

PRACE NAUKOWE

Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu

RESEARCH PAPERS

of Wrocław University of Economics

Nr 427

Taksonomia 27

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



Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu
Wrocław 2016

Redaktor Wydawnictwa: Agnieszka Flasińska

Redaktor techniczny: Barbara Łopusiewicz

Korektor: Barbara Cibis

Łamanie: Beata Mazur

Projekt okładki: Beata Dębska

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

Informacje o naborze artykułów i zasadach recenzowania
znajdują się na stronach internetowych
www.pracnaukowe.ue.wroc.pl
www.wydawnictwo.ue.wroc.pl

Publikacja udostępniona na licencji Creative Commons
Uznanie autorstwa-Użycie niekomercyjne-Bez utworów zależnych 3.0 Polska
(CC BY-NC-ND 3.0 PL)



© Copyright by Uniwersytet Ekonomiczny we Wrocławiu
Wrocław 2016

ISSN 1899-3192 (Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu)
e-ISSN 2392-0041
ISSN 1505-9332 (Taksonomia)

Wersja pierwotna: publikacja drukowana

Zamówienia na opublikowane prace należy składać na adres:
Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu
ul. Komandorska 118/120, 53-345 Wrocław
tel./fax 71 36 80 602; e-mail:econbook@ue.wroc.pl
www.ksiegarnia.ue.wroc.pl

Druk i oprawa: TOTEM

Spis treści

| | |
|---|----|
| Wstęp | 9 |
| Beata Bal-Domańska: Propozycja procedury oceny zrównoważonego rozwoju w układzie <i>presja – stan – reakcja</i> w ujęciu przestrzennym / Proposal of the assessment of poviats sustainable development in the pressure – state – response system in spatial terms..... | 11 |
| Tomasz Bartłomowicz: Pomiar preferencji konsumentów z wykorzystaniem metody <i>Analytic Hierarchy Process</i> / Analytic Hierarchy Process as a method of measurement of consumers’ preferences..... | 20 |
| Maciej Beręsewicz, Marcin Szymkowiak: Analiza skupień wybranych lokalnych rynków nieruchomości w Polsce z wykorzystaniem internetowych źródeł danych / Cluster analysis of selected local real estate markets in Poland based on Internet data sources..... | 30 |
| Beata Bieszk-Stolorz: Wybrane modele przeciętnego efektu oddziaływania w analizie procesu wychodzenia z bezrobocia / Chosen average treatment effect models in the analysis of unemployment exit process..... | 40 |
| Justyna Brzezińska: Modele IRT i modele Rascha w badaniach testowych / IRT and Rasch models in test measurement..... | 49 |
| Mariola Chrzanowska, Nina Drejerska: Geograficznie ważona regresja jako narzędzie analizy poziomu rozwoju społeczno-gospodarczego na przykładzie regionów Unii Europejskiej / Geographically weighted regression as a tool of analysis of socio-economic development level of regions in the European Union..... | 58 |
| Sabina Denkowska: Zastosowanie analizy wrażliwości do oceny wpływu nieobserwowanej zmiennej w <i>Propensity Score Matching</i> / The application of sensitivity analysis in assessing the impact of an unobserved confounder in Propensity Score Matching..... | 66 |
| Adam Depta: Zastosowanie analizy czynnikowej do wyodrębnienia aspektów zdrowia wpływających na jakość życia osób jękających się / The application of factor analysis to the identification of the health aspects affecting the quality of life of stuttering people..... | 76 |
| Mariusz Doszyń, Sebastian Gnat: Taksonomiczno-ekonometryczna procedura wyceny nieruchomości dla różnych miar porządkowania / Taxonomic and econometric method of real estate valuation for various classification measures..... | 84 |

| | |
|--|-----|
| Marta Dziechciarz-Duda, Anna Król: Segmentacja konsumentów smartfonów na podstawie preferencji wyrażonych / Segmentation of smartphones' consumers on the basis of stated preferences | 94 |
| Ewa Genge: Zmienne towarzyszące w ukrytym modelu Markowa – analiza oszczędności polskich gospodarstw domowych / Latent Markov model with covariates – Polish households' saving behaviour | 103 |
| Joanna Górna, Karolina Górna: Modelowanie wzrostu gospodarczego z wykorzystaniem narzędzi ekonometrii przestrzennej / Economic growth modelling with the application of spatial econometrics tools | 112 |
| Alicja Grześkowiak: Wielowymiarowa analiza kompetencji zawodowych według grup wieku ludności / Multivariate analysis of professional competencies with respect to the age groups of the population | 122 |
| Agnieszka Kozera, Feliks Wysocki: Problem ustalania współrzędnych obiektów modelowych w metodach porządkowania liniowego obiektów / The problem of determining the coordinates of model objects in object linear ordering methods | 131 |
| Mariusz Kubus: Lokalna ocena mocy dyskryminacyjnej zmiennych / Local evaluation of a discrimination power of the variables..... | 143 |
| Paweł Lula, Katarzyna Wójcik, Janusz Tuchowski: Analiza wydźwięku polskojęzycznych opinii konsumenckich ukierunkowanych na cechy produktu / Feature-based sentiment analysis of opinions in Polish..... | 153 |
| Aleksandra Łuczak, Agnieszka Kozera, Feliks Wysocki: Ocena sytuacji finansowej jednostek samorządu terytorialnego z wykorzystaniem rozmytych metod klasyfikacji i programu R / Assessment of financial condition of local government units with the use of fuzzy classification methods and program R | 165 |
| Dorota Rozmus: Badanie stabilności taksonomicznej czynnikowej metody odległości probabilistycznej / Stability of the factor probability distance clustering method | 176 |
| Adam Sagan, Aneta Rybicka, Justyna Brzezińska: <i>Conjoint analysis</i> oparta na modelach IRT w zagadnieniu optymalizacji produktów bankowych / An IRT-approach for conjoint analysis for banking products preferences..... | 184 |
| Michał Stachura: O szacowaniu centrum populacji określonego obszaru na przykładzie Polski / On estimating centre of population of a given territory. Poland's case | 195 |
| Michał Stachura, Barbara Wodecka: Wybrane aspekty i zastosowania modeli zdarzeń ekstremalnych / Selected facets and application of models of extremal events | 205 |
| Iwona Staniec, Jan Żółtowski: Wykorzystanie analizy log-liniowej do wyboru czynników determinujących współpracę w przedsiębiorczości | |

| | |
|---|-----|
| technologicznej / Use of log-linear analysis for the selection determinants of cooperation in technological entrepreneurship | 215 |
| Marcin Szymkowiak, Wojciech Roszka: Potencjał gospodarczy gmin aglomeracji poznańskiej w ujęciu taksonomicznym / The economic potential of municipalities of the Poznań agglomeration in the light of taxonomy analysis | 224 |
| Lucyna Wojcieszka: Zastosowanie modeli klas ukrytych w badaniu opinii respondentów na temat roli państwa w gospodarce / Implementation of latent class models in the respondents' survey on the role of the country in economy | 234 |

Wstęp

W dniach 14–16 września 2015 r. w Hotelu Novotel Gdańsk Marina w Gdańsku odbyła się XXIV Konferencja Naukowa Sekcji Klasyfikacji i Analizy Danych PTS (XXIX Konferencja Taksonomiczna) „Klasyfikacja i analiza danych – teoria i zastosowania”, zorganizowana przez Sekcję Klasyfikacji i Analizy Danych Polskiego Towarzystwa Statystycznego oraz Katedrę Statystyki Wydziału Zarządzania Uniwersytetu Gdańskiego.

W trakcie dwóch sesji plenarnych oraz 13 sesji równoległych wygłoszono 58 referatów poświęconych aspektom teoretycznym i aplikacyjnym zagadnienia klasyfikacji i analizy danych. Odbyła się również sesja plakatowa, na której zaprezentowano 14 plakatów.

Teksty 24 recenzowanych artykułów naukowych stanowią zawartość prezentowanej publikacji z serii Taksonomia nr 27. Teksty 25 recenzowanych artykułów naukowych znajdują się w Taksonomii nr 26.

Krzysztof Jajuga, Marek Walesiak

Tomasz Bartłomowicz

Uniwersytet Ekonomiczny we Wrocławiu
e-mail: tomasz.bartlomowicz@ue.wroc.pl

**POMIAR PREFERENCJI KONSUMENTÓW
Z WYKORZYSTANIEM METODY
*ANALYTIC HIERARCHY PROCESS***

**ANALYTIC HIERARCHY PROCESS
AS A METHOD OF MEASUREMENT
OF CONSUMERS' PREFERENCES**

DOI: 10.15611/pn.2016.427.02

Streszczenie: Jedną z metod stosowaną w analizie złożonych problemów decyzyjnych jest wielokryterialna, hierarchiczna metoda analizy problemów (*Analytic Hierarchy Process* – AHP). Podobnie jak to jest w podejściu dekompozycyjnym, metoda ta umożliwia dekompozycję złożonego problemu decyzyjnego oraz utworzenie rankingu, tj. obliczenie ocen ważności przyjętego zbioru wariantów. Zakładając, iż problemem decyzyjnym jest wybór produktu przez konsumenta, oznacza to potencjalną możliwość zastosowania metody AHP do pomiaru preferencji konsumentów. Celem artykułu jest potwierdzenie przydatności metody AHP do pomiaru preferencji na przykładzie nabywców telefonów komórkowych. W obliczeniach wykorzystane zostały środowisko oraz pakiety programu R.

Słowa kluczowe: pomiar preferencji, *Analytic Hierarchy Process*, AHP.

Summary: One of the methods using in the analysis of complex decision problems is a multi-criterion hierarchical method of analyzing problems (*Analytic Hierarchy Process* – AHP). Like it happens in the decomposition approach, this method enables the fragmentation of the complex decision problem and the creation of final ranking. Assuming that the problem is the choice of the consumer, this means a potential opportunity to use AHP method to measure the consumers' preferences. The main aim of the article is to present the usefulness of AHP method in measurement of consumers' preferences. An example of application of the method was the measurement of buyers of mobile phones preferences. All calculations are based on R environment and packages of R program.

Keywords: measurement of preferences, *Analytic Hierarchy Process*, AHP.

1. Wstęp

W badaniach marketingowych najczęściej wykorzystywaną grupą metod pomiaru preferencji wyrażonych są metody *conjoint analysis*. Najpopularniejsze metody *conjoint* – klasyczna *Conjoint Analysis* oraz metoda wyborów dyskretnych, to metody reprezentujące tzw. podejście dekompozycyjne, w których następuje podział (dekompozycja) całkowitych preferencji respondentów poprzez obliczenie udziału każdego z atrybutów w oszacowanej wartości użyteczności profilu. Umożliwia to m.in. szeregowanie profili (produktów lub usług) według skali preferencji, tym samym poznanie najbardziej oraz najmniej preferowanego produktu [Green, Wind 1975; Walesiak, Bąk 2000].

Jedną z metod mającą zastosowanie w analizie złożonych problemów decyzyjnych jest wielokryterialna hierarchiczna metoda analizy problemów (*Analytic Hierarchy Process* – AHP). Podobnie jak to jest w podejściu dekompozycyjnym, metoda ta umożliwia dekompozycję złożonego problemu decyzyjnego oraz utworzenie rankingu – obliczenie ocen ważności przyjętego zbioru wariantów. Zakładając, iż problemem decyzyjnym jest wybór produktu przez konsumenta, oznacza to możliwość zastosowania metody AHP do pomiaru preferencji konsumentów.

Celem artykułu jest potwierdzenie przydatności wielokryterialnej hierarchicznej metody analizy problemów do pomiaru preferencji wyrażonych konsumentów. W tym celu przedstawione zostały rezultaty badania preferencji nabywców telefonów komórkowych z wykorzystaniem metody AHP, co pozwoliło ocenić użyteczność stosowania metody na potrzeby pomiaru preferencji. W obliczeniach wykorzystane zostało środowisko oraz pakiety programu R.

2. Wielokryterialna hierarchiczna metoda analizy problemów

AHP (*Analytic Hierarchy Process*) to metoda podejmowania złożonych, strategicznych i wielokryterialnych decyzji, która ma zastosowanie w rozwiązywaniu problemów zawierających więcej niż jedno kryterium decyzyjne. Metoda łączy w sobie elementy matematyki i psychologii i umożliwia uporządkowanie problemu decyzyjnego poprzez jego przedstawienie w formie struktury hierarchicznej [Domański 1997].

Metoda AHP została opracowana przez T.L. Saaty'ego¹, który zaproponował jej wykorzystanie w wielu dziedzinach (zarządzanie, politologia, socjologia, produkcja, transport) [Saaty 1977]. AHP umożliwia dekompozycję problemu decyzyjnego oraz utworzenie tzw. rankingu finalnego dla skończonego zbioru wariantów

¹ Metoda została opracowana przez T.L. Saaty'ego w 1970 r. i po raz pierwszy przedstawiona w pracy *A scaling method for priorities in hierarchical structures*, opublikowanej w 1977 r. w *Journal of Mathematical Psychology*.

w celu ułatwienia optymalnych wyborów, w sytuacji gdy decydent ma do dyspozycji większą liczbę kryteriów oceny różnych wariantów decyzyjnych [Saaty 1980]. Tym samym metoda ta pozwala sprowadzić złożony problem do skończonego zbioru kilku wariantów decyzyjnych, wykorzystując zarówno dane ilościowe, jak i jakościowe. Oznacza to, że metoda AHP potwierdza swoje praktyczne zastosowanie dla problemów, w których dane wejściowe są istotnie zróżnicowane, tj. wyrażane nie tylko w postaci wartości mierzalnych, ale także w formie danych o charakterze jakościowym – opinii ekspertów, rad konsultantów, wywiadów itp. [Saaty 2001].

W metodzie AHP, w pierwszym kroku procedury, przedstawia się strukturę problemu w postaci hierarchii, określając cel główny (ewentualnie cele pomocnicze), kryteria oraz warianty².

W kolejnym kroku określane są preferencje decydenta (konsumenta) przy pomocy względnych ocen ważności kryteriów i wariantów. Oceny te powstają przez porównywanie parami wszystkich obiektów znajdujących się na danym poziomie hierarchii [Saaty 2008]. Preferencje określane są dla wszystkich poziomów hierarchii, a oceny wyrażane są przy pomocy wartości liczbowych. Zaproponowana przez T.L. Saaty'ego [1977] skala pomiaru zakłada wartości od 1 do 9 (tab. 1).

Tabela 1. Skala Saaty'ego

| Wartość | Stopień ważności (ocena obiektu A względem B) |
|--------------|--|
| 1 | jednakowa ważność (A jest jednakowo preferowane z B) |
| 3 | nieznaczna ważność (A jest bardziej preferowane niż B) |
| 5 | wyraźna ważność (A jest dużo bardziej preferowane niż B) |
| 7 | bardzo wyraźna ważność (A jest bardzo silnie preferowane w porównaniu z B) |
| 9 | absolutna ważność (A jest ekstremalnie preferowane w porównaniu z B) |
| (2, 4, 6, 8) | wartości pośrednie |

Źródło: [Saaty 1977].

Ocena obiektu A względem B wykorzystuje głównie wartości: 1, 3, 5, 7, 9, natomiast ocena obiektu B względem A, zakładając spójność macierzy preferencji, wykorzystuje wartości odwrotne (np. 1/9 oznacza, że B jest ekstremalnie preferowane względem A itd.). Wartości pośrednie: 2, 4, 6, 8 oraz odwrotne do nich przyporządkowuje się w przypadku trudności w klasyfikacji wyniku, gdy leży on między wyszczególnionymi w klasyfikacji cechami [Chuang 2001]. Na podstawie uzyskanych ocen, na każdym poziomie hierarchii tworzone są kwadratowe macierze preferencji (np. macierz ocen wariantów względem danego kryterium):

² Cel główny określany jest jako stan, który zamierzamy osiągnąć przez rozwiązanie danego zagadnienia; jest to warunek zawierający istotę problemu. Cele pomocnicze są to cele wyróżnione w analizowanym problemie i przyczyniające się do realizacji celu głównego [Saaty 2008].

$$\mathbf{A} = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ 1/a_{12} & 1 & a_{ij} & a_{2n} \\ \dots & 1/a_{ij} & \dots & a_{in} \\ 1/a_{1n} & 1/a_{2n} & 1/a_{in} & 1 \end{bmatrix}. \quad (1)$$

W kolejnym kroku dokonuje się analizy spójności macierzy poprzez odpowiednie przekształcenia wektorów własnych macierzy [Saaty 1980; Saaty, Alexander 1989; Chuang 2001], obliczając w ten sposób współczynnik zgodności (*Consistency Ratio – CR*) według formuły (2):

$$CR = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1}, \quad (2)$$

gdzie: λ_{\max} – maksymalna wartość wektora własnego macierzy preferencji rzędu n ,
 n – liczba porównywanych charakterystyk.

Przyjmuje się, że współczynnik zgodności jest akceptowany (porównania charakterystyk są konsekwentne), gdy wartość³ CR jest mniejsza lub równa 10%.

Następnie oblicza się rankingi poszczególnych charakterystyk odpowiednio dla pierwszego i kolejnych kryteriów. W dalszej kolejności oblicza się rankingi dla wariantów (subkryteriów).

W kroku ostatnim, w celu uzyskania rankingów końcowych, w odpowiedni sposób zestawia się warianty ze wszystkimi subkryteriami, a następnie przemnaża się je przez odpowiadające im wektory wag. Uzyskane wyniki umożliwiają podjęcie ostatecznej decyzji wyboru.

Tabela 2. Procedura badawcza *Analytic Hierarchy Process* na tle klasycznej metody *Conjoint Analysis* oraz *Maximum Difference Scaling*

| Lp. | Etap procedury | Tradycyjna CA | MaxDiff | AHP |
|-----|---------------------------------|--|--|--|
| 1 | specyfikacja badania | liczba i poziomy atrybutów | liczba atrybutów | liczba i poziomy atrybutów |
| 2 | gromadzenie danych | profilów pełnych | porównań parami | porównań parami |
| 3 | prezentacja profilów | opis słowny | opis słowny | opis słowny |
| 4 | wybór skali pomiaru preferencji | niemetryczna, metryczna | niemetryczna | metryczna |
| 5 | estymacja modelu | klasyczna metoda najmniejszych kwadratów (ols) | metoda największego prawdopodobieństwa (MLE) | metoda wektora własnego (em), logarytmiczna metoda najmniejszych kwadratów (LLS) |
| 6 | interpretacja wyników pomiaru | poziom agregacji, ważność atrybutów | ważność atrybutów | ważność atrybutów |

Źródło: opracowanie własne.

³ Współczynnik CR jest wykorzystywany na etapie oceny spójności macierzy preferencji i umożliwia odpowiedź na pytanie czy preferencje decydenta powinny ulec przededefiniowaniu. Za satysfakcjonującą uznaje się wartość współczynnika $CR < 10\%$.

Dokonując porównania procedury badawczej *Analytic Hierarchy Process* na tle klasycznej metody *Conjoint Analysis* oraz *Maximum Difference Scaling* (tab. 2), można zauważyć, iż w metodzie AHP realizacja poszczególnych etapów procedury powiela najlepsze w tym zakresie rozwiązania metod najpopularniejszych. Wydaje się to potwierdzać założenie, iż *Analytic Hierarchy Process* to typowa metoda pomiaru preferencji konsumentów.

3. Pomiar preferencji wyrażonych konsumentów z wykorzystaniem metody AHP

W przykładzie ilustrującym pomiar preferencji konsumentów z wykorzystaniem metody AHP zaproponowano identyfikację oraz analizę preferencji nabywców telefonów komórkowych (smartfonów). Badaniem, z wykorzystaniem kwestionariuszy ankietowych na przełomie maja i czerwca 2015 r., objęto 62 osoby, przedstawiając im do oceny następujące warianty telefonów: Apple iPhone 6, BlackBerry Z10, Samsung Galaxy S5 oraz Nokia Lumia 1020. W analizie wykorzystano smartfony należące do tego samego segmentu cenowego, różniące się w zakresie uwzględnionych kryteriów: systemu operacyjnego, rozmiaru ekranu oraz aparatu fotograficznego (tab. 3).

Tabela 3. Charakterystyki uwzględnionych w badaniu telefonów komórkowych

| Wyszczególnienie | Apple iPhone 6 | BlackBerry Z10 | Samsung Galaxy S5 | Nokia Lumia 1020 |
|----------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------|----------------------------|
| System operacyjny | iOS 8 | BlackBerry 10 OS | Android 4.4 | Windows Phone 8 |
| Rozmiar ekranu | 4,7 cala 1334 × 750 pix | 4,2 cala 1280 × 768 pix | 5 cali 1920 × 1080 pix | 4,5 cala 1280 × 768 pix |
| Aparat fotograficzny | 8 Mpix* | 8 Mpix | 13 Mpix | 41 Mpix |

* Z pomniejszonymi pikselami. Aparat fotograficzny zastosowany w telefonie Apple iPhone 6 wyróżnia się większą dokładnością realizowanych zdjęć ze względu na zastosowanie tzw. pomniejszonych pikseli. Pomimo zastosowania „tylko” 8-megapikselowej matrycy uzyskiwany efekt odpowiada w rzeczywistości matrycom o większej rozdzielczości.

Źródło: opracowanie własne.

Zgodnie z procedurą metody AHP, respondenci określali swoje preferencje z wykorzystaniem skali Saaty’ego dla wszystkich poziomów hierarchii, tzn. dokonywali zarówno oceny ważności kryteriów (tab. 4), jak i oceny ważności subkryteriów (tab. 5–7). Przykładową, deklarowaną ocenę ważności kryteriów zaprezentowano w tab. 4, co przekłada się na odpowiednią (kwadratową) macierz preferencji (3) dla respondenta nr 1.

Tabela 4. Przykładowe oceny ważności kryteriów uwzględnionych w badaniu kryteriów

| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|----------------------|---|---|---|---|---|---|---|--|
| System operacyjny | | | | | | | | | Rozmiar ekranu | | | | | | | | |
| 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | |
| System operacyjny | | | | | | | | | Aparat fotograficzny | | | | | | | | |
| 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | |
| Rozmiar ekranu | | | | | | | | | Aparat fotograficzny | | | | | | | | |
| 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | |

Źródło: opracowanie własne na podstawie badania ankietowego.

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 5 & 8 \\ 1/5 & 1 & 1/4 \\ 1/8 & 4 & 1 \end{bmatrix} \tag{3}$$

Dysponowanie macierzą ocen wariantów względem kryteriów umożliwiło znalezienie rankingu końcowego dla rozważanego kryterium [Saaty 1990]. W tym celu zastosowano metodę wyznaczenia wektora własnego, która polega na podniesieniu macierzy preferencji do kwadratu, a następnie zsumowaniu jej kolumn i znormalizowaniu otrzymanego wektora. Operację tę powtórzono, aż do momentu uzyskania zadowalającego wektora wag, tzn. różniącego się w kolejnej iteracji, maksymalnie o stałą ϵ (w przykładzie przyjęto $\epsilon = 0,005$). Algorytm obliczania wektora własnego macierzy zilustrowano na przykładzie macierzy preferencji dla respondenta nr 1:

Iteracja nr 1

$$\begin{bmatrix} 1 & 5 & 8 \\ 1/5 & 1 & 1/4 \\ 1/8 & 4 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 5 & 8 \\ 1/5 & 1 & 1/4 \\ 1/8 & 4 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 3 & 42 & 17,25 \\ 0,43 & 3 & 2,1 \\ 1,05 & 8,62 & 3 \end{bmatrix} \begin{matrix} |62,25 \\ |5,53 \\ |12,68 \end{matrix} \begin{matrix} |77,37\% \\ |6,87\% \\ |15,75\% \end{matrix}$$

Iteracja nr 2

$$\begin{bmatrix} 3 & 42 & 17,25 \\ 0,43 & 3 & 2,1 \\ 1,05 & 8,62 & 3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 3 & 42 & 17,25 \\ 0,43 & 3 & 2,1 \\ 1,05 & 8,62 & 3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 45,23 & 400,78 & 191,70 \\ 4,79 & 45,23 & 20,04 \\ 10,02 & 95,85 & 45,23 \end{bmatrix} \begin{matrix} |637,71 \\ |70,06 \\ |151,09 \end{matrix} \begin{matrix} |74,25\% \\ |8,16\% \\ |17,59\% \end{matrix}$$

Iteracja nr 3

$$\begin{bmatrix} 45,23 & 400,78 & 191,70 \\ 4,79 & 45,23 & 20,04 \\ 10,02 & 95,85 & 45,23 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 45,23 & 400,78 & 191,70 \\ 4,79 & 45,23 & 20,04 \\ 10,02 & 95,85 & 45,23 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 5886,79 & 54625,11 & 25370,33 \\ 634,26 & 5886,79 & 2731,26 \\ 1365,63 & 12685,27 & 5886,79 \end{bmatrix}$$

$$\begin{matrix} |85882,44 \\ |9252,31 \\ |19937,69 \end{matrix} \begin{matrix} |74,63\% \\ |8,04\% \\ |17,33\% \end{matrix}$$

Uzyskane wyniki potwierdzają, iż w iteracji nr 3 uzyskano wektor wag różniących się mniej niż o 0,5 p.p. od wartości wektora z iteracji nr 2, co oznacza uzyskanie wag (znaczenia) uwzględnionych w badaniu kryteriów. Należy zauważyć, iż w przeprowadzonym badaniu największe znaczenie dla respondenta nr 1 ma system operacyjny (74,63%), następnie aparat fotograficzny (17,33%), najmniejsze znaczenie ma rozmiar ekranu (8,04%). W przekroju wszystkich respondentów hierarchia ważności kryteriów nie ulega zmianie i wynosi: system operacyjny – 67,55%, aparat fotograficzny – 21,16%, rozmiar ekranu – 11,29%.

W przypadku uwzględnionych w badaniu subkryteriów przykładowe preferencje respondent nr 1 w odniesieniu do systemu operacyjnego, rozmiaru ekranu oraz aparatu fotograficznego prezentują tab. 5–7.

Tabela 5. Przykładowe oceny ważności subkryterium – system operacyjny

| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|------------------|---|---|---|---|---|---|---|--|
| iOS 8 | | | | | | | | | BlackBerry 10 OS | | | | | | | | |
| 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | |
| iOS 8 | | | | | | | | | Android 4.4 | | | | | | | | |
| 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | |
| iOS 8 | | | | | | | | | Windows Phone 8 | | | | | | | | |
| 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | |
| BlackBerry 10 OS | | | | | | | | | Android 4.4 | | | | | | | | |
| 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | |
| BlackBerry 10 OS | | | | | | | | | Windows Phone 8 | | | | | | | | |
| 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | |
| Android 4.4 | | | | | | | | | Windows Phone 8 | | | | | | | | |
| 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | |

Źródło: opracowanie własne na podstawie badania ankietowego.

Tabela 6. Przykładowe oceny ważności subkryterium – rozmiar ekranu

| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------|---|---|---|---|---|---|---|---|----------|---|---|---|---|---|---|---|--|
| 4,7 cala | | | | | | | | | 4,2 cala | | | | | | | | |
| 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | |
| 4,7 cala | | | | | | | | | 5 cali | | | | | | | | |
| 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | |
| 4,7 cala | | | | | | | | | 4,5 cala | | | | | | | | |
| 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | |
| 4,2 cala | | | | | | | | | 5 cali | | | | | | | | |
| 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | |
| 4,2 cala | | | | | | | | | 4,5 cala | | | | | | | | |
| 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | |
| 5 cali | | | | | | | | | 4,5 cala | | | | | | | | |
| 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | |

Źródło: opracowanie własne na podstawie badania ankietowego.

Tabela 7. Przykładowe oceny ważności subkryterium – aparat fotograficzny

| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---------|---|---|---|---|---|---|---|--|
| 8 Mpix (z pomniejszonymi pikselami) | | | | | | | | | 8 Mpix | | | | | | | | |
| 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | |
| 8 Mpix (z pomniejszonymi pikselami) | | | | | | | | | 13 Mpix | | | | | | | | |
| 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | |
| 8 Mpix (z pomniejszonymi pikselami) | | | | | | | | | 41 Mpix | | | | | | | | |
| 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | |
| 8 Mpix | | | | | | | | | 13 Mpix | | | | | | | | |
| 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | |
| 8 Mpix | | | | | | | | | 41 Mpix | | | | | | | | |
| 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | |
| 13 Mpix | | | | | | | | | 41 Mpix | | | | | | | | |
| 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | |

Źródło: opracowanie własne na podstawie badania ankietowego.

Na podobieństwo obliczeń zrealizowanych dla rankingu końcowego ocen ważności kryteriów zrealizowano obliczenia umożliwiające wyznaczenie wektorów wag ocen ważności wszystkich uwzględnionych w badaniu subkryteriów. W ten sposób uzyskano wagi kryteriów: systemu operacyjnego, rozmiaru ekranu oraz aparatu fotograficznego dla każdego z telefonów komórkowych (tab. 8).

Tabela 8. Wagi kryteriów

| Wyszczególnienie | System operacyjny | Rozmiar ekranu | Aparat fotograficzny |
|-------------------|-------------------|----------------|----------------------|
| Apple iPhone 6 | 0,5515 | 0,2535 | 0,2111 |
| BlackBerry Z10 | 0,0467 | 0,0519 | 0,0519 |
| Samsung Galaxy S5 | 0,2575 | 0,6027 | 0,1217 |
| Nokia Lumia 1020 | 0,1443 | 0,0919 | 0,6152 |
| Wagi | 67,55% | 11,29% | 21,16% |

Źródło: opracowanie własne.

Należy zauważyć, iż w odniesieniu do uwzględnionych w badaniu telefonów, respondenci najwyżej preferują system operacyjny iOS 8, rozmiar ekranu 5 cali (o rozdzielczości 1920 × 1080 pix) oraz aparat fotograficzny z 41 Mpix. Zestawiając otrzymane wektory z wektorem wag najwyższego kryterium w hierarchii, otrzymano ważność poszczególnych telefonów komórkowych (tab. 9).

Tabela 9. Wyniki ważności telefonów komórkowych

| Wyszczególnienie | System operacyjny | Rozmiar ekranu | Aparat fotograficzny | Ważność (%) |
|-------------------|-------------------|----------------|----------------------|--------------|
| Apple iPhone 6 | 0,3725 | 0,0286 | 0,0447 | 44,58 |
| BlackBerry Z10 | 0,0316 | 0,0059 | 0,0110 | 4,84 |
| Samsung Galaxy S5 | 0,1739 | 0,0680 | 0,0258 | 26,77 |
| Nokia Lumia 1020 | 0,0975 | 0,0104 | 0,1302 | 23,80 |

Źródło: opracowanie własne.

4. Zakończenie

Uzyskane wyniki wskazują, iż spośród wyróżnionych w badaniu modeli telefonów komórkowych, najbardziej preferowanym jest Apple iPhone 6 (44,58%), następnie Samsung Galaxy S5 (26,77%), Nokia Lumia 1020 (23,80%), natomiast najmniej preferowanym telefonem jest BlackBerry Z10 (4,84%). Spośród uwzględnionych kryteriów (charakterystyk smartfonów) najistotniejszy dla respondentów jest system operacyjny (67,55%), następnie aparat fotograficzny (21,16%), natomiast najmniej istotny jest rozmiar ekranu (11,29%). Jednocześnie najlepszym systemem operacyjnym jest iOS 8 (55,15%), najgorszym BlackBerry 10 OS (4,67%); najlepszym spośród porównywanych rozmiarów ekranu jest ekran 5-calowy (60,27%), najgorszym – ekran o przekątnej 4,2 cala (5,19%); najlepszy aparat fotograficzny charakteryzuje się matrycą 41 Mpix (61,52%), najgorszy jest aparat o rozdzielczości 8 Mpix.

Analytic Hierarchy Process ma zarówno zwolenników, jak i przeciwników, a interesująca wymiana poglądów na temat skuteczności metody AHP została zapoczątkowana w 1990 r. i trwa do dziś [Holder 1990]. Pomimo licznych zalet, znane są ograniczenia metody, wśród których najważniejsze to:

- stosowanie umownej skali ocen i wynikająca stąd subiektywność uzyskiwanych rankingów końcowych,
- ograniczenie do kilku liczby elementów porównywanych na tym samym poziomie hierarchii,
- możliwość uzyskania niespójnej macierzy ocen kryteriów/subkryteriów,
- wrażliwość metody (tworzenie „nieistniejących rankingów”, zmiana rankingów w wyniku dodania „obojętnego” kryterium itp.),
- założenie pełnej porównywalności elementów (kryteriów/subkryteriów) występujących w modelu hierarchicznym.

Literatura

- Chuang P.T., 2001, *Combining the Analytic Hierarchy Process and quality function development for a location decision from a requirement perspective*, The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, vol. 18, s. 842–849.
- Domański C., 1997, *Wprowadzenie do analitycznego procesu hierarchicznego*, Taksonomia, nr 4, Jelenia Góra-Katowice-Kraków-Wrocław, s. 217–226.
- Green P.E., Wind Y., 1975, *New way to measure consumers' judgments*, Harvard Business Review, vol. 53, s. 107–117.
- Holder R.D., 1990, *Some comment on the Analytic Hierarchy Process*, Journal of the Operational Research Society, vol. 41, s. 1073–1076.
- McCaffrey J., 2005, *Test Run: The Analytic Hierarchy Process*, MSDN Magazine, Retrieved 2007-08-21.
- R Development Core Team, 2011, *R: A Language and Environment for Statistical Computing*, R Foundation for Statistical Computing, URL: <http://cran.r-project.org/>.

- Saaty T.L., 1977, *A scaling method for priorities in hierarchical structures*, Journal of Mathematical Psychology, vol. 15, no. 3, s. 234–281.
- Saaty T.L., 1980, *The Analytic Hierarchy Process: Planning. Priority Setting. Resource Allocation*, McGraw-Hill, New York.
- Saaty T.L., 1990, *How to make a decision: The Analytic Hierarchy Process*, European Journal of Operational Research, vol. 48, no. 1.
- Saaty T.L., 2001, *Fundamentals of Decision Making and Priority Theory*, RWS Publications, Pittsburgh.
- Saaty T.L., 2008, *Relative measurement and its generalization in decision making: Why pairwise comparisons are central in mathematics for the measurement of intangible factors*, The Analytic Hierarchy/Network Process, Review of the Royal Academy of Exact. Physical and Natural Sciences, Series A: Mathematics (RACSAM), vol. 102, no. 2, s. 251–318.
- Saaty T.L., Alexander J.M., 1989, *Group decision making and the AHP*, [w:] B.L. Golden, E.A. Wasil, P.T. Harker (red.), *The Analytic Hierarchy Process, Applications and Studies*, Springer-Verlag, Wiesbaden.
- Walesiak M., Bąk A., 2000, *Conjoint analysis w badaniach marketingowych*, Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej we Wrocławiu.