

# 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](http://www.ibuk.pl), [www.ebscohost.com](http://www.ebscohost.com),

w Dolnośląskiej Bibliotece Cyfrowej [www.dbc.wroc.pl](http://www.dbc.wroc.pl),

The Central and Eastern European Online Library [www.ceeol.com](http://www.ceeol.com),

a także w adnotowanej bibliografii zagadnień ekonomicznych BazEkon

[http://kangur.uek.krakow.pl/bazy\\_ae/bazekon/nowy/index.php](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](http://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

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

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

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

## Summaries

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

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

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

**Agnieszka Przedborska**

Uniwersytet Medyczny w Łodzi

**Małgorzata Misztal**

Uniwersytet Łódzki

---

**WYBRANE METODY STATYSTYKI  
WIELOWYMIAROWEJ W OCENIE SKUTECZNOŚCI  
TERAPEUTYCZNEJ GŁĘBOKIEJ STYMULACJI  
ELEKTROMAGNETYCZNEJ U PACJENTÓW  
Z CHOROBA ZWYRODNIENIOWĄ STAWÓW**

---

**Streszczenie:** Celem głównym pracy jest ocena skuteczności leczenia pacjentów z przewlekłymi zespołami bólowymi stawów, kręgosłupa i kończyn z wykorzystaniem metody DEMS (*Deep Electromagnetic Stimulation*). Do identyfikacji tych charakterystyk pacjenta, które w istotny sposób wiążą się ze zmniejszeniem nasilenia dolegliwości bólowych, wykorzystano analizę korespondencji i drzewa klasyfikacyjne.

**Słowa kluczowe:** choroba zwyrodnieniowa stawów, głęboka stymulacja elektromagnetyczna, analiza korespondencji, drzewa klasyfikacyjne.

## 1. Wstęp

Choroba zwyrodnieniowa stawów jest przewlekłym procesem wstecznym chrząstki z odczynem wytwórczo-zwyrodnieniowym kości, błony maziowej i innych elementów tworzących staw.

Dolegliwości bólowe spowodowane degeneracją stawów wiążą się z ograniczeniem aktywności, obniżeniem jakości życia chorego, a często także inwalidztwem, co sprawia, że choroba ta jest nie tylko problemem leczniczym, ale i społecznym. Koszty związane z leczeniem pacjentów ze schorzeniami kostno-stawowymi, zwolnienia oraz renty wypłacane z tytułu niezdolności do pracy to poważne obciążenie dla budżetów państw.

Dostrzegając ten problem, wiele światowych organizacji prowadzi działania zapobiegające rozwojowi cywilizacyjnych chorób układu ruchu. Wymienić tu można m.in. projekt „Fit for Work”, realizowany w ramach międzynarodowego



programu badawczego „The Work Foundation”, którego celem jest pokazanie zależności między profilaktyką, diagnostyką i leczeniem chorób układu mięśniowo-szkieletowego a wpływem na społeczeństwo i wyniki gospodarcze<sup>1</sup>. W ramach tego projektu w 2011 roku w Polsce powstał raport, opracowany m.in. dzięki danym udostępnionym przez ZUS i NFZ, w którym poddano analizie wpływ chorób układu ruchu na polskie społeczeństwo, gospodarkę i sektor ochrony zdrowia. W raporcie podano, że – zgodnie z danymi NFZ – w 2010 r. na leczenie schorzeń układu kostno-stawowego w Polsce wydano kwotę 937 mln euro [Zheloutoukhova i in. 2011, s. 45].

Ciągle rosnąca liczba pacjentów zmusza lekarzy i fizjoterapeutów do poszukiwania nowych, skutecznych metod terapeutycznych. Jedną z najnowszych metod leczenia bólu związanego z degeneracją stawów jest głęboka stymulacja elektromagnetyczna (*Deep Electromagnetic Stimulation* – DEMS), która wykorzystuje zmienne pole elektromagnetyczne o częstotliwościach od 1 do 50 Hz i indukcji magnetycznej maksymalnie 2,5 T. Mechanizm działania tej mało rozpowszechnionej terapii<sup>2</sup> nie został dotychczas w pełni wyjaśniony. Brak doniesień na temat wpływu głębokiej stymulacji elektromagnetycznej na organizm ludzki skłonił autorki do podjęcia badań.

Celem głównym pracy jest ocena skuteczności leczenia pacjentów z przewlekłymi zespołami bólowymi stawów kręgosłupa i kończyn z wykorzystaniem metody DEMS. Cel szczegółowy to identyfikacja tych charakterystyk pacjenta, które w istotny sposób wiążą się ze zmniejszeniem nasilenia dolegliwości bólowych.

## 2. Charakterystyka badanych pacjentów

Badania przeprowadzono w Oddziale Klinicznym Rehabilitacji Pourazowej Uniwersyteckiego Szpitala Klinicznego im. WAM – CSW w Łodzi w okresie od maja 2012 do lipca 2013 r. Uczestniczyło w nich 186 pacjentów (70,4% kobiet i 29,6% mężczyzn).

Kryterium wyłączenia z badania był ból w fazie ostrej oraz stosowanie innych zabiegów fizjoterapeutycznych w czasie ostatnich 3 miesięcy.

Średni wiek badanych wynosił  $55,2 \pm 12,6$  roku; połowa pacjentów miała co najwyżej 57 lat, najmłodszy pacjent był w wieku 25 lat, a najstarszy – 80 lat. 17,7% badanych miało co najwyżej 40 lat, 45,2% było w wieku 41-60 lat, a 37,1% miało 61 i więcej lat.

Wśród pacjentów przeważały osoby z nadwagą (44%); wagę w normie miało 36% badanych, a otyłość stwierdzono u co piątego pacjenta (20%).

<sup>1</sup> <http://www.egospodarka.pl/70663,Fit-for-Work-zdrowie-polskich-pracownikow,1,39,1.html>.

<sup>2</sup> Leczenie głęboką stymulacją magnetyczną to nowa metoda terapii – pierwsze badania przeprowadzono w Austrii w 2010 roku. Pierwsze badania w Polsce miały miejsce w 2011 r.

U wszystkich pacjentów zdiagnozowano przewlekłą chorobę zwyrodnieniową kręgosłupa (47% badanych) lub stawów obwodowych (kolana, stopy, dłonie, bark, biodra, łokcie – 53% badanych).

Średni czas trwania dolegliwości bólowych wynosił  $3,4 \pm 4,6$  roku; połowa pacjentów odczuwała bóle nie dłużej niż 1 rok (IQR: 4 miesiące – 5 lat). Najkrótszy zgłaszany czas trwania bólu to 1 miesiąc, a najdłuższy 20 lat. U 41,9% badanych ból utrzymywał się krócej niż 1 rok; 38,7% pacjentów odczuwało dolegliwości bólowe co najmniej od roku, ale nie dłużej niż 5 lat, a 19,4% stanowili pacjenci odczuwający ból ponad 5 lat.

Każdy pacjent został poinformowany o zasadach użycia głębokiej stymulacji elektromagnetycznej, podpisał pisemną zgodę na zastosowanie leczenia oraz włączenie do badań, a następnie został poddany serii 10 zabiegów.

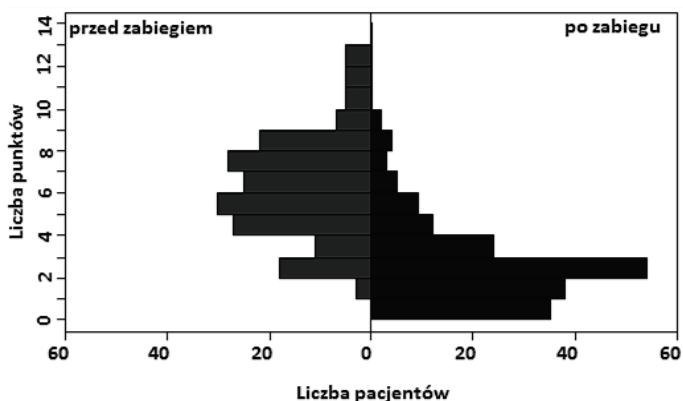
### 3. Metody badawcze

Leczenie można uznać za skuteczne, jeżeli nastąpi zmniejszenie odczuwanych dolegliwości bólowych. Według definicji Międzynarodowego Towarzystwa Badań Bólu, ból to subiektywnie przykre i negatywne wrażenie zmysłowe i emocjonalne, powstające pod wpływem bodźców uszkadzających tkanki lub zagrażających ich uszkodzeniem. Ból jest odczuciem subiektywnym, dlatego jest nim wszystko to, co chory w ten sposób nazywa, bez względu na obiektywne objawy z nim związane [por. Hans i in. 2008, s. 210].

Do oceny stopnia natężenia bólu stosuje się zwykle proste skale wizualne lub werbalne. Jedną z takich skal jest skala Laitinena, opierająca się na kwestionariuszu oceniającym 4 aspekty: intensywność bólu (0 – brak bólu, 4 – ból nie do wytrzymania), częstotliwość występowania bólu (0 – nie występuje; 4 – ból ciągły), stosowanie leków przeciwbólowych (0 – bez leków; 4 – ciągle bardzo duże dawki) oraz ograniczenie aktywności ruchowej (0 – żadne; 4 – potrzeba całkowitej pomocy). Łączna ocena dolegliwości bólowych według tej skali to suma punktów z czterech wymienionych podskal.

Rozkład liczby punktów według skali Laitinena przed i po serii 10 zabiegów przedstawia rys. 1. Stwierdzono istotne statystycznie ( $p < 0,001$ ; test kolejności par Wilcozona) zmniejszenie stopnia nasilenia dolegliwości bólowych.

Na podstawie wyników skali Laitinena dokonano kategoryzacji efektu leczenia, wyodrębniając 4 grupy pacjentów: (I) – brak poprawy (pacjenci, których ocena dolegliwości nie uległa zmianie po terapii – 10 osób (5,4% wszystkich badanych)), (II) – poprawa (pacjenci, u których nastąpił spadek liczby punktów po zabiegu mniej niż o połowę – 54 osoby (29%)), (III) – znaczna poprawa (pacjenci, u których nastąpił spadek liczby punktów po zabiegu co najmniej o połowę – 90 osób (48,4%)) oraz (IV) – całkowite ustąpienie (pacjenci, u których dolegliwości bólowe całkowicie ustąpiły – 32 osoby (17,2%)).



**Rys. 1.** Ocena dolegliwości bólowych według skali Laitinena przed i po serii zabiegów

Źródło: opracowanie własne.

Ze względu na charakter zmiennych do oceny zależności między efektem leczenia a pozostałymi zmiennymi charakteryzującymi pacjentów wykorzystano metody analizy korespondencji. Gatnar i Walesiak [2004, s. 284] definiują analizę korespondencji jako eksploracyjną technikę analizy tablic kontyngencji, zmierzającą do odtworzenia odległości między punktami reprezentującymi wiersze i/lub kolumny w przestrzeni o mniejszej liczbie wymiarów przy jednoczesnym zachowaniu jak największej liczby pierwotnych informacji. Szczegółowy opis metod analizy korespondencji można znaleźć na przykład w pracy Gatnara i Walesiaka [2004].

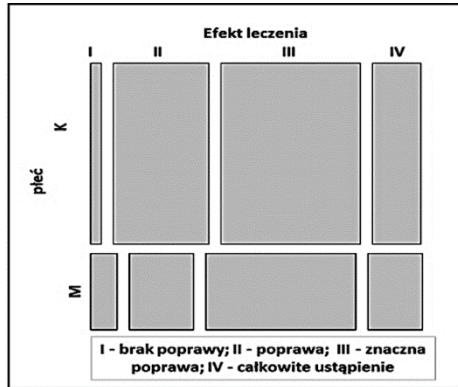
Podjęto także próbę prognozowania efektu leczenia za pomocą drzew klasyfikacyjnych. Obliczenia wykonano z wykorzystaniem pakietów statystycznych: STATISTICA PL 10.0, STATA 10 oraz środowiska R (pakiety: `vcd`, `Hmisc`, `evtree`).

## 4. Wyniki

Prostą analizę zależności między efektem leczenia a poszczególnymi zmiennymi objaśniającymi przeprowadzono z wykorzystaniem tablic kontyngencji. Na rys. 2-6 zaprezentowano badane zależności w postaci wykresów mozaikowych. Istotnie statystycznie zależności zaobserwowano między efektem leczenia i wiekiem pacjentów oraz czasem trwania dolegliwości, a także między efektem leczenia i BMI.

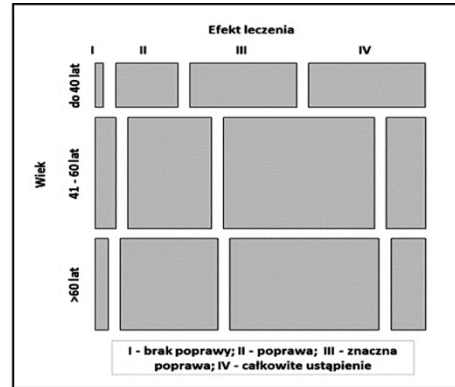
Nie ma zależności między efektem leczenia i płcią pacjenta oraz miejscem odczuwania dolegliwości.

Analizując rysunki 2-6 można zauważyć, że całkowite ustąpienie dolegliwości bólowych wiąże się z młodszym wiekiem pacjenta (do 40 lat), wagą w normie oraz krótszym czasem trwania dolegliwości (poniżej 1 roku).



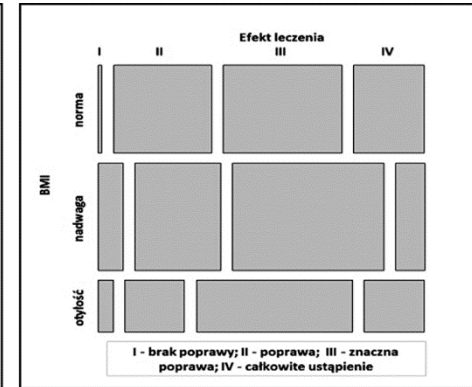
Rys. 2. Ocena zależności między efektem leczenia i płcią pacjenta ( $p = 0,3143$ )

Źródło: opracowanie własne.



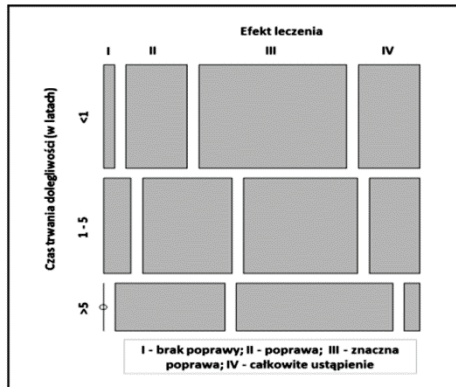
Rys. 3. Ocena zależności między efektem leczenia i wiekiem pacjenta ( $p = 0,0216$ )

Źródło: opracowanie własne.



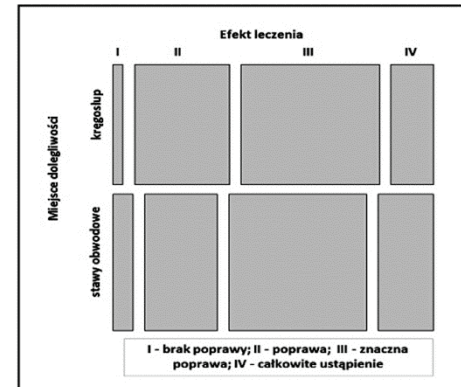
Rys. 4. Ocena zależności między efektem leczenia i BMI ( $p = 0,0972$ )

Źródło: opracowanie własne.



Rys. 5. Ocena zależności między efektem leczenia i czasem trwania dolegliwości ( $p = 0,0416$ )

Źródło: opracowanie własne.

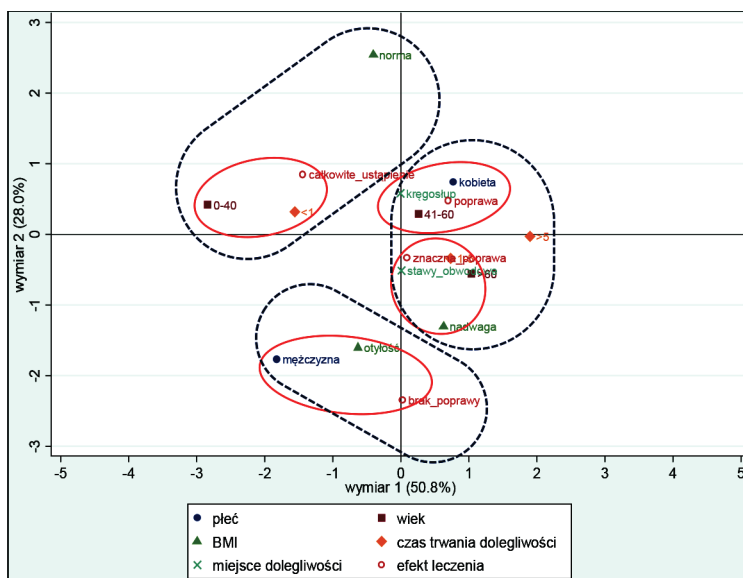


Rys. 6. Ocena zależności między efektem leczenia i miejscem dolegliwości ( $p = 0,4474$ )

Źródło: opracowanie własne.

Do zbadania charakteru powiązań między kategoriami badanych zmiennych wykorzystana została wielowymiarowa i łączna analiza korespondencji. Ze względu na ograniczoną objętość pracy poniżej przedstawiono wyniki łącznej analizy korespondencji (JCA – *Joint Correspondence Analysis* – Greenacre [1984, 1988]) przy założeniu dwóch wymiarów (por. rys. 7). Dwa wymiary wyjaśniają łącznie 79% inercji.

Do analizy wzajemnego położenia punktów w uzyskanej przestrzeni czynnikowej w literaturze przedmiotu najczęściej sugerowane jest wykorzystanie metody Warda. Wyniki grupowania kategorii za pomocą metody Warda dla odległości Euklidesa zaznaczono na rys. 7 czerwoną linią ciągłą. Dodatkowo, zastosowano także grupowanie z wykorzystaniem metody pełnego wiązania dla kwadratu odległości Euklidesa – taką metodę grupowania jako optymalną wskazuje procedura `cluster.Sim()` z pakietu `clusterSim` Walesiaka i Dudka [2012]. Wyniki tego grupowania zaznaczono na rys. 7 niebieską linią przerywaną.



**Rys. 7.** Mapa percepcji – wykres konfiguracji punktów reprezentujących badane zmienne w dwuwymiarowej przestrzeni czynnikowej

Źródło: opracowanie własne.

Za pomocą metody Warda można wyodrębnić 4 skupienia związane z kolejnymi efektami leczenia metodą DEMS:

- I – brak poprawy dotyczy częściej osób otyłych i płci męskiej;
- II – poprawa wiąże się głównie z płcią żeńską, grupą wiekową 41-60 lat oraz chorobą zwyrodnieniową kręgosłupa;

- III – znaczna poprawa dotyczy przede wszystkim pacjentów ze zmianami zwyrodnieniowymi stawów obwodowych; dominują tu pacjenci z nadwagą, w wieku powyżej 60 lat, u których dolegliwości bólowe trwają od roku do 5 lat;
- IV – całkowite ustąpienie dolegliwości bólowych koresponduje z wiekiem do 40 lat i krótkim czasem trwania dolegliwości (poniżej 1 roku).

W przypadku grupowania z wykorzystaniem metody pełnego wiązania są trzy skupienia – jedno skupienie stanowią kategorie związane z poprawą i znaczną poprawą, dodatkowo – wskaźnik masy ciała w normie wiąże się z całkowitym ustąpieniem dolegliwości bólowych.

Skupienia związane z poprawą i znaczną poprawą obejmują w większości kategorie blisko początku układu współrzędnych, a więc bliskie profilowi przeciętnemu. Z kolei z medycznego punktu widzenia najbardziej interesujące są pozostałe dwa skupienia – brak poprawy po terapii oraz całkowite ustąpienie dolegliwości bólowych.

Jak już wspomniano, całkowite ustąpienie dolegliwości bólowych koresponduje z młodszym wiekiem pacjentów (do 40 lat), krótkim czasem dolegliwości (poniżej 1 roku) oraz wagą w normie. Zastosowana terapia pozwoliła na uzyskanie całkowitej poprawy stanu pacjentów bez żadnych dodatkowych ćwiczeń. Całkowite ustąpienie dolegliwości u pacjentów młodych ma także znaczenie społeczne – niższe koszty zwolnień lekarskich u osób czynnych zawodowo.

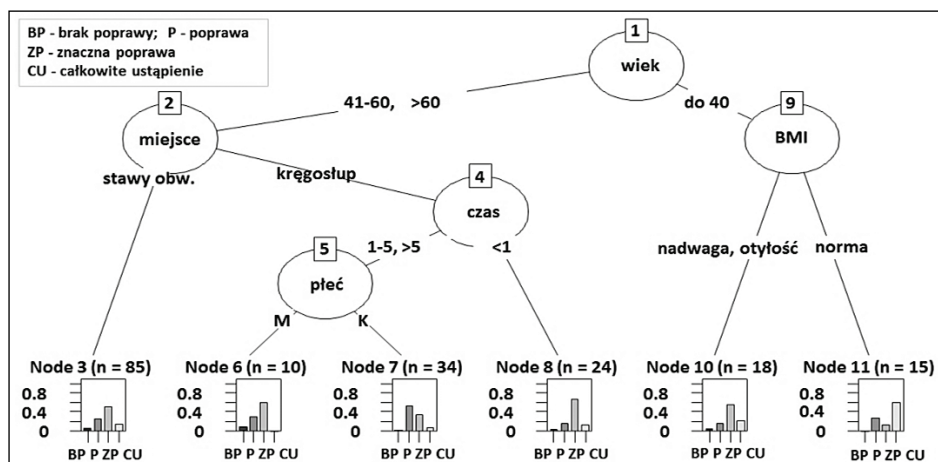
Brak poprawy wiąże się przede wszystkim z otyłością oraz płcią męską. Przeciążanie zmienionych chorobowo stawów nadmierną masą ciała wpływa niekorzystnie na wynik leczenia ograniczając możliwości regeneracyjne tkanek. Gorszy wynik terapii u mężczyzn związany jest z większą wrażliwością na ból. Aby poprawić efekt leczenia w tej grupie, należałoby uzupełnić terapię odpowiednio dostosowanymi ćwiczeniami, wpływającymi korzystnie na poprawę bilansu energetycznego (spadek masy ciała) i funkcję stawów.

Drzewa klasyfikacyjne, niezależnie od zastosowanego algorytmu, dają podobne wyniki. Na rys. 8 przedstawiono drzewo klasyfikacyjne uzyskane z wykorzystaniem algorytmu *evtree* autorstwa Grubingera, Zeileisa i Pfeiffera [2011].

Ogólny błąd klasyfikacji w rozważanym przypadku jest wysoki i sięga 44,6% – wynika to z faktu, iż dane są niezbalansowane – grupa bez poprawy obejmuje tylko 10 pacjentów, grupa z całkowitym ustąpieniem dolegliwości – 32 pacjentów; 144 osoby łącznie należą do grup z poprawą.

Ze względu na cel prowadzonych analiz najbardziej interesujące są reguły klasyfikacyjne, opisujące przynależność pacjentów do poszczególnych klas.

Warto zwrócić uwagę na węzeł końcowy nr 11, w którym przeważają pacjenci z całkowitym ustąpieniem dolegliwości bólowych. Są to osoby w wieku do 40 lat i o BMI w normie – taki opis pacjentów jest zbliżony z wnioskiem z analizy korespondencji. Z kolei w węźle nr 7 przeważają pacjenci z poprawą. Są to kobiety w wieku co najmniej 41 lat, z przewlekłymi zespołami bólowymi kręgosłupa, trwa-



Rys. 8. Drzewo klasyfikacyjne dla efektu leczenia (pakiet `evtree`: [Grubinger i in. 2011])

Źródło: opracowanie własne.

jącymi co najmniej 1 rok. Taka reguła klasyfikacyjna również jest zbieżna z wynikami analizy korespondencji. Nie można w jednoznaczny sposób podać charakterystyki pacjentów z grupy bez poprawy. Pojedyncze osoby trafiły do każdego z liści, poza wspomnianym już węzłem nr 11.

## 5. Podsumowanie

Zastosowanie głębokiej stymulacji elektromagnetycznej jest skuteczną metodą leczenia dolegliwości bólowych stawów spowodowanych chorobą zwyrodnieniową. Metoda DEMS jest najbardziej skuteczna w przypadku ludzi młodych, do 40. roku życia, czyli czynnych zawodowo. Może zatem przyczynić się do redukcji kosztów ponoszonych przez państwo w związku z przedłużanymi zwolnieniami lekarskimi czy nawet rezygnacją z pracy na rzecz świadczeń wypłacanych z tytułu niezdolności do pracy.

Wiek wydaje się najsilniej związany z efektem leczenia. W modelu regresji porządkowej (szczegółowe wyniki pominięto) istotny statystycznie był tylko współczynnik regresji dla wieku pacjentów ( $p = 0,0365$ ; OR = 0,973; 95%CI: 0,949 – 0,998).

Przedstawione wyniki należy traktować jako wstępne. Kierunki dalszych badań to porównanie efektu leczenia metodą DEMS z innymi metodami leczenia oraz ocena czasu utrzymywania się efektu analgetycznego po terapii metodą DEMS.

## Literatura

- Gatnar E., Walesiak M. (red.) (2004), *Metody statystycznej analizy wielowymiarowej w badaniach marketingowych*, Wydawnictwo AE we Wrocławiu, Wrocław.
- Gatnar E. (2001), *Nieparametryczna metoda dyskryminacji i regresji*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- Greenacre M.J. (1984), *Theory and Applications of Correspondence Analysis*, Academic Press, London.
- Greenacre M.J. (1988), *Correspondence analysis of multivariate categorical data by weighted least squares*, „Biometrika”, vol. 75, s. 457-467.
- Grubinger T., Zeileis A., Pfeiffer K.-P., (2011), *evtree: Evolutionary Learning of Globally Optimal Classification and Regression Trees in R*, Working Paper 2011-20. Working Papers in Economics and Statistics, Research Platform Empirical and Experimental Economics, Universitaät Innsbruck, URL, <http://EconPapers.RePEc.org/RePEc:inn:wpaper:2011-20>.
- Hans L., Posturzyńska A., Jabłoński M. (2008), *Leczenie bólu w niemieckiej i polskiej ochronie zdrowia*, „Zdrowie Publiczne”, vol. 118(2), s. 210-215.
- Harrell F.E. Jr. (2013), *Hmisc: Harrell Miscellaneous*, R-package version 3.12-2, URL: <http://biostat.mc.vanderbilt.edu/Hmisc>.
- Meyer D., Zeileis A., Hornik K. (2012), *vcd: Visualizing Categorical Data*, R package version 1.2-13, URL: <http://www.R-project.org>.
- Walesiak M., Dudek A. (2012), *clusterSim* package, URL: <http://keii.ue.wroc.pl/clusterSim>.
- Zheltoukhova K., Bevan S., Reich A. (2011), *Zdolni do pracy? Choroby układu mięśniowo-szkieletowego a rynek pracy w Polsce*, URL: [http://www.fitforworkeurope.eu/poland\\_polish050911.pdf](http://www.fitforworkeurope.eu/poland_polish050911.pdf).

### SELECTED MULTIVARIATE STATISTICAL ANALYSIS METHODS IN THE EVALUATION OF EFFICACY OF DEEP ELECTROMAGNETIC STIMULATION IN PATIENTS WITH DEGENERATIVE JOINT DISEASE

**Summary:** Degenerative joint disease is a serious medical and social problem. Chronic pain and motor dysfunction contribute to the deterioration of patient's life quality. Deep electromagnetic stimulation (DEMS) is a new and effective method of treatment of pain associated with degeneration of joints. The main objective of the study is to evaluate the efficacy of DEMS in treating patients with chronic pain syndromes of spine and limbs. Correspondence analysis and classification trees were applied to identify patient's characteristics corresponding with the lessening of pain.

**Keywords:** degenerative joint disease, deep electromagnetic stimulation, correspondence analysis, classification trees.