

UŻYTECZNOŚĆ METOD PROGNOZOWANIA SPRZEDAŻY Z ZASTOSOWANIEM RELACJI PRZEWYŻSZENIA – ELECTRE TRI

Ryszard Budziński

Mariusz Doszyń (ORCID: 0000-0002-3710-1177)

Wydział Nauk Ekonomicznych i Zarządzania
Uniwersytet Szczeciński

e-mail: ryszard.budzinski@wneiz.pl; mariusz.doszyn@usz.edu.pl

Bolesław Borkowski (ORCID: 0000-0001-6073-6173)

Artur Wiliński (ORCID: 0000-0002-3774-5909)

Wydział Zastosowań Informatyki i Matematyki
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

e-mail: boleslaw_borkowski@sggw.pl; artur_wilinski@sggw.pl

Streszczenie: Artykuł zawiera wielokryterialną procedurę postępowania przy wyznaczaniu użyteczności stosowania metod prognozowania sprzedaży w przedsiębiorstwie. Problem polega na ocenie zastosowania systemu wspomaganie decyzji DSS 3.0 do wyboru najlepszej metody prognostycznej, ze szczególnym uwzględnieniem metody Electre Tri.

Słowa kluczowe: metody prognozowania sprzedaży, Electre Tri, wielokryterialne systemy wspomaganie decyzji

JEL classification: C44, C53, C88

WSTĘP

Współcześnie, prowadzący analizy ekonomiczne dysponują dużą liczbą wypracowanych metod związanych z interpretacją odwzorowywanych zjawisk. Powstaje problem użyteczności tych metod. Pod pojęciem użyteczności będziemy rozumieli szeroki wachlarz technik i narzędzi służących pomiarowi, ocenie i porównaniom łatwości posługiwania się metodami przez użytkownika, efektywności realizacji zadań w prognozowaniu sprzedaży, ogólnej satysfakcji

użytkownika i innych pokrewnych zagadnień, omawianych w niniejszej pracy. W ogólności, badania winny dać odpowiedź na pytania:

- jaka jest jakość (użyteczność) stosowanych metod?
- które z nich zastosować, aby w sposób najbardziej precyzyjny określić cel, czy zweryfikować hipotezę badawczą?
- jakie składowe analizowanych metod usprawnić, aby podnieść użyteczność ich stosowania?

Problemem w artykule jest, jakich metod (odwzorowań) należy użyć, aby w sposób najbardziej sprawny (i precyzyjny) określić wyniki prognozowania sprzedaży, np. w działalności przedsiębiorstwa. Zasadniczym problemem jest dobór kryteriów oceny oraz wyznaczenie preferencji odbiorców prognoz sprzedaży. W dalszej kolejności, pozyskanie wiedzy o prawidłowościach związanych z zastosowaniem określonych metod identyfikacji i klasyfikacji. Reprezentuje się przy tym pogląd, że zastosowanie do jakościowej oceny metod prognozowania sprzedaży relacji przewyższenia Electre Tri pozwala na wskazanie tych metod, które są najbardziej użyteczne dla zarządzających.

CHARAKTERYSTYKA BADANYCH METOD PROGNOZOWANIA

W artykule ocenie poddane zostaną metody prognozowania sprzedaży stosowane w pewnym centrum magazynowo – dystrybucyjnym, wchodzącym w skład przedsiębiorstwa o zasięgu międzynarodowym, w którym co tydzień obliczane są 5 – tygodniowe prognozy sprzedaży dla ok. osiemnastu tysięcy produktów. Obserwowane szeregi czasowe sprzedaży produktów to tzw. szeregi czasowe z dużą liczbą zer, w literaturze anglojęzycznej określane jako Zero-inflated Time Series. Charakteryzują się one zazwyczaj niską częstością sprzedaży. W wielu tygodniach sprzedaż nie występuje, stąd duża liczba zer. Kolejną cechą tego rodzaju szeregów czasowych jest ich duża zmienność (overdispersion), która wynika z dużych pojedynczych zamówień produktów („pików”).

Tego rodzaju zmienne, w większości przypadków, wymagają stosowania specjalnej klasy modeli statystycznych (lub ekonometrycznych), które można ogólnie określić jako modele dla zmiennych przeliczalnych (Models for Count Data). Do najczęściej stosowanych zalicza się następujące [Cameron, Trivedi 1998, Cameron, Trivedi 2005, Hilbe 2011, Hilbe 2014, Winkelmann 2008]:

1. Poisson Models (modele oparte na rozkładzie Poissona).
2. Negative Binomial Models (modele oparte na rozkładzie ujemnym dwumianowym).

3. Zero-inflated Poisson Models (modele oparte na rozkładzie Poissona z dużą liczbą zer).
4. Zero-inflated Negative Binomial Models (modele oparte na rozkładzie ujemnym dwumianowym z dużą liczbą zer).
5. Hurdle Poisson Models (modele z „przeskokiem” oparte na rozkładzie Poissona).
6. Hurdle Negative Binomial Models (modele z „przeskokiem” oparte na rozkładzie ujemnym dwumianowym).
7. Zero-inflated Poisson Time Series Models (modele szeregów czasowych oparte na rozkładzie Poissona z dużą liczbą zer).
8. Zero-inflated Negative Binomial Time Series Models (modele szeregów czasowych oparte na rozkładzie ujemnym dwumianowym z dużą liczbą zer)
9. Symulacja stochastyczna (wieloetapowa).

Modele 1 – 6 wymagają dobrania odpowiednich zmiennych objaśniających (regresorów), co w przypadku modelowania rozważanych szeregów czasowych sprzedaży jest zazwyczaj niemożliwe. Modele typu 1 i 2 nie uwzględniają zwiększonej masy rozkładu prawdopodobieństwa w zerze, co oznacza, że zerowe (teoretyczne) wartości sprzedaży będą pojawiać się zbyt rzadko. Modele oparte na ujemnym rozkładzie dwumianowym (Negative Binomial Distribution) pozwalają na uwzględnienie dużej zmienności zjawisk (overdispersion), stąd są częściej stosowane do modelowania tego rodzaju szeregów czasowych. Modele 7 – 8 to modele szeregów czasowych, w których wartości sprzedaży są modelowane za pomocą swoich opóźnionych wartości. Problem z ich stosowaniem polega na tym, że w szeregach czasowych sprzedaży często trudno doszukać się powtarzających się sekwencji, a zatem jakość tego typu modeli może być także wątpliwa.

Reasumując, stwierdzono wiele przeciwwskazań odnośnie stosowania modeli 1 – 8. Szczegółowa identyfikacja wskazuje na następujące czynniki:

- zbyt duża pracochłonność i czasochłonność procesu prognozowania (prognozy wyznaczone są co tydzień, na kolejnych 5 tygodni, dla ok. 18 000 produktów),
- duże prawdopodobieństwo błędnej specyfikacji modelu (m.in. brak możliwości prawidłowego dobrania zmiennych objaśniających),
- szeregi czasowe są często zbyt krótkie (mała liczba stopni swobody, zbyt duże błędy estymacji lub brak możliwości oszacowania modeli),
- w przypadku modeli szeregów czasowych – problemy z identyfikacją sekwencji sprzedaży poszczególnych produktów (o ile one występują),

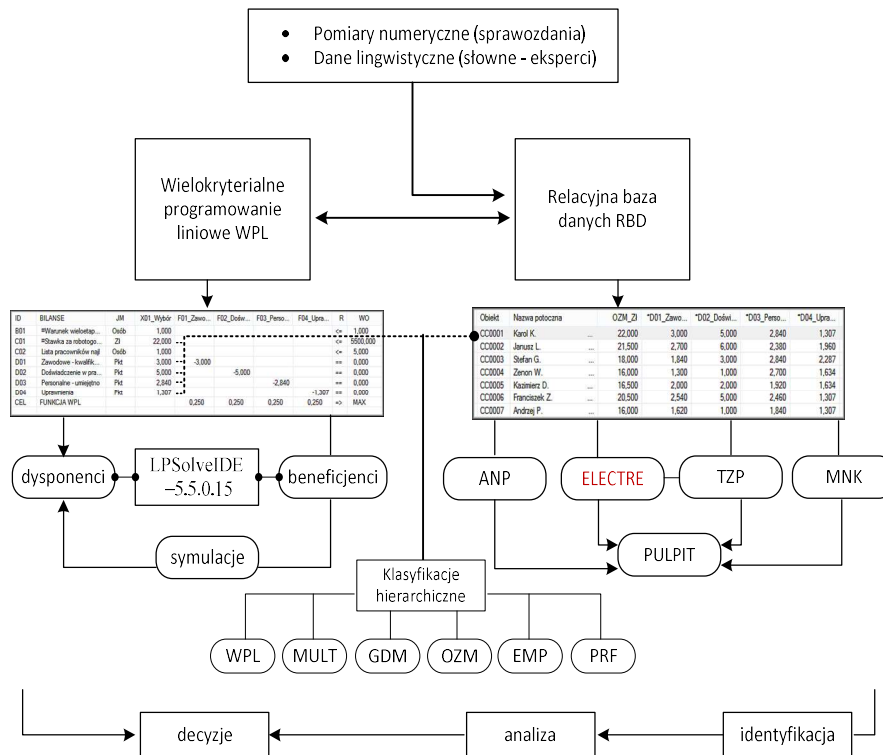
- w modelach z dużą liczbą zer (ZIM) zera muszą mieć charakter „strukturalny”, co w przypadku sprzedaży nie zawsze jest zasadne. Produktów musiałoby nie być w magazynie, co nie jest zgodne z polityką przedsiębiorstwa, związaną z utrzymywaniem poziomu realizacji zamówień na wysokim poziomie (min. 90%).

W metodzie opartej na symulacji stochastycznej prognozy są generowane w dwóch etapach. W pierwszej fazie, na podstawie symulacji stochastycznej, ustala się czy wystąpi sprzedaż i – tego produktu w określonym tygodniu T . Z rozkładu jednostajnego losowana jest wartość w_{iT} , gdzie w_{iT} to realizacja zmiennej losowej o rozkładzie jednostajnym $W \sim U(0,1)$. Jeśli empiryczna częstość względna sprzedaży danego produktu jest większa bądź równa wygenerowanej losowej wartości, czyli $c_i \geq w_{iT}$, to przyjmuje się, że sprzedaż produktu i w tygodniu T wystąpi. Zakłada się tutaj, że prawdopodobieństwo wystąpienia sprzedaży jest realizacją procesu dwumianowego, z prawdopodobieństwem „sukcesu” równym empirycznej częstości względnej sprzedaży: $P(c_i \geq W) = c_i$. Jeśli zatem np. częstość względna sprzedaży jest równa 0,2 ($c_i = 0,2$) to prawdopodobieństwo wystąpienia sprzedaży w danym tygodniu jest równe 0,2: $P(0,2 \geq W) = 0,2$. W nawiązaniu do powyższych problemów, proponowana jest ocena opracowanego algorytmu prognozowania opartego na symulacji stochastycznej (metoda nr 9, nazwa metody: symulacja stochastyczna).

SYSTEM ODWZOROWANIA - KRYTERIA I DANE DO OCENY

Do oceny wyspecyfikowanych metod prognozowania sprzedaży zastosowano system DSS 3.0, zob. np. [Becker, Budziński 2015], oparty na architekturze modelowania WPL (Wielokryterialnego Programowania Liniowego). Modele WPL są bardziej złożonymi strukturami, niż dwuwymiarowe tablice baz relacyjnych i tym samym tworzą najwyższą nośność informacyjną opisu rzeczywistości. Możliwości systemu koncentrują się na automatycznej transpozycji zapisów wierszowych w rekordach bazy danych na zapis modelowy. Każdy rekord może być cząstkowym modelem wielokryterialnym i odwrotnie. Są to wzajemnie współpracujące metody, bazujące w tych samych kolekcjach danych (rysunek 1).

Rysunek 1. Postać ogólna systemu DSS 3.0 ze specyfikacją metod odwzorowywania



Źródło: opracowanie własne (system DSS 3.0)

W efekcie otrzymujemy system hybrydowy, który na podstawie danych pomiarowych i/lub lingwistycznych (słów) generuje różne rozwiązania decyzyjne. Fakt ten pozwolił na takie zorganizowania danych, aby można było posadawiać opisy rzeczywistości w utworzonym modelu WPL (lub kolekcji modeli - patrz: multimodele) i zwrrotnie zapisywać w rekordach baz relacyjnych, tj. wierszach obserwacji. Umożliwia to zastosowanie, dla tych samych danych, względnie szerokiego wachlarza metod interpretacji decyzyjnych w jednym systemie informatycznym.

"Drzewo kryterialne" oceny użyteczności

Aby model sprawnie funkcjonował, należy uzupełnić go w swoiste dla rozpatrywanych metod prognozowania sprzedaży, kryteria oceny użyteczności. Jest to ważny problem dla każdej analizy przyczynowo – skutkowej czy optymalizacji wielokryterialnej. W opracowaniu drzewa kryterialnego (o układzie: kryteria ↔ podkryteria ↔ pytania) posłużono się przeglądem literatury

i ustaleniami powołanej grupy eksperckiej. Model przyjętych parametrów kryterialnych (i preferencji) przedstawia rysunek 2.

Rysunek 2. Drzewo kryterialne w zadaniu oceny użyteczności metod prognozowania sprzedaży

IND	F_WPL	P_KRT	NAZWY KRYTERIÓW	JM	PROTOTYP	OD..	DO..	KWANT
CD1_C01	x	1.00	UZYTECZNOŚĆ METODY	Pkt	2.500	0,000	5,000	QUIN_P
CD1_K01	*	0.50	opinia ekspercka	"	2.500	"	"	"
CD1_K02	*	0.50	ocena pomiarowa	"	2.500	"	"	"
D01_D01	0.49	1.00	TRAFNOŚĆ PROGNOZY	Pkt	2.500	0,000	5,000	QUIN_P
D01_K01	*	0.50	trafność prognozy	"	2.500	"	"	"
D01_K02	*	0.50	ex. połe wyniki	"	2.500	"	"	"
D02_D02	0.24	1.00	ZAUFANIE DO METODY	Pkt	2.500	0,000	5,000	QUIN_P
D02_K01	*	0.60	pewność stopień	"	2.500	"	"	"
D02_K02	*	0.40	populamość metody	"	2.500	"	"	"
D03_D03	0.18	1.00	ADAPTACJA DO WARUNKÓW	Pkt	2.500	0,000	5,000	QUIN_P
D03_K01	*	0.50	adaptacyjność	"	2.500	"	"	"
D03_K02	*	0.50	elastyczność	"	2.500	"	"	"
D04_D04	0.09	1.00	ŁATWOŚĆ POSLUGIWANIA SIĘ	Pkt	2.500	0,000	5,000	QUIN_P
D04_K01	*	0.30	pracochłonność	"	2.500	"	"	"
D04_K02	*	0.30	czasochłonność	"	2.500	"	"	"
D04_K03	*	0.40	skomplikowanie metody	"	2.500	"	"	"

Źródło: opracowanie własne (system DSS 3.0)

W efekcie konstruuje się zbiór kryteriów i podkryteriów, które tworzą „drzewo kryterialne”. Wszystkie elementy tego „drzewa” są przechodnie. Pozyskiwane danych rozpoczyna się od parametrów źródłowych (prototypów). Po transformacji preferencyjnej (strojeniu) grupy prototypów stają podkryteriami. Dalej, podkryteria te podlegają preferencjom globalnym i tworzą funkcję użyteczności dla danego problemu decyzyjnego. Określanie ważności podkryteriów (P) w kryteriach i samych kryteriów (S) zależy od odbiorcy metod prognozowania sprzedaży. Punktem wyjścia listy kryteriów są specyfikacje podkryteriów precyzujących listę pytań, na które winni odpowiadać respondenci (eksperci).

Dane i preferencje w ocenie

Istotne są dwa momenty we wprowadzaniu danych: ich organizacja i wprowadzane wartości, które możemy zapisywać w postaci numerycznej lub lingwistycznej (wypowiedzi eksperckiej). Ma się na myśli proces walidacji systemu i dobór postaci danych do przeprowadzenia ocen porównawczych. Coraz częściej przydatnymi dla podjęcia decyzji okazują się być informacje wyrażone w formie słownej (lingwistycznej). Podstawę dla konwersji ocen słownych w liczbowe (i na

odwrót) stanowi zastosowana metodyka tworzenia kwantyfikatorów lingwistycznych. W systemie DSS 3.0 zastosowano w miarę bezstratne transformacje (nieliniowe) liczba ↔ słowa ↔ liczba, co umożliwia pozyskiwanie danych na drodze pomiarowej i/lub lingwistycznej.

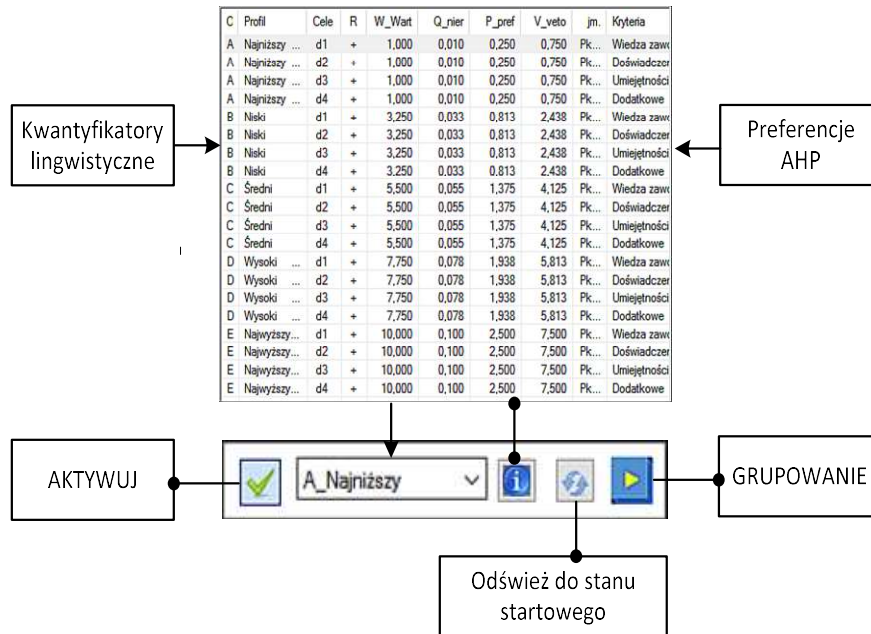
Jedynym warunkiem założonym dla przeprowadzenia rankingu, był wektor preferencji eksperckich opracowany metodą AHP. U podstaw tej metody leży twierdzenie T. L. Saaty'ego, zgodnie z którym osądy ludzkie mają charakter relatywny, zależny od aktualnego systemu wartości, zajmowanej roli i charakterystyki oceniającego. Uzyskane tą drogą preferencje obowiązują dalej we wszystkich klasyfikacjach i ocenach przeprowadzonych w niniejszym artykule. Przyjęto do analiz zespół danych w postaci: atrybutu decyzyjnego – „użyteczność prognozy”, pełnej kolekcji danych źródłowych (wypowiedzi 5 ekspertów) oraz preferencje do funkcji użyteczności: trafność prognozy – 49,49%, zaufanie do metody – 24,23%, adaptacyjność metody – 17,70% oraz łatwość posługiwania się metodą – 8,57%. Wskaźnik spójności (CR) wyniósł 0,054, co oznacza że wypowiedzi respondentów były spójne ($CR < 0,10$).

METODA ELECTRE TRI W OCENIE UŻYTECZNOŚCI

Metody ELECTRE obejmują modelowanie problemów decyzyjnych wraz z charakterystyczną dla nich niepewnością, niedokładnością i nieokreślonością danych (ocen) i podlegających silnym preferencjom użytkownika (decydenta). Podejście to wykorzystuje koncepcję relacji outrankingu $A_k \rightarrow A_l$ (przewyższania), która mówi, że nawet jeśli dwa warianty nie dominują się wzajemnie, to decydent akceptuje ryzyko traktowania wariantu A_k jako prawie na pewno lepszego od wariantu A_l . W systemie DSS 3.0 zastosowano metodę Electre Tri [Roy 2008], za pomocą której obiekty można pogrupować według wybranego poziomu szczegółowości (liczba grup) i swoistego nazewnictwa. Opis metody Electre Tri można znaleźć w licznych opracowaniach, np. [Corrente i in. 2016].

Parametrami sterującymi (wejściowymi) w metodzie Electre Tri są wagi kryteriów (w_j) oraz progi: nierozróżnialności (q_j), preferencji (p_j) i veta (v_j). Należy również podać liczbę klas i określić ich granice, czyli profile separujące. Każdy wariant decyzyjny jest opisany ze względu na jego wartości na kryteriach (zmiennych). Działanie metody opiera się na wykonywaniu testów zgodności i niezgodności między wariantami decyzyjnymi, a profilami separującymi klasy (rysunek 3).

Rysunek 3. Macierz wariantów decyzyjnych - profile separujące w Electre Tri

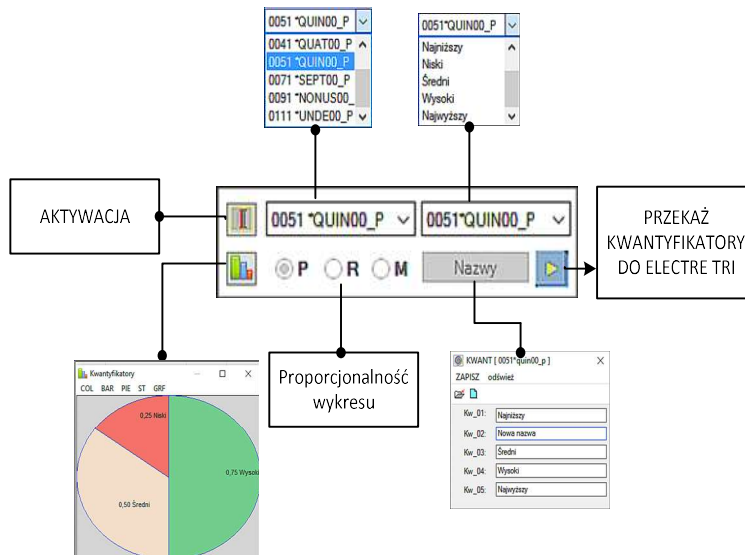


Źródło: opracowanie własne (system DSS 3.0)

W systemie DSS 3.0 dostępny jest m.in. moduł lingwistyka, który umożliwia użytkownikowi wybranie interpretacji graficznej edytowania wyników opartych na kwantyfikatorach lingwistycznych. Rzecz polega na tym, aby użytkownik miał możliwość wyboru tylko takiego zakresu edycji, którym jest zainteresowany (rysunek 4).

Moduł posiada możliwość wyboru z listy kwantyfikatorów rozwiązania o różnym poziomie szczegółowości (od 2 – 11 elementów) w różnej proporcjonalności.

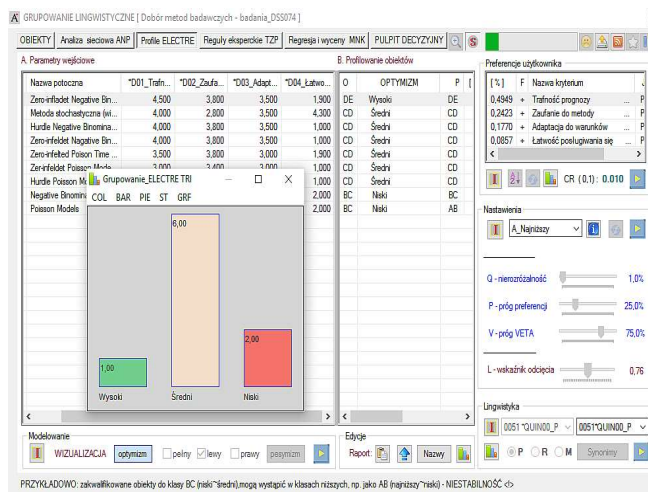
Rysunek 4. Kreowanie lingwistycznych wariantów decyzyjnych



Źródło: opracowanie własne (system DSS 3.0)

W prezentowanym przykładzie, uzyskano wyniki grupowania lingwistycznego, stosując kwantyfikatory QUIN00_P, tj. pięciopunktową ocenę graficzną (proporcjonalną) w stosunku do ocenianych metod prognozowania sprzedaży (rysunek 5).

Rysunek 5. Ranking i grupowanie lingwistyczne metodą Electre Tri



Źródło: opracowanie własne (system DSS 3.0)

Przy zastosowaniu pięcio punktowego (proporcjonalnego) klasyfikatora lingwistycznego (QUIN00_P) otrzymano 3 klasy jakości metod prognozowania sprzedaży. Ogólnie, metody prognozowania sprzedaży cechują się przeciętnym odbiorem u użytkowników (więcej obiektów poniżej średniej). Przeprowadzone oceny są stabilne, szczególnie w grupie ocen najwyższych. Najlepszą metodą prognozowania sprzedaży jest „Zero-inflated Negative Binomial Time Series Models” (modele szeregów czasowych oparte na rozkładzie ujemnym dwumianowym z dużą liczbą zer). Najmniej przydatną w ocenie ekspertów jest metoda „Poisson Models” (modele oparte na rozkładzie Poissona). Warto dodać, że jedna z klasyfikacji – „Poisson Models” (modele oparte na rozkładzie Poissona) jest lokowaniem niestabilnym i może się przemieszczać w obrębie profili (BC ↔ AB). Jednym z celów badania była ocena autorskiej metody „Symulacja stochastyczna”. Metoda ta lokuje się w grupie metod średniej jakości, na jej początku (2 miejsce w całościowym rankingu).

ZAKOŃCZENIE

W artykule zweryfikowano hipotezę, że zastosowanie do jakościowej oceny metod prognozowania sprzedaży z zastosowaniem relacji przewyższenia (Electre Tri) pozwala na precyzyjniejsze ustalenie użyteczności tych metod dla określonych kręgów odbiorców. Warunkiem jest posiadanie wiedzy o preferencjach wskazanej grupy użytkowników i dostosowanie opisu metod do odwzorowywanej rzeczywistości. Metoda Electre Tri pomija w klasyfikacjach atrybut decyzyjny, tj. nie wprowadza się zmiennej zależnej, co pozwala na odkrywanie „niezdominowanej” wiedzy o rozpatrywanym procesie decyzyjnym. W wyniku przeprowadzonych badań możemy otrzymać sprzężenie zwrotne, mianowicie: gradacja profili (np. wysoki, niski), itp. Tego typu podejście może być stosowane m.in. do wyboru najlepszych metod prognozowania sprzedaży w przedsiębiorstwie.

BIBLIOGRAFIA

- Becker J. (2008) Architektura informatycznego systemu generowania wielokryterialnych rozwiązań decyzyjnych: (cz. 1) Koncepcja budowy modelu WPL oparta na niestandardowych zadaniach decyzyjnych. Seria IBS PAN: Badania Systemowe, Tom 64, Wyd. Instytut Badań Systemowych PAN & Polskie Towarzystwo Badań Operacyjnych i Systemowych, Warszawa.
- Biswas A., Song P. (2009) Discrete-valued ARMA Processes. *Statistics and Probability Letters*, 79, 1841-1889.

- Budziński R., Becker J. (2015) Transformation of Knowledge Sources in Decision Support System. *Journal of Automation, Mobile Robotics & Intelligent Systems*, 9(2), 28-35.
- Cameron A. C, Trivedi P. K. (1998) *Regression Analysis of Count Data*. Cambridge University Press.
- Cameron A. C, Trivedi P. K. (2005) *Microeconometrics. Methods and Applications*. Cambridge University Press.
- Doszyń M. (2016) Sposoby badania trafności systemu prognoz sprzedaży w przedsiębiorstwie. *Studia Ekonomiczne UE w Katowicach. Modelowanie Preferencji a Ryzyko* 15.
- Goumas M., Lygerou V. (2000) An Extension of the Promethee Method for Decision Making in Fuzzy Environment: Ranking of Alternative Energy Exploitation Projects. *European Journal of Operational Research*, 123, 606-613.
- Hilbe J. M. (2011) *Negative Binomial Regression. Second Edition*. Cambridge University Press.
- Hilbe J. M. (2014) *Modeling Count Data*. Cambridge University Press.
- Mentzer J. T., Bienstock C. C. (1998) The Seven Principles of Sales Forecasting Systems. *Supply Chain Management Review*, 34(4), 76-83.
- Roy B., Słowiński R. (2008) Handling Effects of Reinforced Preference and Counter-Veto in Credibility of Outranking. *European Journal of Operational Research*, 188, 186-187.
- Corrente S., Greco S., Słowiński R. (2016) Multiple Criteria Hierarchy Process for ELECTRE Tri Methods. *European Journal of Operational Research*, 252(1), 191-203.
- Trzaskalik T. (2008) *Wprowadzenie do badań operacyjnych z komputerem*. PWE, Warszawa.
- Winkelmann R. (2008) *Econometric Analysis of Count Data*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.

USEFULNESS OF SALES PREDICTION METHODS USING THE EXTENSION RELATIONSHIP - ELECTRE TRI

Abstract: The article contains a multi-criteria procedure for determining the usefulness of using sales forecasting methods in an enterprise. The problem is to assess the application of the DSS 3.0 decision support system to choose the best prognostic method.

Keywords: sales forecasting methods, Electre Tri, multi-criteria decision support systems