

**PRACE NAUKOWE**

Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu

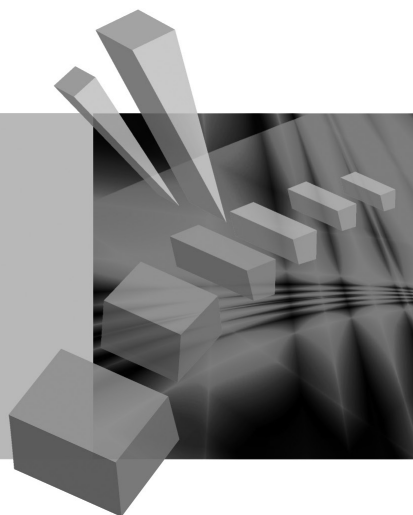
**RESEARCH PAPERS**

of Wrocław University of Economics

**278**

# Taksonomia 20

## Klasyfikacja i analiza danych – teoria i zastosowania



Redaktorzy naukowi

**Krzysztof Jajuga**

**Marek Walesiak**



Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu  
Wrocław 2013

Redaktor Wydawnictwa: Aleksandra Śliwka

Redaktor techniczny: Barbara Łopusiewicz

Korektor: Barbara Cibis

Łamanie: Małgorzata Czupryńska

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),

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 2013

**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> .....	9
<b>Józef Pocięcha:</b> Wskaźniki finansowe a klasyfikacyjne modele predykcji upadłości firm .....	15
<b>Eugeniusz Gatnar:</b> Analiza miar adekwatności rezerw walutowych .....	23
<b>Marek Walesiak:</b> Zagadnienie doboru liczby klas w klasyfikacji spektralnej .....	33
<b>Joanicjusz Nazarko, Joanna Ejdyś, Anna Kononiuk, Anna M. Olszewska:</b> Analiza strukturalna jako metoda klasyfikacji danych w badaniach foresight .....	44
<b>Andrzej Bąk:</b> Metody porządkowania liniowego w polskiej taksonomii – pakiet p11ord .....	54
<b>Aleksandra Łuczak, Feliks Wysocki:</b> Zastosowanie mediany przestrzennej Webera i metody TOPSIS w ujęciu pozycyjnym do konstrukcji syntetycznego miernika poziomu życia .....	63
<b>Ewa Roszkowska:</b> Zastosowanie rozmytej metody TOPSIS do oceny ofert negocjacyjnych .....	74
<b>Jacek Batóg:</b> Analiza wrażliwości metody ELECTRE III na obserwacje nietypowe i zmianę wartości progowych .....	85
<b>Jerzy Korzeniewski:</b> Modyfikacja metody HINoV selekcji zmiennych w analizie skupień .....	93
<b>Małgorzata Markowska, Danuta Strahl:</b> Wykorzystanie referencyjnego systemu granicznego do klasyfikacji europejskiej przestrzeni regionalnej ze względu na filar inteligentnego rozwoju – kreatywne regiony .....	101
<b>Elżbieta Sobczak:</b> Inteligentne struktury pracujących a efekty strukturalne zmian zatrudnienia w państwach Unii Europejskiej.....	111
<b>Elżbieta Gołata, Grażyna Dehnel:</b> Rozbieżności szacunków NSP 2011 i BAEL.....	120
<b>Iwona Foryś:</b> Wykorzystanie analizy historii zdarzeń do badania powtórnego sprzedaży na lokalnym rynku mieszkaniowym .....	131
<b>Hanna Dudek, Joanna Landmesser:</b> Wpływ relatywnej deprivacji na subiektywne postrzeganie dochodów.....	142
<b>Grażyna Łaska:</b> Syntaksonomia numeryczna w klasyfikacji, identyfikacji i analizie przemian zbiorowisk roślinnych .....	151
<b>Magdalena Osińska, Marcin Faldziński, Tomasz Zdanowicz:</b> Analiza zależności między procesami fundamentalnymi a rynkiem kapitałowym w Chinach .....	161

<b>Andrzej Bąk, Tomasz Bartłomowicz:</b> Mikroekonometryczne modele wielomianowe i ich zastosowanie w analizie preferencji z wykorzystaniem programu R .....	169
<b>Andrzej Dudek, Bartosz Kwaśniewski:</b> Przetwarzanie równoległe algorytmów analizy skupień w technologii CUDA .....	180
<b>Michał Trzęsiok:</b> Wycena rynkowej wartości nieruchomości z wykorzystaniem wybranych metod wielowymiarowej analizy statystycznej .....	188
<b>Joanna Trzęsiok:</b> Wybrane symulacyjne techniki porównywania nieparametrycznych metod regresji.....	197
<b>Artur Mikulec:</b> Kryterium Mojeny i Wisharta w analizie skupień – przypadek skupień o różnych macierzach kowariancji .....	206
<b>Artur Zaborski:</b> Analiza <i>unfolding</i> z wykorzystaniem modelu grawitacji ....	216
<b>Justyna Wilk:</b> Identyfikacja obszarów problemowych i wzrostowych w województwie dolnośląskim w zakresie kapitału ludzkiego .....	225
<b>Karolina Bartos:</b> Analiza ryzyka odejścia studenta z uczelni po uzyskaniu dyplomu licencjata – zastosowanie sieci MLP .....	236
<b>Ewa Genge:</b> Segmentacja uczestników Industriady z wykorzystaniem analizy klas ukrytych .....	246
<b>Izabela Kurzawa:</b> Wielomianowy model logitowy jako narzędzie identyfikacji czynników wpływających na sytuację mieszkaniową polskich gospodarstw domowych .....	254
<b>Marek Lubicz, Maciej Zięba, Konrad Pawelczyk, Adam Rzechonek, Jerzy Kołodziej:</b> Modele eksploracji danych niezbilansowanych – procedury klasyfikacji dla zadania analizy ryzyka operacyjnego.....	262
<b>Aleksandra Łuczak:</b> Zastosowanie rozmytej hierarchicznej analizy w tworzeniu strategii rozwoju jednostek administracyjnych .....	271
<b>Marcin Pełka:</b> Rozmyta klasyfikacja spektralna <i>c</i> -średnich dla danych symbolicznych interwałowych.....	282
<b>Małgorzata Machowska-Szewczyk:</b> Klasyfikacja obiektów reprezentowanych przez różnego rodzaju cechy symboliczne .....	290
<b>Ewa Chodakowska:</b> Indeks Malmquista w klasyfikacji podmiotów gospodarczych według zmian ich względnej produktywności działania .....	300
<b>Beata Bieszk-Stolorz, Iwona Markowicz:</b> Wykorzystanie modeli proporcjonalnego i nieproporcjonalnego hazardu Coxa do badania szansy podjęcia pracy w zależności od rodzaju bezrobocia .....	311
<b>Marcin Salamaga:</b> Weryfikacja teorii poziomego rozwoju gospodarczego J.H. Dunninga w ujęciu sektorowym w wybranych krajach Unii Europejskiej .....	321
<b>Justyna Wilk, Michał Bernard Pietrzak, Stanisław Matusik:</b> Sytuacja społeczno-gospodarcza jako determinanta migracji wewnętrznych w Polsce. ....	330
<b>Hanna Gruchociak:</b> Delimitacja lokalnych rynków pracy w Polsce na podstawie danych z badania przepływów ludności związanych z zatrudnieniem .....	343

<b>Radosław Pietrzyk:</b> Efektywność inwestycji polskich funduszy inwestycyjnych z tytułu doboru papierów wartościowych i umiejętności wykorzystania trendów rynkowych .....	351
<b>Sabina Denkowska:</b> Procedury testowań wielokrotnych .....	362

## Summaries

<b>Józef Pocięcha:</b> Financial ratios and classification models of bankruptcy prediction .....	22
<b>Eugeniusz Gatnar:</b> Analysis of FX reserve adequacy measures .....	32
<b>Marek Walesiak:</b> Automatic determination of the number of clusters using spectral clustering .....	43
<b>Joanicjusz Nazarko, Joanna Ejdys, Anna Kononiuk, Anna M. Olszewska:</b> Structural analysis as a method of data classification in foresight research .....	53
<b>Andrzej Bąk:</b> Linear ordering methods in Polish taxonomy – pllord package .....	62
<b>Aleksandra Łuczak, Feliks Wysocki:</b> The application of spatial median of Weber and the method TOPSIS in positional formulation for the construction of synthetic measure of standard of living .....	73
<b>Ewa Roszkowska:</b> Application of the fuzzy TOPSIS method to the estimation of negotiation offers.....	84
<b>Jacek Batóg:</b> Sensitivity analysis of ELECTRE III method for outliers and change of thresholds .....	92
<b>Jerzy Korzeniewski:</b> Modification of the HINoV method of selecting variables in cluster analysis .....	100
<b>Małgorzata Markowska, Danuta Strahl:</b> Implementation of reference limit system for the European regional space classification regarding smart growth pillar – creative regions .....	110
<b>Elżbieta Sobczak:</b> Smart workforce structures versus structural effects of employment changes in the European Union countries .....	119
<b>Elżbieta Gołata, Grażyna Dehnel:</b> Divergence in National Census 2011 and LFS estimates.....	130
<b>Iwona Foryś:</b> Event history analysis in the resale study on the local housing market .....	141
<b>Hanna Dudek, Joanna Landmesser:</b> Impact of the relative deprivation on subjective income satisfaction .....	150
<b>Grażyna Łaska:</b> Numerical syntaxonomy in classification, identification and analysis of changes of secondary communities .....	160
<b>Magdalena Osińska, Marcin Faldziński, Tomasz Zdanowicz:</b> Analysis of relations between fundamental processes and capital market in China.....	166
<b>Andrzej Bąk, Tomasz Bartłomowicz:</b> Microeconomic polynomial models and their application in the analysis of preferences using R program.....	179

<b>Andrzej Dudek, Bartosz Kwaśniewski:</b> Parallel processing of clustering algorithms in CUDA technology .....	187
<b>Michał Trzęsiok:</b> Real estate market value estimation based on multivariate statistical analysis .....	196
<b>Joanna Trzęsiok:</b> On some simulative procedures for comparing nonparametric methods of regression.....	205
<b>Artur Mikulec:</b> Mojena and Wishart criterion in cluster analysis – the case of clusters with different covariance matrices .....	215
<b>Artur Zaborski:</b> Unfolding analysis by using gravity model .....	224
<b>Justyna Wilk:</b> Determination of problem and growth areas in Dolnośląskie Voivodship as regards human capital.....	235
<b>Karolina Bartos:</b> Risk analysis of bachelor students' university abandonment – the use of MLP networks .....	245
<b>Ewa Genge:</b> Clustering of industrial holiday participants with the use of latent class analysis.....	253
<b>Izabela Kurzawa:</b> Multinomial logit model as a tool to identify the factors affecting the housing situation of Polish households.....	261
<b>Marek Lubicz, Maciej Zięba, Konrad Pawelczyk, Adam Rzechonek, Jerzy Kołodziej:</b> Modelling class imbalance problems: comparing classification approaches for surgical risk analysis .....	270
<b>Aleksandra Łuczak:</b> The application of fuzzy hierarchical analysis to the evaluation of validity of strategic factors in administrative districts.....	281
<b>Marcin Pelka:</b> A spectral fuzzy c-means clustering algorithm for interval-valued symbolic data .....	289
<b>Małgorzata Machowska-Szewczyk:</b> Clustering algorithms for mixed-feature symbolic objects .....	299
<b>Ewa Chodakowska:</b> Malmquist index in enterprises classification on the basis of relative productivity changes .....	310
<b>Beata Bieszk-Stolorz, Iwona Markowicz:</b> Using proportional and non proportional Cox hazard models to research the chances for taking up a job according to the type of unemployment .....	320
<b>Marcin Salamaga:</b> Verification J.H. Dunning's theory of economic development by economic sectors in some EU countries .....	329
<b>Justyna Wilk, Michał Bernard Pietrzak, Stanisław Matusik:</b> Socio-economic situation as a determinant of internal migration in Poland .....	342
<b>Hanna Gruchociak:</b> Delimitation of local labor markets in Poland on the basis of the employment-related population flows research.....	350
<b>Radosław Pietrzyk:</b> Selectivity and timing in Polish mutual funds performance measurement .....	361
<b>Sabina Denkowska:</b> Multiple testing procedures.....	369

**Joanicjusz Nazarko, Joanna Ejdys, Anna Kononiuk,  
Anna M. Olszewska**  
Politechnika Białostocka

---

## **ANALIZA STRUKTURALNA JAKO METODA KLASYFIKACJI DANYCH W BADANIACH FORESIGHT**

---

**Streszczenie:** Analiza strukturalna umożliwia porządkowanie i analizowanie zbiorów obejmujących dużą liczbę zmiennych, które wzajemnie na siebie oddziałują. Badając zależności pomiędzy zmiennymi, pozwala określić ich wzajemne wpływy i zachodzące pomiędzy nimi relacje. Opis wzajemnych powiązań pomiędzy zmiennymi pozwala na rekonstrukcję systemu oraz wyodrębnienie charakterystycznych – ze względu na funkcje pełnione w systemie – klas zmiennych: kluczowych, celów, rezultatów, pomocniczych, decydujących, regulujących, zewnętrznych i autonomicznych. W artykule przedstawiono wyniki zastosowania analizy strukturalnej w projekcie „Foresight technologiczny «NT FOR Podlaskie 2020». Regionalna strategia rozwoju nanotechnologii”.

**Słowa kluczowe:** analiza strukturalna, badania foresightowe, MICMAC.

### **1. Wstęp**

Analiza strukturalna umożliwia porządkowanie i analizowanie zbiorów obejmujących dużą liczbę zmiennych, które wzajemnie na siebie oddziałują. Badając zależności pomiędzy zmiennymi, pozwala określić ich wzajemne wpływy i zachodzące pomiędzy nimi relacje. Siłą analizy strukturalnej jest w szczególności jej zdolność do identyfikowania związków łączących zmienne, których wzajemne wpływy nie są oczywiste i mogą pozostać nierozpoznane nawet przez ekspertów w danej dziedzinie. Opis wzajemnych powiązań pomiędzy zmiennymi pozwala na rekonstrukcję systemu oraz wyodrębnienie charakterystycznych – ze względu na funkcje pełnione w systemie – klas zmiennych: kluczowych, celów, rezultatów, pomocniczych, decydujących, regulujących, zewnętrznych i autonomicznych.

Analiza strukturalna stanowi istotny etap w metodyce tworzenia scenariuszy zgodnie z francuską koncepcją *La Prospective* [Godet 2006], która była odpowiedzią na niepowodzenia klasycznego prognozowania [Bradfield i in. 2005, s. 802]. Na podejście prospektywne składały się według G. Bergera takie elementy, jak: długoterminowe spojrzenie w przyszłość, dbałość o interakcje, dogłębna analiza czyn-

ników i trendów, które mogą być kluczowe dla przyszłości, podejmowanie ryzyka oraz troska o ludzkość [Godet, Roubelat 1996, s. 164-171.]. Istotny wpływ na rozwój szkoły *La Prospective* wywarł M. Godet, który zaczął rozwijać swoje własne podejście do konstrukcji scenariuszy, polegające na wykorzystaniu opracowanych przez badacza programów komputerowych, tj. MICMAC do wyodrębniania kluczowych zmiennych, MACTOR do analizy strategii oraz Smic-Prob-Expert do określania prawdopodobieństw scenariuszy [Bradfield i in. 2005, s. 803], a także MORPHOL do sporządzania analizy morfologicznej oraz MULTIPOL do porównania rozwiązań problemów w zależności od przyjętych kryteriów i prowadzonej polityki.

Przedstawiony model postępowania został wykorzystany w kilkudziesięciu projektach o charakterze prospektywnym, m.in. w przemyśle lotniczym, naftowym oraz w energetyce [Roubelat 2006, s. 522]. Z czasem zaczął zyskiwać popularność w badaniach foresightowych definiowanych jako *systematyczny, oparty na uczestnictwie proces budowania średnio- i długoterminowej wizji skierowany na dzisiejsze decyzje i mobilizowanie wspólnych działań* [Keenan, Miles 2001, s. 3]. W polskiej praktyce realizacji badań foresightowych największą popularność zyskała analiza strukturalna z wykorzystaniem programu MICMAC. Została ona wykorzystana według wiedzy autorów m.in. w takich projektach, jak *Narodowy Program Foresight „Polska 2020”* [Mazurkiewicz, Poteralska 2009, s. 126], *Foresight technologiczny w zakresie materiałów polimerowych* [Czaplicka-Kolarz 2008], *Scenariusze rozwoju technologicznego kompleksu paliwowo-energetycznego dla zapewnienia bezpieczeństwa energetycznego kraju* [Czaplicka-Kolarz (red.) 2007, s. 10], *Priorytetowe technologie dla zrównoważonego rozwoju województwa śląskiego* [Czaplicka-Kolarz, Karbownik (red.) 2008, s. 15], *System monitorowania i scenariusze rozwoju technologii medycznych w Polsce* [Wójcicki, Ładyżyński 2008, s. 266].

Celem artykułu jest zaprezentowanie analizy strukturalnej jako metody klasyfikacji danych w badaniach foresightowych. W artykule przedstawiono wyniki zastosowania analizy strukturalnej w projekcie *Foresight technologiczny «NT FOR Podlaskie 2020»*. *Regionalna strategia rozwoju nanotechnologii*. Przeprowadzona analiza strukturalna pozwoliła na wyodrębnienie zmiennych kluczowych dla analizowanego obszaru badawczego, wywierających silny wpływ na inne zmienne i jednocześnie silnie zależnych od innych zmiennych. Poza identyfikacją zmiennych kluczowych, analiza strukturalna pozwoliła poznać strukturę badanego systemu, wyodrębniając osiem innych klas zmiennych. Obliczenia związane z analizą strukturalną wykonano za pomocą specjalistycznego programu komputerowego MICMAC (Matrice d'Impacts Croisés – Multiplication Appliquée à un Classement) opracowanego przez M. Godeta.

## 2. Założenia metodologiczne analizy strukturalnej

Celem analizy strukturalnej jest wykrywanie wzajemnego wpływu i relacji pomiędzy czynnikami tworzącymi badany system. Pierwszym etapem jej realizacji jest



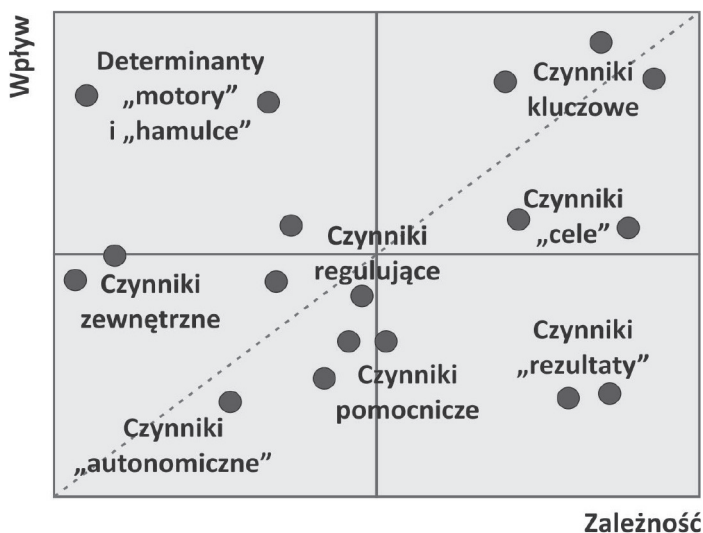
określenie typu oddziaływania pary czynników. W tym celu należy określić, czy jest ono bezpośrednie, czy potencjalne i jaka jest jego siła (mała, średnia, wysoka lub potencjalna). Po określeniu wzajemnego wpływu poszczególnych zmiennych należy zestawić je w macierz. Jej analiza pozwala na zidentyfikowanie związków łączących zmienne, które często w innych typach badań są nierozpoznane.

Narzędziem wspierającym analizę strukturalną może być program MICMAC, który wyznacza siłę oddziaływań bezpośrednich i pośrednich pomiędzy czynnikami, opierając się na zdefiniowanej uprzednio macierzy wpływów bezpośrednich [Nazarko i in. (red.) 2011, s. 18]. Macierz wpływów bezpośrednich przekształcana jest następnie w graf, którego wierzchołki odpowiadają poszczególnym czynnikom. W kolejnym kroku, w celu wyznaczenia siły wpływu każdego czynnika na inne czynniki, określa się liczbę ścieżek i pętli o określonej długości wychodzących z wierzchołka grafu odpowiadającego temu czynnikowi. Siłę zależności danego czynnika od innych czynników określa się poprzez wyznaczenie liczby ścieżek i pętli o określonej długości wchodzących do wierzchołka grafu odpowiadającego temu czynnikowi. Oddziaływania pośrednie między zmiennymi identyfikowane są poprzez kolejne potęgowanie macierzy wpływów bezpośrednich, co pozwala określić występowanie pętli o długości określonej potęgą macierzy [Nazarko i in. (red.) 2011, s. 18].

Decydując się na tego typu narzędzie, należy pamiętać o jego wadach, do których należy konieczność ograniczenia liczby branych pod uwagę zmiennych, gdyż ich duża liczba wpływa na wydłużenie czasu niezbędnego do określenia liczby związków. Przykładowo przy dziesięciu zmiennych trzeba wskazać aż 90 relacji pomiędzy nimi.

Jednym ze sposobów identyfikacji zmiennych jest analiza STEEPVL. Umożliwia ona rozpoznanie i przypisanie czynników do obszarów: społecznego (*Social*), technologicznego (*Technological*), ekonomicznego (*Economic*), ekologicznego (*Ecological*), politycznego (*Political*), odnoszącego się do wartości (*Values*) oraz prawnego (*Legal*). Pogrupowane w ten sposób zmienne mogą stanowić podstawę budowy macierzy zależności. Wzajemne oddziaływanie określane jest w następujący sposób: 0 – oznacza brak wpływu jednego czynnika na drugi, 1 – słabe oddziaływanie, 2 – średni poziom wpływu (ważny, ale nie decydujący), 3 – istotny (decydujący) oraz opcjonalnie P – potencjalny. Przypisane w ten sposób wartości umożliwiają utworzenie przestrzeni rozpiętej na osiach określanych jako zależność i wpływ, która stanowi podstawę wyodrębnienia grupy zmiennych tworzących skupienia punktów reprezentujących te, które są uznawane za kluczowe, za czynniki cele, rezultaty, pomocnicze, determinanty (decydujące), regulujące, zewnętrzne oraz autonomiczne. Rozmieszczenie punktów na płaszczyźnie reprezentujących przykładowe zmienne wraz z ich identyfikacją schematycznie przedstawiono na rys. 1.

Czynniki określone jako kluczowe stanowią grupę cechującą się największym stopniem wpływu na pozostałe czynniki, przy jednoczesnej największej zależności. Druga grupa – czynniki cele – szybciej podlega wpływom innych czynników, sama zaś w znacznie mniejszym stopniu oddziałuje na inne. Czynniki określone



Rys. 1. Układ czynników wpływających na dany obszar

Źródło: [Nazarko i in. (red.) 2011, s. 16].

jako rezultaty są zależne od innych, szczególnie od kluczowych i decydujących, nie wpływają samodzielnie na badany system. Kolejna grupa – determinanty – to zestaw czynników napędzających lub hamujących system, ale jednocześnie trudno poddających się kontroli. Czynniki regulujące i pomocnicze w niewielkim stopniu wpływają na system, ale są niezbędne w osiąganiu postawionych celów strategicznych. Pozostałe dwie grupy: czynniki zewnętrzne i autonomiczne, charakteryzują się odpowiednio mało ważnym i najmniej istotnym oddziaływaniem, przy jednocześnie niskim na nie wpływem.

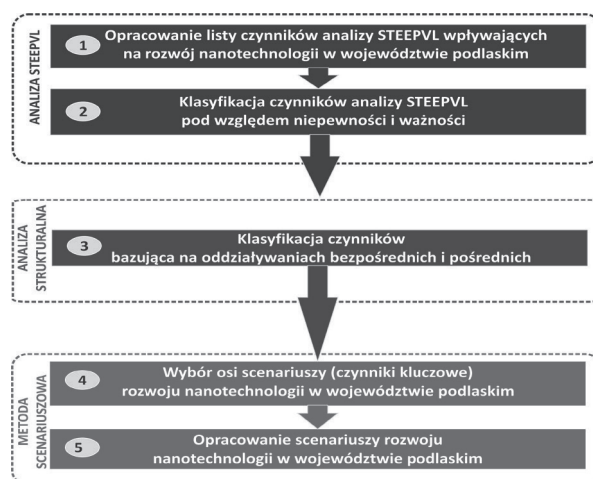
### 3. Zastosowanie analizy strukturalnej w projekcie

#### *Foresight technologiczny «NT FOR PODLASKIE 2020».*

#### *Regionalna strategia rozwoju nanotechnologii*

W ramach realizowanego projektu *Foresight technologiczny «NT FOR PODLASKIE 2020»*. *Regionalna strategia rozwoju nanotechnologii* przyjęto metodykę badawczą, której schemat przedstawiono na rys. 2. W pierwszym kroku przeprowadzono analizę STEEPVL, która pozwoliła na identyfikację 65 zmiennych zdiagnozowanych podczas pierwszych prac panelowych. Następnie liczbę zmiennych zredukowano do 21 poprzez zastosowanie analizy czynnikowej, tworząc w każdym z siedmiu obszarów analizy STEEPVL zestaw trzech zmiennych.

Zredukowany zestaw zmiennych (tab. 1) posłużył jako dane wejściowe do analizy strukturalnej. Eksperti wskazali istnienie i siłę zależności pomiędzy poszczegól-



**Rys. 2.** Miejsce analizy strukturalnej w metodyce projektu

Źródło: opracowanie własne na podstawie [Nazarko i in. (red.) 2011, s. 12].

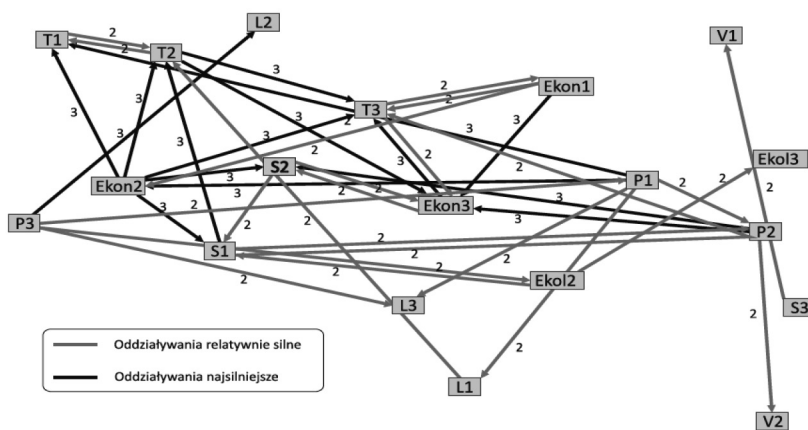
**Tabela 1.** Lista czynników głównych wpływających na rozwój nanotechnologii w województwie podlaskim

Grupa czynników	Nazwa czynnika
Społeczne (S)	Potencjał kadrowy (S1)
	Atrakcyjność regionu dla specjalistów (S2)
	Świadomość społeczna dotycząca nanotechnologii (S3)
Technologiczne (T)	Dostęp do światowych nanotechnologii (T1)
	Potencjał badawczo-rozwojowy dla nanotechnologii (T2)
	Potencjał zastosowań nanotechnologii w gospodarce regionu (T3)
Ekonomiczne (Ekon)	Regionalne sieci współpracy podmiotów: biznes, nauka, administracja (Ekon1)
	Nakłady B+R (Ekon2)
	Potencjał gospodarczy regionu (Ekon3)
Ekologiczne (Eko1)	Oddziaływanie nanoproductów i nanotechnologii na człowieka i środowisko (Eko11)
	Stan badań naukowych w zakresie oddziaływania nanotechnologii na człowieka i środowisko (Eko12)
	Aktywność organizacji i ruchów ekologicznych (Eko13)
Polityczne (P)	Polityka innowacyjna państwa (P1)
	Polityka regionalna (P2)
	Polityka UE (P3)
Wartości (V)	Dominujące wartości (przedsiębiorczość, zdrowie, środowisko naturalne) (V1)
	Otwartość na nowości, wartość postępu (V2)
	Współdziałanie społeczne, wartość dobra wspólnego (V3)
Prawne (L)	Regulacje w zakresie współpracy władz publicznych, przedsiębiorstw i nauki (L1)
	Regulacje chroniące własność intelektualną (L2)
	Prawne regulacje w zakresie nanotechnologii (L3)

Źródło: [Nazarko, Kędzior (red.) 2010, s. 56].

nymi zmiennymi, a wyniki otrzymane w ramach przeprowadzonych dyskusji zostały zebrane w macierzy, którą następnie zaimportowano do programu MICMAC.

Wykorzystanie dostępnego oprogramowania umożliwiło utworzenie grafu oddziaływań bezpośrednich. Został on przedstawiony na rys. 3. Analiza umieszczonych na nim w formie strzałek wpływów (na rys. 3 zobrazowano jedynie najsilniejsze oddziaływania) wskazuje, że najbardziej zależnym czynnikiem jest *potencjał gospodarczy regionu* (Ekon3). Jest on kształtowany przez takie czynniki, jak *polityka regionalna* (P2), *regionalne sieci współpracy podmiotów: biznes, nauka, administracja* (Ekon1) i *potencjał badawczo-rozwojowy dla nanotechnologii* (T2). Jednak, pomimo że znajduje się pod tak silnym wpływem wielu innych zmiennych, to sam również oddziałuje na nie, w tym przede wszystkim na *potencjał zastosowań nanotechnologii w gospodarce regionu* (T3). Czynniki T3 należy również do tych elementów grafu, które znajdują się pod silnym wpływem innych, jednocześnie silnie na nie oddziałując. I tak w tym przypadku można zauważyć dość oczywisty wpływ *nakładów na B+R* (Ekon2) oraz *potencjału badawczo-rozwojowego dla nanotechnologii* (T2), gdyż te dwa źródła dostarczają niezbędnych zasobów zarówno finansowych, jak i ludzkich do rozwoju analizowanej dziedziny nauki. Warto w tym miejscu wspomnieć również o znacznej sile wpływu *potencjału kadrowego* (S1) oraz *nakładów na B+R* (Ekon2) na *potencjał badawczo-rozwojowy dla nanotechnologii* (T2) [Nazarko i in. (red.) 2011, s. 40-41].



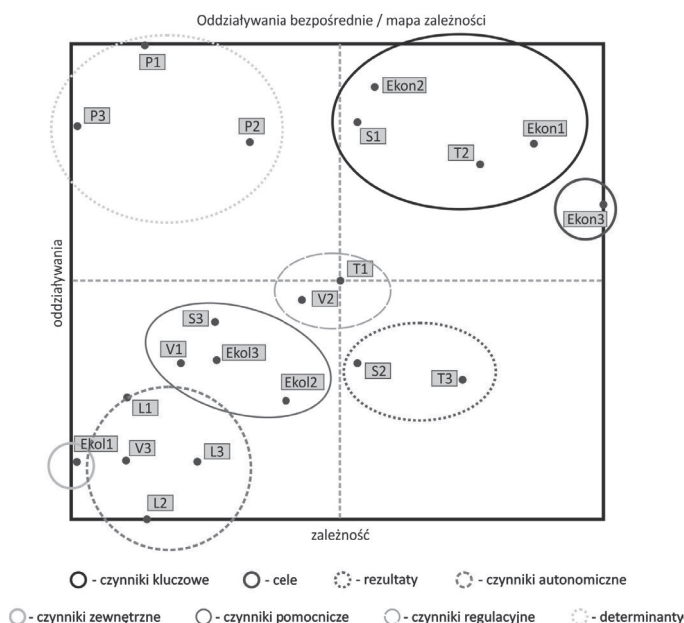
Rys. 3. Graf oddziaływań bezpośrednich

Źródło: [Nazarko i in. (red.) 2011, s. 42].

Przedstawiony powyżej schemat analizy grafów realizowanych na podstawie macierzy wpływów będącej jednym z efektów analizy strukturalnej nie jest elementem głównym w opisaney metodyce, a jedynie wspomagającą decyzję wyboru czynników kluczowych tworzących osie scenariuszy. Decydujący jest w tym

przypadku podział czynników przedstawiony na rys. 4. W tym przypadku do grupy kluczowych zmiennych zakwalifikowane zostały cztery czynniki: *regionalne sieci współpracy podmiotów: biznes, nauka, administracja* (Ekon1), *nakłady na B+R* (Ekon2), *potencjał badawczo-rozwojowy dla nanotechnologii* (T2) oraz *potencjał kadrowy* (S1). Elementem, który może zostać uznany za ważny, jest także *potencjał gospodarczy regionu* (Ekon3).

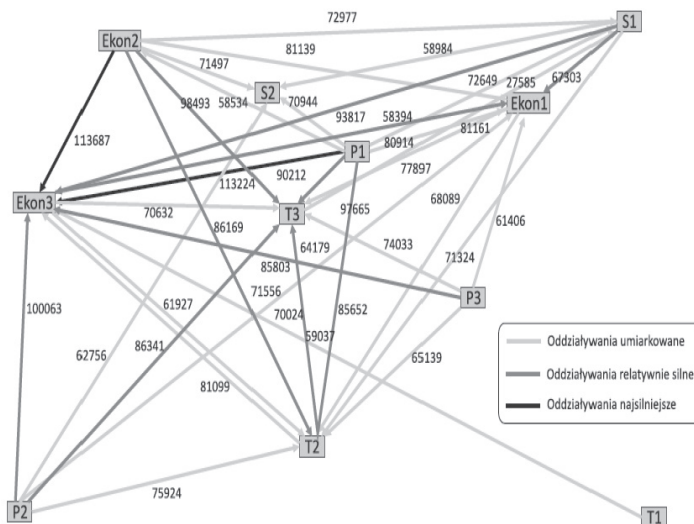
Na opisanym etapie prac projektowych wskazano aż pięć zmiennych mogących tworzyć osie scenariuszy. Z racji tego, że do konstrukcji scenariuszy w projekcie przewidziano technikę osi scenariusza, liczba czynników kluczowych powinna być ograniczona do dwóch. W tym przypadku konieczna była dalsza analiza, tak aby możliwy był wybór jedynie dwóch zmiennych mogących kształtować przestrzeń, w której zostaną zbudowane scenariusze.



**Rys. 4.** Podział czynników analizy strukturalnej bazujący na oddziaływaniach bezpośrednich

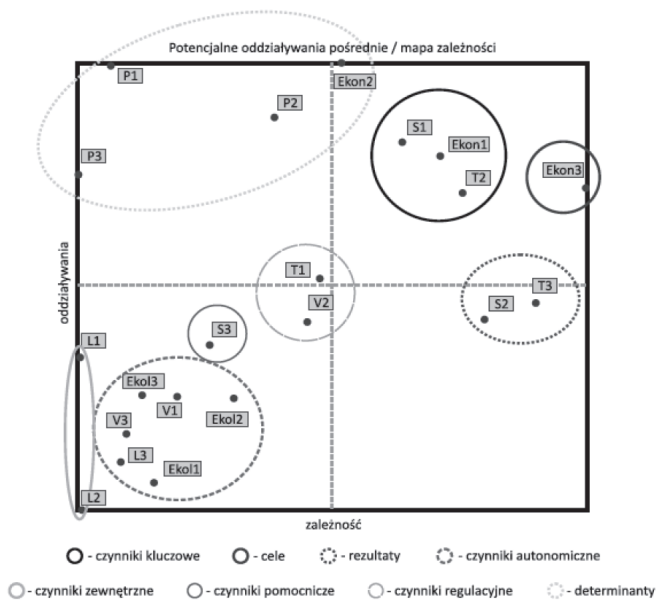
Źródło: [Nazarko i in. (red.) 2011, s. 45].

Aby ułatwić podjęcie decyzji o wyborze osi scenariuszy, wykonano analizę oddziaływań pośrednich potencjalnych. Wyniki otrzymanych wpływów przedstawiono w formie grafu na rys. 5 i przestrzeni oddziaływania i zależności na rys. 6. Badanie wpływów pośrednich potencjalnych realizowane za pomocą programu MICMAC polegało na zliczaniu ścieżek i pętli oddziaływań łączących poszczególne czynniki [Wójcicki, Ładyżyński (red.) 2008, s. 211].



Rys. 5. Graf oddziaływań pośrednich

Źródło: [Nazarko i in. (red.) 2011, s. 53].



Rys. 6. Podział czynników analizy strukturalnej bazujący na oddziaływaniach pośrednich z uwzględnieniem oddziaływań potencjalnych

Źródło: [Nazarko i in. (red.) 2011, s. 53].

Z przedstawionego na rys. 5 grafu wynika, że czynnikiem najsilniej związanym z innymi jest *potencjał gospodarczy regionu* (Ekon3). Jego poziom jest uzależniony od *nakładów na B+R* (Ekon2) i od *polityki innowacyjnej państwa* (P1).

Uwzględniając oddziaływania pośrednie potencjalne (rys. 6), należy stwierdzić, że grupę czynników kluczowych tworzą trzy czynniki: *potencjał kadrowy* (S1), *regionalne sieci współpracy podmiotów: biznes, nauka, administracja* (Ekon1) oraz *potencjał badawczo-rozwojowy dla nanotechnologii* (T2). Skonfrontowanie tych wyników z klasyfikacją czynników analizy STEEPVL pod względem ważności i niepewności zawężyło grupę czynników kluczowych do dwóch (Ekon1, T2). W wyniku prac projektowych czynniki te zostały zarekomendowane jako osie scenariuszy rozwoju nanotechnologii w województwie podlaskim w wariantach (i) efektywne versus nieefektywne regionalne sieci współpracy podmiotów: biznes, nauka, administracja, (ii) wysoki versus niski potencjał badawczo-rozwojowy dla nanotechnologii.

#### 4. Podsumowanie

Przeprowadzona analiza strukturalna pozwoliła na wyodrębnienie dwóch czynników kluczowych, tj. *regionalne sieci współpracy podmiotów: biznes, nauka, administracja* (Ekon1) oraz *potencjał badawczo-rozwojowy dla nanotechnologii* (T2), wywierających silny wpływ na inne czynniki i jednocześnie silnie zależnych od innych czynników. Poza identyfikacją czynników kluczowych analiza strukturalna pozwoliła poznać strukturę badanego systemu, wyodrębniając osiem grup czynników. Tym samym analiza pozwoliła poznać m.in. determinanty badanego systemu, czyli politykę innowacyjną, regionalną oraz Unii Europejskiej, oraz doprecyzować cel rozwoju nanotechnologii w województwie podlaskim, jakim może być zwiększenie potencjału gospodarczego regionu.

Jednocześnie należy podkreślić, że wyniki analizy strukturalnej są ściśle uzależnione od ocen ekspertów biorących udział w badaniu, a więc prezentują, w jaki sposób grupa ekspertów postrzega badany system. Stąd proces selekcji ekspertów na potrzeby badań powinien być starannie przemyślany.

#### Literatura

- Bradfield R., Wright G., Burt G., Cairns G., van der Heijden K., *The origins and evolution of scenario techniques in long range business planning*, „Futures” 2005, no. 37, pp. 795-812.
- Czaplicka-Kolarz K., *Foresight technologiczny w zakresie materiałów polimerowych. Cele, zakres, metody*, Prezentacja multimedialna z konferencji zamykającej projekt, Katowice, 14 maja 2008.
- Czaplicka-Kolarz K. (red.), *Scenariusze rozwoju technologicznego kompleksu paliwowo-energetycznego dla zapewnienia bezpieczeństwa energetycznego kraju. Część 2*, Główny Instytut Górnictwa, Katowice 2007.
- Czaplicka-Kolarz K., Karbownik A. (red.), *Branżowe scenariusze rozwoju technologicznego województwa śląskiego*. Monografia. Tom III, Główny Instytut Górnictwa, Katowice 2008.



- Godet M., *Creating Futures Scenario Planning as a Strategic Management Tool*, Economica, Paris 2006.
- Godet M., Roubelat F., *Creating the future, the use and misuse of scenarios*, „Long Range Planning” 1996, vol. 29, no. 2, pp. 164-171.
- Keenan M., Miles I., *A Practical Guide to Regional Foresight*, Institute for Prospective Technological Studies, FOREN Network, Seville 2001.
- Mazurkiewicz A., Poteralska B., *Zrównoważony Rozwój Polski*, [w:] J. Kleer, A. Wierzbicki, *Narodowy Program Foresight „Polska 2020”. Dyskusja założeń scenariuszy*, Warszawa 2009.
- Nazarko J., Kędzior Z. (red.), *Uwarunkowania rozwoju nanotechnologii w województwie podlaskim. Wyniki analiz STEEPVL i SWOT*, Rozprawy Naukowe nr 204, Biblioteka Nauk o Zarządzaniu, Oficyna Wydawnicza Politechniki Białostockiej, Białystok 2010.
- Nazarko J., Wnorowski H., Kononiuk A. (red.), *Analiza strukturalna czynników rozwoju nanotechnologii w województwie podlaskim*, Rozprawy Naukowe nr 215, Biblioteka Nauk o Zarządzaniu, Oficyna Wydawnicza Politechniki Białostockiej, Białystok 2011.
- Roubelat F., *Scenarios to challenge strategic paradigms: Lessons from 2025*, „Futures” 2006, no. 38, pp. 519-527.
- Wójcicki J.M., Ładyżyński P. (red.), *System monitorowania i scenariusze rozwoju technologii medycznych w Polsce*, Konsorcjum ROTMED, Warszawa 2008.

## STRUCTURAL ANALYSIS AS A METHOD OF DATA CLASSIFICATION IN FORESIGHT RESEARCH

**Summary:** Structural analysis enables ordering and analysing data sets comprising many variables which influence each other. Examining the dependencies between variables, structural analysis identifies their interdependencies and relations. The description of interdependencies and relations allows an examined system reconstruction and distinction of the following classes of variables: relay (key), target, result, support, stake, regulatory, disconnected and secondary levers. In the article, a structural analysis has been demonstrated by the project “Technological foresight «NT FOR PODLASKIE 2020». Regional strategy of nanotechnology development”.

**Keywords:** structural analysis, foresight studies, MICMAC.