predykcji ryzyka operacyjnego w torakochirurgii	146

Małgorzata Misztal , Wybrane metody oceny jakości klasyfikatorów – przegląd i przykłady zastosowań.....	156
Anna M. Olszewska , Wykorzystanie wybranych metod taksonomicznych do oceny potencjału innowacyjnego województw	167
Iwona Bąk , Porównanie jakości grupowań powiatów województwa zachodniopomorskiego pod względem atrakcyjności turystycznej.....	177
Agnieszka Kozera, Joanna Stanisławska, Romana Głowicka-Wołoszyn , Segmentacja gospodarstw domowych według wydatków na turystykę zorganizowaną.....	186
Agnieszka Wałęga , Podejście syntetyczne w analizie spójności ekonomicznej gospodarstw domowych.....	196
Joanna Banaś, Małgorzata Machowska-Szewczyk, Bożena Mroczek , Zastosowanie analizy korespondencji do badania wpływu elektrowni wiatrowych na jakość życia ludności	205
Joanna Banaś, Krzysztof Małecki , Klasyfikacja punktów pomiarów ankietowych kierowców na granicy Szczecina z wykorzystaniem zmiennych symbolicznych.....	214
Aneta Becker , Wykorzystanie informacji granularnej w analizie wymagań rynku pracy.....	222
Katarzyna Cheba, Joanna Holub-Iwan , Wykorzystanie analizy korespondencji w segmentacji rynku usług medycznych.....	230
Adam Depta, Iwona Staniec , Identyfikacja czynników decydujących o jakości życia studentów łódzkich uczelni.....	238
Katarzyna Dębowska, Jarosław Kilon , Reguły asocjacyjne w analizie wyników badań metodą Delphi.....	247
Anna Domagała , O wykorzystaniu analizy głównych składowych w metodzie <i>Data Envelopment Analysis</i>	254
Alicja Grześkowiak , Analiza wykluczenia cyfrowego w Polsce w ujęciu indywidualnym i regionalnym.....	264
Anna M. Olszewska, Anna Gryko-Nikitin , Pomiar postrzegania jakości kształcenia uczelni wyższej na danych porządkowych z wykorzystaniem środowiska R.....	273
Karolina Paradysz , Hierarchiczna metoda grupowania powiatów jako podejście benchmarkowe w ocenie bezrobocia według BAEL-u w wybranych typach małych obszarów	282
Radosław Pietrzyk , Porównanie metod pomiaru efektywności zarządzania portfelami funduszy inwestycyjnych.....	290
Agnieszka Przedborska, Małgorzata Misztal , Wybrane metody statystyki wielowymiarowej w ocenie skuteczności terapeutycznej głębokiej stymulacji elektromagnetycznej u pacjentów z chorobą zwyrodnieniową stawów.....	299

Wojciech Roszka, Marcin Szymkowiak , Podejście kalibracyjne w statystycznej integracji danych	308
Iwona Skrodzka , Zastosowanie wybranych metod klasyfikacji do analizy kapitału ludzkiego krajów Unii Europejskiej	316
Agnieszka Stanimir , Wielowymiarowa analiza czynników sprzyjających włączeniu społecznemu	326
Dorota Strózik, Tomasz Strózik , Przestrzenne zróżnicowanie poziomu życia w województwie wielkopolskim.....	334
Izabela Szamrej-Baran , Identyfikacja przyczyn ubóstwa energetycznego w Polsce przy wykorzystaniu modelowania miękkiego.....	343
Janusz Tuchowski, Katarzyna Wójcik , Klasyfikacja obiektów w systemie Krajowych Ram Kwalifikacji opisanych za pomocą ontologii	353
Aleksandra Matuszewska-Janica , Grupowanie krajów Unii Europejskiej ze względu na poziom feminizacji sektorów gospodarczych	361
Monika Rozkrut, Dominik Rozkrut , Identyfikacja strategii innowacyjnych przedsiębiorstw usługowych w Polsce	369

Summaries

Małgorzata Rószkiewicz , The use of meta-analysis in building the measurement model in case of the absence of measurement invariance on the example of measuring of life satisfaction.....	20
Elżbieta Sobczak , Harmonious smart growth of European Union regions.....	29
Ewa Roszkowska, Renata Karwowska , The comparative analysis of Polish voivodeships with respect to sustainable development in 2010.....	40
Tadeusz Kufel, Magdalena Osińska, Marcin Błażejowski, Paweł Kufel , Comparative analysis of chosen filters in business cycles analysis	50
Marcin Salamaga , The attempt of construction of the life tables for opera works on the example of the Metropolitan Opera	58
Iwona Foryś , Using discriminant analysis to select similar markets in non-residential property valuation process.....	68
Jerzy Korzeniewski , Variable selection in classification – algorithm proposal	75
Sabina Denkowska , Multiple testing in the verification process of multifactorial Cox proportional hazards models	84
Ewa Chodakowska , The theory of structural equations modelling in the classification of observed variables and latent constructs according to the character of their relationship.....	93
Iwona Konarzewska , Modelling stock market by PCA factor model – case study	105

Katarzyna Wójcik, Janusz Tuchowski , Selection of the optimal set of relevant words in consumers opinions in the context of the opinion mining ..	115
Aleksandra Łuczak , Application of AHP-LP to the evaluation of importance of determinants of socio-economic development in the administrative units	125
Aleksandra Witkowska, Marek Witkowski , A dynamic approach to the ranking of cooperative banks by their financial condition	134
Adam Depta , Application of correspondence analysis for the measurement of quality of life – questionnaire SF-36v2 based research	145
Marek Lubicz, Maciej Zięba, Konrad Pawelczyk, Adam Rzechonek, Marek Marciniak, Jerzy Kołodziej , Classification rules extraction for missing and imbalance data: models of classifiers and initial results in the rules-based thoracic surgery risk prediction.....	155
Małgorzata Misztal , Selected methods for assessing the performance of classifiers – an overview and examples of applications.....	166
Anna M. Olszewska , The application of selected quantitative methods to the evaluation of voivodeship innovation level potential.....	176
Iwona Bąk , The comparison of the quality of groupings of poviats of West Pomeranian Voivodeship in terms of tourism attractiveness	185
Agnieszka Kozera, Joanna Stanisławska, Romana Głowicka-Wołoszyn , Household segmentation with respect to the expenditure on organized tourism.....	195
Agnieszka Wałęga , Synthetic approach in the analysis of economic coherence of households	204
Joanna Banaś, Małgorzata Machowska-Szewczyk, Bożena Mroczek , Using the correspondence analysis to examine the impact of wind turbines on the quality of life.....	213
Joanna Banaś, Krzysztof Małecki , Classification of measurement survey points of drivers on the boundary of Szczecin using symbolic variables...	221
Aneta Becker , The use granular information in the analysis of the requirements of the labor market.....	229
Katarzyna Cheba, Joanna Hołub-Iwan , The application of the correspondence analysis of patients segmentation on the medical service market	237
Adam Depta, Iwona Staniec , Identification of the factors that determine the quality of students life at universities in Lodz.....	246
Katarzyna Dębkowska, Jarosław Kilon , Association rules in the analysis of research results the Delphi method	253
Anna Domagała , About using Principal Component Analysis in Data Envelopment Analysis	263
Alicja Grześkowiak , Analysis of the digital divide in Poland at the individual and regional level	272

Anna M. Olszewska, Anna Gryko-Nikitin , Assessment of perception of quality of teaching at an institution of higher learning based on the ordinal data with the utilization of R environment.....	281
Karolina Paradysz , The hierarchical method of grouping poviats as a benchmark approach in the assessment of unemployment by BAEL in selected types of small areas	289
Radosław Pietrzyk , Comparison of methods of measuring the performance of investment funds portfolios.....	298
Agnieszka Przedborska, Małgorzata Misztal , Selected multivariate statistical analysis methods in the evaluation of efficacy of deep electromagnetic stimulation in patients with degenerative joint disease	307
Wojciech Roszka, Marcin Szymkowiak , A calibration approach in statistical data integration	315
Iwona Skrodzka , Application of some methods of classification to the analysis of human capital in the European Union.....	325
Agnieszka Stanimir , Multivariate analysis of social inclusion factors.....	333
Dorota Strózik, Tomasz Strózik , Spatial differentiation of the standard of living in Great Poland Voivodeship	342
Izabela Szamrej-Baran , Identification of fuel poverty causes in Poland using soft modelling	352
Janusz Tuchowski, Katarzyna Wójcik , Classification of objects in the National Classification Framework described by the ontology.....	360
Aleksandra Matuszewska-Janica , Clustering of European Union states taking into consideration the levels of feminization of economic sectors..	368
Monika Rozkrut, Dominik Rozkrut , Identification of service sector innovation strategies in Poland.....	379

Aleksandra Łuczak

Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

ZASTOSOWANIE METODY AHP-LP DO OCENY WAŻNOŚCI DETERMINANT ROZWOJU SPOŁECZNO-GOSPODARCZEGO W JEDNOSTKACH ADMINISTRACYJNYCH

Streszczenie: Celem pracy było przedstawienie możliwości zastosowania metody AHP-LP, która integruje metodę analitycznego procesu hierarchicznego i programowanie liniowe do oceny ważności determinant rozwoju społeczno-gospodarczego w jednostkach administracyjnych. Porównano proponowane podejście z klasycznym AHP oraz rozmytym AHP, a także zastosowano je do oceny ważności determinant rozwoju w gminach powiatu międzyszyckiego w województwie lubuskim.

Słowa kluczowe: analityczny proces hierarchiczny, programowanie liniowe, AHP-LP.

1. Wstęp

Za podstawowe determinanty¹ różnicujące jednostki administracyjne można uznać: potencjał ludzki, rynek pracy, infrastrukturę społeczną, infrastrukturę techniczną, gospodarkę, finanse publiczne i środowisko naturalne. Decydują one o charakterze i możliwościach rozwoju, a ich ocena ważności ma wpływ na planowanie rozwoju jednostek administracyjnych. W pracy do oceny ważności determinant rozwoju społeczno-gospodarczego została zaproponowana metoda AHP-LP, która integruje metodę analitycznego procesu hierarchicznego i programowanie liniowe [zob. Gao, Zhang, Cao 2009]. Metoda ta polega na porównaniach parami ważności determinant rozwoju przez ekspertów. Przewaga ważności jednej determinanty nad drugą opisana w sposób jakościowy zostaje przekształcona na liczby rzeczywiste według skali Saaty'ego [1980, 2004]. Są one podstawą do wyznaczenia wag ważności determinant rozwoju, tzw. priorytetów globalnych. Priorytety globalne obliczane są

¹ W pracy odróżnia się pojęcie determinanty od pojęcia wskaźnika. Determinanta rozwoju jest to czynnik wpływający na rozwój w istotny sposób. Natomiast za wskaźnik w analizach ekonomicznych uznaje się liczbowe przedstawienie rozpatrywanej wielkości wybranej cechy ilościowej badanego zjawiska. Z tych względów jedna determinanta może mieć kilka wskaźników, które będą ją opisywać.

z wykorzystaniem programowania liniowego. W pracy porównano proponowaną metodę z klasycznym AHP oraz FAHP. Proponowane podejście zostało zastosowane do oceny ważności determinant rozwoju gmin w powiecie międzyrzeckim w województwie lubuskim.

2. Metodyka badań

Ocena ważności determinant rozwoju – czynników rozwoju – może zostać dokonana w oparciu o analityczny proces hierarchiczny² bazujący na programowaniu liniowym (AHP-LP) [Gao, Zhang, Cao 2009]. Proponowane podejście przebiega według następujących etapów:

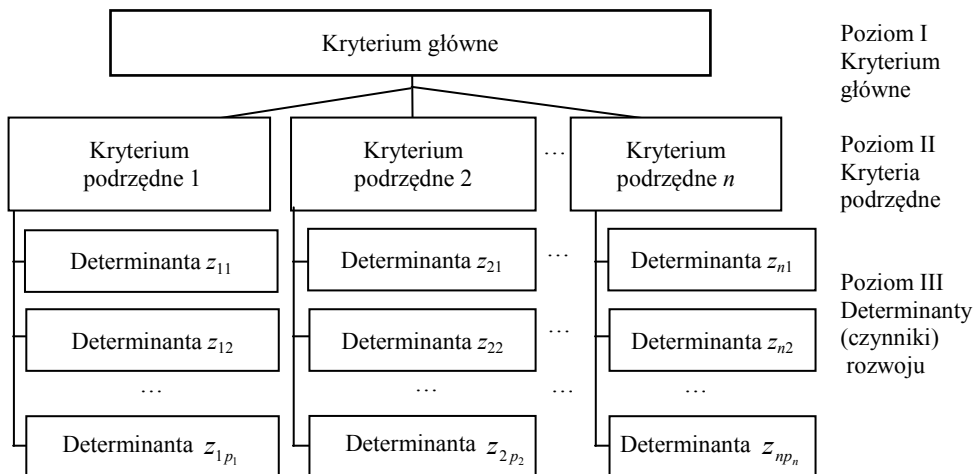
Etap 1. Budowa hierarchicznego schematu decyzyjnego.

Etap 2. Porównania parami ważności elementów decyzyjnych.

Etap 3. Sprawdzenie zgodności porównań parami elementów decyzyjnych.

Etap 4. Budowa modelu optymalizacyjnego i obliczenie priorytetów.

Etap 1. Budowa hierarchicznego schematu decyzyjnego. Schemat budowany jest poprzez rozkład problemu na elementy składowe: kryterium główne, kryteria podrzędne i determinanty (czynniki) rozwoju [Saaty 1980, 1990, 2004; Łuczak, Wysocki 2005] (rys.1). Kryterium główne jest czynnikiem głównym służącym za



Rys. 1. Hierarchiczny schemat

Źródło: opracowanie własne na podstawie Saaty [1980].

² Analityczny proces hierarchiczny (AHP) jest jedną z metod stosowaną do rozwiązywania problemów decyzyjnych, tj. ranking, wybór jednej z kilku alternatyw, ustalenie ważności elementów decyzyjnych, alokacja zasobów, benchmarking, rozwiązywanie konfliktów czy zarządzanie jakością [Saaty 1980].

podstawę oceny badanego obiektu i jest umieszczane na szczycie hierarchii (poziom I). Kryteria podrzędne są uszczegółowieniem kryterium głównego i tworzą drugi poziom. Natomiast trzeci poziom tworzą determinanty rozwoju, będące uszczegółowieniem kryteriów podrzędnych.

Etap 2. Porównania parami ważności elementów decyzyjnych. Porównań dokonują eksperci na każdym poziomie hierarchii, wykorzystując do tego dziewięciopunktową skalę Saaty'ego [1980]. Wyniki porównań zestawia się w postaci macierzy porównań parami:

$$\mathbf{A}_k = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & \dots & a_{1(\bullet)} \\ 1/a_{12} & 1 & \dots & a_{2(\bullet)} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ 1/a_{1(\bullet)} & 1/a_{2(\bullet)} & \dots & 1 \end{bmatrix}, \quad k=1, \dots, n+1,$$

gdzie: $a_{ij} = \left(\sqrt[Q]{\prod_{c=1}^Q a_{ij}^{(c)}} \right)$, $a_{ij}^{(c)}$ – siła przewagi ważności i -tego elementu decyzyjnego nad j -tym, uzyskana w porównaniu dokonany przez eksperta c ($c=1, \dots, Q$, Q – liczba ekspertów), $i, j=1, \dots, (\bullet)$, (\bullet) oznacza n – liczbę kryteriów podrzędnych lub p_l ($l=1, \dots, n$) – liczbę determinant rozwoju w ramach kryterium podrzędne l .

Jeżeli w macierzy \mathbf{A}_k ważność i -tego czynnika nad j -tym wynosi a_{ij} , wtedy $a_{ij}^{-1} = a_{ji}$ (zasada przechodności ocen), oraz jeżeli i -ty czynnik jest równie relatywnie ważny jak j -ty, wtedy $a_{ij} = a_{ji} = 1$ (zasada równoważności ocen).

Etap 3. Sprawdzenie zgodności porównań parami elementów decyzyjnych. Sprawdza się, czy porównania zostały przeprowadzone poprawnie. W tym celu oblicza się wskaźnik niezgodności CR , który mierzy koherencję porównań parami, czyli określa, w jakim stopniu wzajemne porównania ważności charakterystyk są niezgodne: $CR = CI / RI \cdot 100\%$, gdzie $CI = (\lambda_{\max} - (\bullet)) / ((\bullet) - 1)$ jest indeksem niezgodności, przy czym λ_{\max} jest maksymalną lub główną wartością własną macierzy porównań parami \mathbf{A}_k , natomiast RI – średnim losowym indeksem niezgodności obliczonym z losowo generowanej macierzy [Saaty, Vargas 1991].

Etap 4. Budowa modelu optymalizacyjnego i obliczenie priorytetów. Saaty [1980] zaproponował do szacowania wektora priorytetów metodę wektora własnego (*eigenvector method*). Jako alternatywy do tej metody pojawiły się podejścia takie, jak np.: metoda najmniejszych kwadratów (*least-squares method*), metoda najmniejszych odległości (*least distance method*), programowanie celowe (*goal programming method*), rozmyte programowanie matematyczne (*fuzzy programming method*) [Lin, Kou, Ergu 2013]. W pracy do oszacowania wektora prioryte-

tów zaproponowano metodę AHP-LP opartą na programowaniu liniowym [Gao, Zhang, Cao 2009].

Jeżeli porównania w macierzy A_k są zupełnie konsekwentne, czyli nie zawierają błędu, wtedy $a_{ij} = w_i / w_j$, czyli $a_{ij}w_j - w_i = 0$, gdzie w_i, w_j są wagami odpowiednio i -tego i j -tego elementu $i, j = 1, 2, \dots, n$ [Saaty 1980, 1999]. W przypadku niekonsekwencji w porównaniach pojawia się błąd ε_{ij} w dokonaniu oceny przewagi ważności elementu i nad j , wtedy $\varepsilon_{ij} = a_{ij}w_j - w_i$. Poniżej zostały przedstawione dwie metody minimalizujące błąd [Gao, Zhang, Cao 2009].

Metoda minimax

$$\min \max_{1 \leq i, j \leq (\bullet)} |a_{ij}w_j - w_i| \quad (1)$$

przy warunkach ograniczających

$$\sum_{i=1}^{(\bullet)} w_i = 1, w_i \geq 0, i = 1, 2, \dots, (\bullet). \quad (2)$$

Model (1)-(2) może zostać przekształcony w następujący:

$$\min v \quad (3)$$

przy warunkach ograniczających

$$a_{ij}w_j - w_i \leq v \quad (i, j = 1, 2, \dots, (\bullet); i \neq j), \quad (4)$$

$$a_{ij}w_j - w_i \geq -v \quad (i, j = 1, 2, \dots, (\bullet); i \neq j), \quad (5)$$

$$\sum_{i=1}^{(\bullet)} w_i = 1, w_i \geq 0, i = 1, 2, \dots, (\bullet). \quad (6)$$

Model (3)-(6) ze zmiennymi decyzyjnymi v, w_i, w_j ($i, j = 1, 2, \dots, (\bullet)$) może być rozwiązany metodą simplex.

Metoda ADM (absolute deviation method)

$$\min \sum_{i=1}^{(\bullet)} \sum_{j=1}^{(\bullet)} |a_{ij}w_j - w_i| \quad (7)$$

przy warunkach ograniczających

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1, w_i \geq 0, i = 1, 2, \dots, (\bullet). \quad (8)$$

$$\text{Jeśli } u_{ij} = \begin{cases} a_{ij}w_j - w_i & a_{ij}w_j > w_i \\ 0 & a_{ij}w_j \leq w_i \end{cases}, v_{ij} = \begin{cases} 0 & a_{ij}w_j > w_i \\ -a_{ij}w_j + w_i & a_{ij}w_j \leq w_i \end{cases}, i, j = 1, 2, \dots, (\bullet),$$

$$\text{wtedy } u_{ij} - v_{ij} = a_{ij}w_j - w_i, \quad u_{ij} + v_{ij} = |a_{ij}w_j - w_i|, \quad u_{ij}, v_{ij} \geq 0, \quad u_{ii} = v_{ii} = 0 \\ (i, j = 1, 2, \dots, (\bullet)).$$

Model (7)-(8) może zostać przekształcony w model liniowy:

$$\min \sum_{i=1}^{(\bullet)} \sum_{j=1}^{(\bullet)} (u_{ij} + v_{ij}) \quad (9)$$

przy warunkach ograniczających

$$\sum_{i=1}^{(\bullet)} w_i = 1, \quad w_i \geq 0, \quad i = 1, 2, \dots, (\bullet), \quad u_{ij} - v_{ij} = a_{ij}w_j - w_i, \quad i, j = 1, 2, \dots, (\bullet), \\ u_{ij}, v_{ij} \geq 0. \quad (10)$$

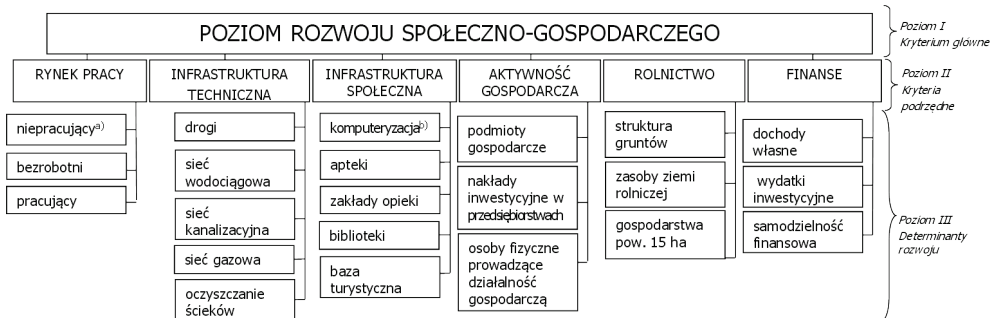
Model (9)-(10) ze zmiennymi decyzyjnymi u_{ij}, v_{ij}, w_i ($i, j = 1, 2, \dots, (\bullet)$) może być również rozwiązany metodą simplex.

Priorytety lokalne określają względną ważność elementów decyzyjnych (kryteriów i determinant rozwoju) na każdym poziomie hierarchii. Natomiast priorytety globalne danego poziomu reprezentują udział elementu decyzyjnego w realizacji kryterium głównego. Priorytety lokalne i globalne na poziomie II – dla kryteriów podrzędnych są takie same. Priorytety globalne dla determinant uzyskuje się, mnożąc wartości priorytetów lokalnych determinant przez wartość priorytetu globalnego dla odpowiedniego kryterium podrzędneho.

3. Wyniki badań

W pierwszy etapie została utworzona struktura hierarchiczna elementów wpływających na rozwój gmin powiatu międzyrzeckiego (rys. 2). Jako kryterium główne przyjęto poziom rozwoju społeczno-gospodarczego. Kryterium główne zostało uszczegółowione przez sześć kryteriów podrzędnych związanych z rynkiem pracy, infrastrukturą techniczną, infrastrukturą społeczną, aktywnością gospodarczą, rolnictwem i finansami gminy. W ramach każdego kryterium podrzędneho wyszczególniono determinanty (czynniki) rozwoju.

Następnie przeprowadzono wśród radnych gmin powiatu międzyrzeckiego w województwie lubuskim badania ankietowe nt. *Stanu i możliwości rozwoju gmin* [Chudziak 2010]. Przeprowadzone badania były podstawą do oceny ważności determinant rozwoju z wykorzystaniem metody AHP-LP.



a) Niepracujący stanowią grupę wszystkich osób, które nie posiadają pracy przynoszącej zarobek. Do tej grupy zalicza się również bezrobotnych. b) Komputeryzacja dotyczy wprowadzania komputerów do szkół.

Rys. 2. Schemat hierarchiczny elementów wpływających na rozwój społeczno-gospodarczy gmin powiatu międzyrzeczkiego

Źródło: opracowanie własne na podstawie [Chudziak 2010].

Macierz A_1 porównań parami dla kryteriów w gminie Międzyrzecz miała postać:

	rynek pracy	infrastruktura techniczna	infrastruktura społeczna	aktywność gospodarcza	rolnictwo	finanse
rynek pracy	1,00	0,22	0,43	2,35	0,73	0,46
infrastruktura techniczna	4,64	1,00	2,68	3,65	3,25	2,78
infrastruktura społeczna	2,31	0,37	1,00	0,75	0,89	0,56
aktywność gospodarcza	0,42	0,27	1,33	1,00	3,17	0,39
rolnictwo	1,36	0,31	1,12	0,32	1,00	0,53
finanse	2,17	0,36	1,78	2,57	1,88	1,00

Na podstawie powyższej macierzy utworzono modele:

Metoda minimax

$$\min v$$
 przy warunkach ograniczających

$$0,22w_2 - w_1 \leq v,$$

$$0,43w_3 - w_1 \leq v,$$

$$2,35w_4 - w_1 \leq v,$$

$$0,73w_5 - w_1 \leq v,$$

$$0,46w_6 - w_1 \leq v,$$

$$4,64w_1 - w_2 \leq v,$$

$$\dots,$$

Metoda ADM

$$\min (u_{12} + v_{12}) + (u_{13} + v_{13}) + (u_{14} + v_{14}) +$$

$$+ (u_{15} + v_{15}) + (u_{16} + v_{16}) + \dots + (u_{61} + v_{61}) +$$

$$+ (u_{62} + v_{62}) + (u_{63} + v_{63}) + (u_{64} + v_{64}) +$$

$$+ (u_{65} + v_{65})$$
 przy warunkach ograniczających

$$u_{12} + v_{12} = 0,22w_2 - w_1,$$

$$u_{13} + v_{13} = 0,43w_3 - w_1,$$

$$u_{14} + v_{14} = 2,35w_4 - w_1,$$

$$\begin{aligned}
 2,17w_1 - w_6 &\geq -v, & u_{15} + v_{15} &= 0,73w_5 - w_1, \\
 0,36w_2 - w_6 &\geq -v, & u_{16} + v_{16} &= 0,46w_5 - w_1, \\
 1,78w_3 - w_6 &\geq -v, & u_{21} + v_{21} &= 4,64w_1 - w_2, \\
 2,57w_4 - w_6 &\geq -v, & \dots &, \\
 1,88w_5 - w_6 &\geq -v, & u_{51} + v_{51} &= 2,17w_1 - w_5, \\
 \sum_{i=1}^6 w_i &= 1, w_i \geq 0, i=1, \dots, 6. & u_{52} + v_{52} &= 0,36w_2 - w_5, \\
 & & u_{53} + v_{53} &= 1,78w_3 - w_5, \\
 & & u_{54} + v_{54} &= 2,57w_4 - w_5, \\
 & & u_{65} + v_{65} &= 1,88w_5 - w_6, \\
 & & \sum_{i=1}^6 w_i &= 1, w_i, v_{ij}, u_{ij} \geq 0, i, j = 1, \dots, 6.
 \end{aligned}$$

Porównując ważności kryteriów dla gminy Międzyrzecz uzyskane różnymi metodami, należy zauważyć, że hierarchia ważności kryteriów była taka sama według wartości priorytetów obliczonych wszystkimi metodami, chociaż wartości priorytetów globalnych dla poszczególnych kryteriów były różne (tab. 1). Różnice pomiędzy wartościami wag ważności kryteriów, uzyskanymi metodami minimax, ASD oraz klasyczną i rozmytą metodą AHP, wynoszą około 0,05, co oznacza, że ich wpływ na osiągnięcie kryterium głównego różnił się o około 5%. Proponowane podejścia do szacowania wag ważności metodą AHP w ujęciu klasycznym czy z wykorzystaniem programowania liniowego dają zbliżone wyniki i mogą być stosowane alternatywnie.

Tabela 1. Porównanie ważności kryteriów według metod dla gminy Międzyrzecz

Metody		Kryteria					
		rynek pracy	infrastruktura techniczna	infrastruktura społeczna	aktywność gospodarcza	rolnictwo	finanse
AHP-LP	minimax	0,107	0,367	0,173	0,101	0,073	0,179
	ASD	0,081	0,378	0,118	0,103	0,111	0,209
AHP		0,093	0,390	0,119	0,109	0,094	0,196
FAHP		0,087	0,346	0,129	0,137	0,075	0,227

Źródło: obliczenia własne na podstawie wyników badań ankietowych przeprowadzonych wśród radnych gmin powiatu międzyrzeckiego w 2010 roku [Chudziak 2010].

Należy też przypomnieć, że w przypadku metody FAHP istnieje możliwość wyeliminowania cech o najmniejszym znaczeniu (mało istotnych) [zob. Łuczak, Wysocki 2010; Łuczak 2012].

Dodatkowo należy zauważyć, że w gminie Międzyrzecz najwyższy priorytet globalny został przypisany dla kryterium dotyczącego infrastruktury technicznej.

Wynika to z tego, że w gminie Międzyrzecz istnieją problemy związane z infrastrukturą techniczną, takie jak: niewystarczający stopień skanalizowania, niski stopień gazyfikacji, zły stan nawierzchni dróg czy niewystarczające parametry jakościowe pracy oczyszczalni ścieków. Natomiast aktywność gospodarcza ujawnia się między innymi poprzez rosnącą liczbę zarejestrowanych podmiotów gospodarczych czy też utworzenie Międzyrzeckiego Parku Przemysłowego i nie wymaga intensywnych działań [Strategia 2011].

Tabela 2. Wagi ważności kryteriów i determinant rozwoju dla gmin powiatu międzyrzeckiego

Determinanty rozwoju	Gminy					
	Międzyrzecz	Przytoczna	Skwierzyna	Trzciel	Bledzew	Pszczew
Rynek pracy	0,107	0,211	0,088	0,158	0,254	0,288
niepracujący	0,020	0,029	0,017	0,024	0,135	0,174
bezrobotni	0,015	0,042	0,011	0,021	0,023	0,031
pracujący	0,072	0,140	0,060	0,113	0,096	0,082
Infrastruktura techniczna	0,367	0,169	0,276	0,152	0,216	0,204
drogi	0,195	0,027	0,132	0,020	0,092	0,104
sieć wodociągowa	0,050	0,042	0,044	0,023	0,035	0,033
sieć kanalizacyjna	0,064	0,042	0,040	0,027	0,053	0,032
sieć gazowa	0,025	0,028	0,033	0,072	0,021	0,017
oczyszczalnie ścieków	0,033	0,031	0,025	0,009	0,015	0,019
Infrastruktura społeczna	0,173	0,080	0,098	0,080	0,097	0,127
komputeryzacja	0,059	0,021	0,033	0,027	0,040	0,043
apteki	0,027	0,027	0,015	0,012	0,016	0,020
zakłady opieki	0,042	0,012	0,024	0,014	0,026	0,031
biblioteki	0,014	0,009	0,008	0,005	0,005	0,010
baza turystyczna	0,031	0,011	0,018	0,023	0,010	0,023
Aktywność gospodarcza	0,101	0,319	0,203	0,363	0,201	0,233
podmioty gospodarcze	0,027	0,190	0,051	0,215	0,061	0,070
nakłady inwestycyjne w przedsiębiorstwach	0,020	0,080	0,050	0,091	0,103	0,129
osoby fizyczne prowadzące działalność gospodarczą	0,054	0,049	0,103	0,057	0,037	0,035
Rolnictwo	0,073	0,054	0,104	0,050	0,107	0,082
struktura gruntów	0,020	0,021	0,021	0,014	0,030	0,041
zasoby ziemi rolniczej	0,020	0,010	0,025	0,011	0,023	0,027
gospodarstwa powyżej 15 ha	0,032	0,022	0,057	0,026	0,053	0,014
Budżet	0,179	0,168	0,232	0,196	0,125	0,066
dochody własne	0,058	0,056	0,073	0,065	0,040	0,021
wydatki inwestycyjne	0,094	0,065	0,120	0,065	0,054	0,031
samodzielność finansowa	0,027	0,048	0,038	0,065	0,032	0,014

Źródło: obliczenia własne na podstawie wyników badań ankietowych przeprowadzonych wśród radnych gmin powiatu międzyrzeckiego w 2010 r. [Chudziak 2010].

Przeprowadzone badania pokazały, że wśród kryteriów aktywność gospodarcza była najistotniejsza – według opinii radnych – dla gmin Trzciel (priorytet globalny – 0,363) i Przytoczna (0,319), infrastruktura techniczna – Międzyrzecz (0,367) i Skwierzyna (0,276) oraz działania związane z rynkiem pracy – Bledzew (0,254) i Pszczew (0,288)(tab. 2). Budżet był drugim kryterium ważnym dla gmin Skwierzyna (0,232), Trzciel (0,196), Międzyrzecz (0,179) oraz Przytoczna (0,168). W gminie Przytoczna równorzędne znaczenie z budżetem miała infrastruktura techniczna (0,169), która była również drugim ważnym kryterium dla gmin: Bledzew (0,216) i Pszczew (0,204). Natomiast najmniej istotnym kryterium dla wszystkich gmin okazało się rolnictwo – z wyjątkiem gmin wiejskich Bledzew i Skwierzyna, gdzie najmniej ważna była infrastruktura społeczna. Wśród determinant rozwoju najistotniejsze dla gmin Międzyrzecz (0,195) i Skwierzyna (0,132) okazały się drogi, podmioty gospodarcze – Przytoczna (0,190) i Trzciel (0,215) oraz działania związane z aktywizacją niepracujących – Bledzew (0,135) i Pszczew (0,174). Na drugim miejscu wśród ważnych według opinii radnych były odpowiednio: wydatki inwestycyjne (0,094 i 0,120), pracujący (0,140 i 0,113) oraz nakłady inwestycyjne w przedsiębiorstwach (0,103 i 0,129). Natomiast najmniej istotne okazały się we wszystkich gminach biblioteki, które miały wpływ na osiągnięcie kryterium głównego mniejsze niż 1,5%.

4. Podsumowanie

Za pomocą proponowanych metod można przyporządkować poszczególnym kryteriom i determinantom rozwoju zróżnicowane współczynniki wagowe.

Porównując ważności kryteriów dla gminy Międzyrzecz, uzyskane różnymi metodami, należy zauważyć, że hierarchia ważności kryteriów jest taka sama według wszystkich metod, chociaż wartości priorytetów dla poszczególnych kryteriów się różnią. Proponowane podejścia z wykorzystaniem programowania liniowego do szacowania wag ważności dają zbliżone wyniki w porównaniu z klasyczną i rozmytą AHP i mogą być stosowane alternatywnie.

Przeprowadzone badania pokazały, że wśród kryteriów najistotniejsze dla gmin powiatu międzyrzeckiego – według opinii radnych – były: aktywność gospodarcza, infrastruktura techniczna oraz działania związane z rynkiem pracy. Drugim ważnym kryterium były budżet oraz infrastruktura techniczna. Natomiast najmniej istotnym kryterium dla wszystkich gmin okazały się: rolnictwo i infrastruktura społeczna. Wśród determinant rozwoju jako najistotniejsze wyróżniono drogi, podmioty gospodarcze oraz działania związane z aktywizacją osób niepracujących. Na drugim miejscu pod względem ważności – według opinii radnych – były wydatki inwestycyjne, pracujący i nakłady inwestycyjne w przedsiębiorstwach. Natomiast we wszystkich gminach najmniej istotne okazały się biblioteki.

Zaproponowane podejście ma wymiar praktyczny i może być wykorzystane przez władze jednostek administracyjnych przy opracowywaniu programów rozwoju.

Literatura

- Chudziak K. (2010), *Rozpoznanie typów strategii rozwojowych gmin powiatu międzyrzeckiego. Materiał źródłowy*, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, Poznań.
- Gao S., Zhang Z., Cao C. (2009), *New methods of estimating weights in AHP*. Proceedings of the 2009 International Symposium on Information Processing (ISIP'09), Huangshan, P. R. China, August 21-23, s. 201-204.
- Lin C., Kou G., Ergu D. (2013), *A heuristic approach for deriving the priority vector in AHP*, „Applied Mathematical Modelling”, vol. 37, issue 8, April 15, s. 5828-5836.
- Łuczak A. (2012), *Ocena ważności czynników strategicznych w gminie wiejskiej z wykorzystaniem rozmytego analitycznego procesu hierarchicznego*, „Journal of Agribusiness and Rural Development” 4 (6), s. 36-49.
- Łuczak A., Wysocki F. (2005), *Wykorzystanie metod taksonometrycznych i analitycznego procesu hierarchicznego do programowania rozwoju obszarów wiejskich*, Wydawnictwo AR w Poznaniu, Poznań.
- Łuczak A., Wysocki F. (2010), *Wykorzystanie rozmytych metod AHP i TOPSIS do porządkowania liniowego obiektów*, [w:] *Klasyfikacja i analiza danych. Teoria i zastosowania*, red. K. Jajuga, M. Walesiak, Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu, Taksonomia 17, Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej we Wrocławiu, Wrocław, s. 334-343.
- Saaty T.L. (1980), *The analytic hierarchy process planning. Priority setting, Resource Allocation*, McGraw-Hill, New York International Book Company.
- Saaty T.L. (1990), *How to make a decision: The analytic hierarchy process*, „European Journal of Operational Research”, vol. 48 (1), s. 9-26.
- Saaty T.L. (1999), *The seven pillars of the analytic hierarchy process*. Proceedings 5th International Symposium on the Analytic Hierarchy Process, Kobe, Japan, August, s. 20-33.
- Saaty T.L. (2004), *Decision making – The analytic hierarchy and network processes (AHP/ANP)*, „Journal of Systems Science and Systems Engineering”, vol. 13, no. 1, s. 1-34.
- Saaty T.L., Vargas L.G. (1991), *Prediction, Projection and Forecasting: Applications of the Analytic Hierarchy Process in Economics, Finance, Politics, Games and Sports*, RWS Publications, Pittsburgh, Pennsylvania.
- Strategia (2011), *Strategia rozwoju społeczno-gospodarczego gminy Międzyrzecz na lata 2011-2020*, ECD. Europejskie Centrum Doradcze, Szczecin.

APPLICATION OF AHP-LP TO THE EVALUATION OF IMPORTANCE OF DETERMINANTS OF SOCIO-ECONOMIC DEVELOPMENT IN THE ADMINISTRATIVE UNITS

Summary: The aim of this study is to show the applicability of AHP-LP, which integrates analytic hierarchy process and linear programming to evaluate the importance of determinants of socio-economic development in the administrative units. The study compares the proposed approach to classical AHP and fuzzy AHP. The proposed approach was applied to the evaluation of importance of determinants of development in communes of Międzyrzecz district in LubuskieVoivodeship.

Keywords: analytic hierarchy process, linear programming, AHP-LP.