

Uniwersytet Szczeciński
Wydział Nauk Ekonomicznych i Zarządzania



mgr Grzegorz Ladorucki

Autoreferat rozprawy doktorskiej

Ewaluacja dostawców w organizacji procesu produkcji przedsiębiorstwa z zastosowaniem metod wielokryterialnych

Promotor:

dr hab. prof. US Waldemar Wolski
Uniwersytet Szczeciński

Promotor pomocniczy:

dr inż. Jarosław Wątróbski
Uniwersytet Szczeciński

Recenzenci:

prof. dr hab. Ewa Ziemia
Uniwersytet Ekonomiczny w Katowicach

dr hab. prof. nadzw. UTP Arkadiusz Janiszewski
Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy w
Bydgoszczy

Szczecin 2018

Spis treści rozprawy

SPIS TREŚCI ROZPRAWY	2
WSTĘP	2
METODA OCENY DOSTAWCÓW W PROCESIE ORGANIZACJI DOSTAW.....	7
1.1. ADAPTACJA MECHANIZMÓW WIELOKRYTERIALNYCH WSPOMAGANIA DECYZJI DLA POTRZEB BUDOWY MODELU	7
1.2. MODEL PROCEDURY BADAWCZEJ W PROCESIE EWALUACJI DOSTAWCÓW.....	9
1.3. UŻYCIE FUNKCJI ZAPOMINANIA W MODELU	10
WERYFIKACJA METODY OCENY DOSTAWCÓW W LOGISTYCE PROCESÓW PRODUKCJI.....	13
2.1. CHARAKTERYSTYKA OBIEKTU BADAWCZEGO ORAZ KRYTERIÓW WYKORZYSTANYCH DO BADAŃ	13
2.2. ZASTOSOWANIE PROCEDURY BADAWCZEJ DLA POTRZEB PROCESU EWALUACJI DOSTAWCÓW	17
2.2.2 DYSKUSJA UZYSKANYCH WYNIKÓW	23
ZAKOŃCZENIE	25
WYKAZ PUBLIKACJI	26
BIBLIOGRAFIA (WYBRANE POZYCJE)	27

WSTĘP

Ważną rolę w efektywnym funkcjonowaniu organizacji gospodarczej odgrywają ocena i dobór kooperantów rynkowych [Lung Ng, 2008; Gencer, Gurpinar, 2007]. Dobór dostawców jest procesem wyszukiwania kooperantów spełniających określone kryteria, zapewniającym odpowiedni poziom jakości produktu lub usługi w odpowiedniej cenie, we właściwej ilości i właściwym czasie [Gencer, Gurpinar, 2007]. Czynności te, zlokalizowane w obszarze decyzji podejmowanych na szczeblach strategicznych, taktycznych czy operacyjnych przedsiębiorstwa, mają szczególne znaczenie zarówno w realizowaniu działalności podstawowej przedsiębiorstwa [De Boer i in., 2001], jak i świadczeniu usług (często outsourcingowych) w niekluczowych obszarach działalności (np. outsourcing kadr i płac czy księgowości) [Chen i in., 2006]. Prawidłowa selekcja kooperantów ma bezpośredni wpływ na uzyskiwane efekty działalności (np. na minimalizację kosztów) [Khodaverdi, Olfat, 2011], a w konsekwencji na zajmowaną przez podmiot pozycję rynkową [Dargi i in. 2014].

Efektywny dobór kooperantów rynkowych warunkuje skuteczne wprowadzenie w przedsiębiorstwie wielu nowoczesnych metod i technik zarządzania, np. „szczupłe zarządzanie” (ang. *Lean Management*), kompleksowe zarządzanie jakością (ang. *Total Quality Management*), stanowiąc jednocześnie fundament koncentracji podmiotu gospodarczego na tzw. kompetencjach kluczowych (ang. *Core Competitions*). Istotny jest również wpływ doboru kooperantów na poprawę konkurencyjności czy efektywność tzw. zarządzania łańcuchem dostaw (ang. *Supply Chain Management – SCM*) [Asthana, Gupta, 2015; Dargi i in. 2014]. Warto również wskazać, że prawidłowy dobór dostawców znacząco przyczynia się do szybkich reakcji na dynamikę innowacji i wymagania stawiane przez rynek [Bruno, 2012]. Ważne jest przy tym także wspieranie wymogów rynku opartych na potrzebie długiej biznesowej współpracy z dostawcami [Chan, Kumar, 2007] czy minimalizacji ryzyka zakupowego [Chen i in. 2006]. Wskazać należy również na bardzo istotną rolę efektów współpracy z kooperantami (np. dostarczanych półproduktów czy usług) na końcową ocenę produktu finalnego [Palanisamy, Abdul Zubar, 2013; Malmir i in. 2013]. [Ladorucki i in. 2017].

W wielu pracach analizowane są negatywne rezultaty wynikające z niepełnego (czy też braku) procesu ewaluacji dostawców w przedsiębiorstwie. Już w 1998 roku w pracy Meade wskazano, że nieodpowiedni dobór kooperantów może negatywnie wpływać na wiele procesów w samej organizacji gospodarczej [Meade, Sarkis, 1998]. Potwierdzają to również inni autorzy, rozszerzając jednocześnie negatywne konsekwencje na cały zintegrowany łańcuch dostaw (ang. *Integrated Supply Chain – ISC*), jak i zwiększenie poziomu ryzyka oraz zagrożeń prowadzenia bieżącej działalności gospodarczej [Chan, Kumar, 2007]. Zaniechanie procesu oceny dostawców może skutkować nie tylko zakłóceniem całego kluczowego łańcucha dostaw organizacji, ale w wręcz utrudnieniami bądź zaniechaniem realizacji przez dany podmiot działalności podstawowej [Chan, Kumar, 2007]. [Ladorucki i in. 2017].

Aktualnie bardzo istotną rolę w realizacji działalności podstawowej przedsiębiorstwa odgrywa efektywne zarządzanie ISC. Dobór i ocena kooperantów odgrywają kluczową rolę dla poprawnego funkcjonowania całego łańcucha dostaw [Dehghani i in. 2013] i są podstawą jego stabilności [Roshandel i in. 2013]. Wskazuje się wręcz, że są to czynności niezbędne dla wszystkich interesariuszy ISC [Zou i in. 2011], będąc jednocześnie narzędziami podnoszenia jego efektywności ekonomicznej [Chen, 2011], czy wręcz silnie wpływając na jego tworzenie [Malmir i in. 2013]. W szeregu prac wykazuje się również związek między doбором i ewaluacją kooperantów, a cyklem życia produktu i wydajnością ISC (oddziaływanie na zarządzanie procesem produkcyjnym, planistycznym oraz logistycznym) [Kumar Pani,

Kumar Kar, 2011]. Bezpośrednie konsekwencje poprawnej ewaluacji dostawców obejmują również: uzyskanie odpowiedniej jakości usług lub produktów, ich planową realizację oraz dostawę [Yu, Wong, 2015], ewentualną elastyczność w działaniu ze strony kontrahenta [Vinodh i in. 2011] czy też minimalizację ryzyka w samym procesie zaopatrzenia [Malmir i in. 2013; Chen, 2011].

Analizując literaturę przedmiotu można wskazać, że ocena dostawców jest zagadnieniem aktualnym i często poruszonym. Metodycznie, w bieżących badaniach, dominujący jest nurt wielokryterialny, który bazuje na poszukiwaniu rozwiązań kompromisowych czy po prostu „dobrych” [Roy, Bouyssou, 1991]. Odchodzi się tym samym od tradycyjnych modeli jednokryterialnych, które skupiają się przede wszystkim na wybranych aspektach ekonomicznych [Dehghani i in. 2013]. Nowe podejście gwarantuje wprowadzenie systematyczności w ocenie oraz weryfikację jej efektywności [Gencer, Gurpinar, 2007]. Zważyć należy, że wykorzystanie jednego kryterium w doborze kontrahenta jest mało precyzyjne. Bardziej precyzyjne w procesie oceny i wyboru dostawców jest wykorzystanie podejść wielokryterialnych [Lung Ng, 2008; Asthana, Gupta, 2015]. Przeprowadzona analiza literatury wskazuje, że w procesie tym zasadne jest wykorzystanie metod Wielokryterialnej Analizy Decyzyjnej (ang. *Multicriteria Decision Anaysies* – MCDA).

Warto zaznaczyć, że użycie metod MCDA wymaga każdorazowo budowy modelu decyzyjnego zgodnie z systemem preferencji eksperta, a rezultat wspomaganie ma ograniczony zasięg. Dodatkowo modele dostępne w literaturze zakładają niezmiennność składowych procesu wspomaganie decyzji, czyli niezmienny zbiór dostawców, kryteriów ich oceny, jak i samych ocen częściowych i globalnych. Łatwo zauważyć, że w praktyce założenia te nie są często respektowane (np. wartość obrotu, ilość reklamacji i zwrotów w kolejnych miesiącach). Problem ten został oczywiście dostrzeżony w wielu pracach [Roy, Bouyssou, 1993; Roy, Vanderpooten, 1996; Guitouni, Martel, 1998], niemniej jego rozwiązanie nie jest zadowalające, gdyż prowadzi do obniżenia jakości zarówno danych wejściowych modelu (np. uśrednianie danych czy ich fuzyfikacja), jak i uzyskanych wyników.

Rozwój Internetu oraz szerzej – technologii informacyjnych – przyczynił się do znaczącego wzrostu efektywności przetwarzania danych. W konsekwencji możliwe stały się bieżący monitoring i ewaluacja dostawców, jak też narodziły się możliwości przeprowadzenia procesu oceny wielokrotnie. Rozwój inteligentnych systemów informatycznych zarządzania umożliwił rozszerzenie oceny do poziomu wybranych przedziałów czasowych otwierając nowe obszary badawcze w zakresie budowy

uwarunkowanych czasowo wielokryterialnych modeli ewaluacji dostawców [Ladorucki i in. 2017]. Warto zaznaczyć, że zarówno z metodycznego, jak i praktycznego punktu widzenia ważnym problemem jest więc nie tylko jednorazowa ewaluacja dostawcy, lecz również bieżące monitorowanie jakości usług czy jakości produktów lub półproduktów realizowanych i dostarczanych przez kluczowych kooperantów – dostawców firmy. Taki charakter oceny uwzględnia bardzo istotny, aczkolwiek często pomijany aspekt zmienności w czasie wartości ostatecznej oceny kooperanta, co wydaje się bardzo istotne w dobie dynamicznych zmian na rynku.

W tym zakresie można zauważyć występowanie dwóch tendencji w organizacji dostaw surowców i półfabrykatów do przedsiębiorstw zajmujących się produkcją finalną: organizowanie w swoich strukturach kluczowych dostaw własnych lub/i precyzyjny dobór kooperantów ocenianych według kryteriów przedsiębiorstwa.

W związku z powyższym należy postawić pytanie definiujące problem:

Jakie metody zastosować, aby w sposób bardziej precyzyjny ocenić dostawców (jakość dostaw) oraz na jakie cechy należy zwrócić uwagę, aby jak najlepiej dobrać kooperantów?

Cel rozprawy

Celem rozprawy jest opracowanie systemowej procedury monitorowania i oceny dostawców z zastosowaniem metod wielokryterialnych.

W wymiarze metodycznym procedura włącza w klasyczny model MCDA Roya [Roy, Vanderpooten, 1996] czy Guitouniego [Guitouni, Martel, 1998] etap uwarunkowanych czasowo agregacji ocen cząstkowych. W proponowanym podejściu zakłada się cykliczny charakter takiej oceny, co w praktyce przekłada się na bardziej dokładny i miarodajny monitoring dostawców.

Opracowanie procedury stanowić będzie rozszerzenie klasycznego paradygmatu wspomagania decyzji w środowisku wielu kryteriów o:

- okresowość samej oceny dostawców,
- wprowadzenie funkcji uwarunkowanej czasowo w strategii agregacji (przypominanie, zapominanie).

Do osiągnięcia głównego celu realizowane są następujące cele szczegółowe:

- budowa autorskiej procedury wielokryterialnej oceny dostawców,
- dobór metod wielokryterialnych (w tym określenie kryteriów do wyboru metod procedury),
- określenie zbioru kryteriów oceny dostawców,
- praktyczna weryfikacja procedury w rzeczywistym środowisku przedsiębiorstwa produkcyjnego z użyciem danych z systemu zarządzania ERP przedsiębiorstwa oraz zbioru ocen eksperckich.

W PRACY WERYFIKUJE SIĘ HIPOTEZĘ, że zastosowanie wybranych metod wielokryterialnych, wraz z funkcją agregacji ocen w autorskiej procedurze ewaluacji dostawców, pozwoli na pełniejszą i bardziej precyzyjną ocenę.

Układ pracy

Praca składa się z czterech rozdziałów poprzedzonych wstępem, na końcu pracy zamieszczono wnioski.

W pierwszym rozdziale przybliżono analizę ekonomiczną procesów zarządzania łańcuchem dostaw oraz porównano modele w zarządzaniu dostawami. Scharakteryzowano również wybrane procesy informacyjne w logistyce dostaw.

W drugim rozdziale dokonano przeglądu aktualnych metod wielokryterialnych stosowanych do oceny i doboru dostawców. Przeprowadzono również analizę oraz porównanie przykładów zastosowania metod MCDA w zarządzaniu łańcuchem dostaw. Dodatkowo, w rozdziale zidentyfikowano metody wielokryterialne wykorzystane w badaniach autorskich oraz przybliżono ich podstawy formalne oraz algorytmy działania.

W rozdziale trzecim przedstawiono model procedury badawczej w procesie ewaluacji dostawców. Omówiono jego zasadnicze etapy oraz zaprezentowano proponowane rozszerzenie klasycznych modeli MCDA w postaci odmiennych strategii agregacji ocen oraz różnych funkcji przypominania i zapomnienia przyjętych w modelu.

W ostatnim, czwartym rozdziale scharakteryzowano obiekt badawczy, dokonano strukturalizacji rozpatrywanego problemu ewaluacji nadając mu postać postaci hierarchicznej rodziny kryteriów oraz dokonano oceny dostawców z użyciem proponowanego, autorskiego podejścia.

W wymiarze praktycznym jako narzędzie do przeprowadzenia szczegółowych obliczeń zastosowano autorskie procedury w arkuszu kalkulacyjnym Excel (wchodzące w

Źródło: opracowanie własne na podstawie [Roy, Vanderpooten, 1996].

Pierwszym krokiem procedury jest analiza składowych modelu. Oceniający eksperci ustalają kryteria i ich przedziały, następnym krokiem jest automatyczne pobranie informacji z bazy danych za pomocą kwerendy w języku SQL za badany okres i uzupełnienie ich o dane ankietowe ekspertów. Następnie dane są poddawane obliczeniom za pomocą wybranych metod. Ostatnim etapem jest ranking uzyskanych ocen z danego okresu t . Następna przeprowadzana ocena dostawców będzie dla okresu t_{+1} . Założenia i wytyczne do zastosowania poszczególnych metod MCDA, jak i kształtu samego procesu wspomagania dostępne

w pracach [Roy, Bouyssou, 1993] oraz [Guitouni, Martel, 1998] zawierają jednak wyraźne ograniczenia bazowej metodologii. Przykładem jest przyjęcie założeń [Roy, Bouyssou, 1993] o spójnym kształcie rodziny kryteriów oceny, a w konsekwencji stałości preferencji eksperta czy też założenie niezmienności innych elementów modelowanej domeny (stały zbiór wariantów decyzyjnych tylko jednorazowo zasilających model wspomagania decyzji, aktualne kompetencje ekspertów). Łatwo zauważyć, że spełnienie tych założeń w praktyce może być utrudnione, a przykładem takiego zmiennego środowiska podejmowania decyzji może być ewaluacja dostawców.

W proponowanym w pracy podejściu zakłada się cykliczny charakter samej oceny. Wymaga to uzupełnienia klasycznych założeń MCDA zawartych przykładowo w pracach [Roy, Bouyssou, 1993; Roy, Vanderpooten, 1996], a poglądowo przedstawionych na rysunku 1. Klasyczny przebieg procedury MCDA zakłada stałość zarówno samego zbioru rozważanych alternatyw, jak i kryteriów ich oceny. Wynikiem budowy modelu jest jednorazowa rekomendacja dla eksperta. Tym samym agregacja ocen cząstkowych (niezależnie deterministycznych czy rozmytych) odbywa się jednorazowo. Łatwo też zauważyć,

że przeniesienie wprost zmian w domenie wspomagania decyzji do samego modelu jest utrudnione (np. zmienna liczba dostawców, wzrost liczby zwrotów, spadek jakości prefabrykatów, pojawienie się nieterminowości dostaw w zadanym okresie czasu). Oczywiście wskazane kryteria, a w szczególności ich wartości (mające w modelu postać ocen cząstkowych), mogą zostać zagregowane z użyciem np. zbiorów rozmytych. Niemniej wpływa to znacząco na dokładność samego procesu wspomagania decyzji [Ladorucki i in. 2017]. Innym przykładem może być zmiana ważności nieterminowości dostaw czy wzrostu

liczby zwrotów na przestrzeni badanego okresu. Ważność samych ocen rośnie wraz ze zbliżaniem się na osi czasu do ostatniego miesiąca dostawy.

1.2. Model procedury badawczej w procesie ewaluacji dostawców

Na rysunku 2 zaprezentowano model procedury badawczej proponowanego podejścia w procesie ewaluacji dostawców z zastosowaniem wielokryterialnych metod wspomaganie decyzji oraz funkcję uwarunkowanej czasowo strategii agregacji. W poszczególnych krokach każdy z oceniających przeprowadza ewaluacje dostawców w badanych okresach. Proponowane podejście składa się z siedmiu etapów.

Pierwszym etapem procedury badawczej jest pobranie danych z programu ERP za pomocą skryptów napisanych w języku SQL i dostosowanie ich do potrzeb wielokryterialnych metod wspomaganie decyzji użytych w pracy.

Kolejny krok polega na określeniu przez ekspertów, czy kryteria będą wyrażone ilościowo czy jakościowo. Wagi w kryteriach ilościowych są precyzyjnie określone, natomiast w kryteriach jakościowych można jedynie wskazać ważność kryterium w porównaniu do drugiego, np. relacje z klientem są ważniejsze niż transfer. Podczas tego etapu przeprowadza się modelowanie preferencji, realizowane, tak jak agregacja danych źródłowych, za pomocą metody AHP w postaci podejścia klasycznego. Złożony charakter hierarchicznego zbioru kryteriów oceny dostawców dobrze odzwierciedla metoda AHP [Ladorucki i in. 2017]. Podyktowane jest to koniecznością szczegółowego uwzględnienia w modelu danych z wybranych przedziałów czasowych oraz koniecznością szerszej analizy i interpretacji uzyskanych wartości zagregowanych. Podczas tej fazy obliczane są również wagi każdego z kryterium, z których można wnioskować, które z nich jest ważne w całej ocenie (tab. 2, 3).

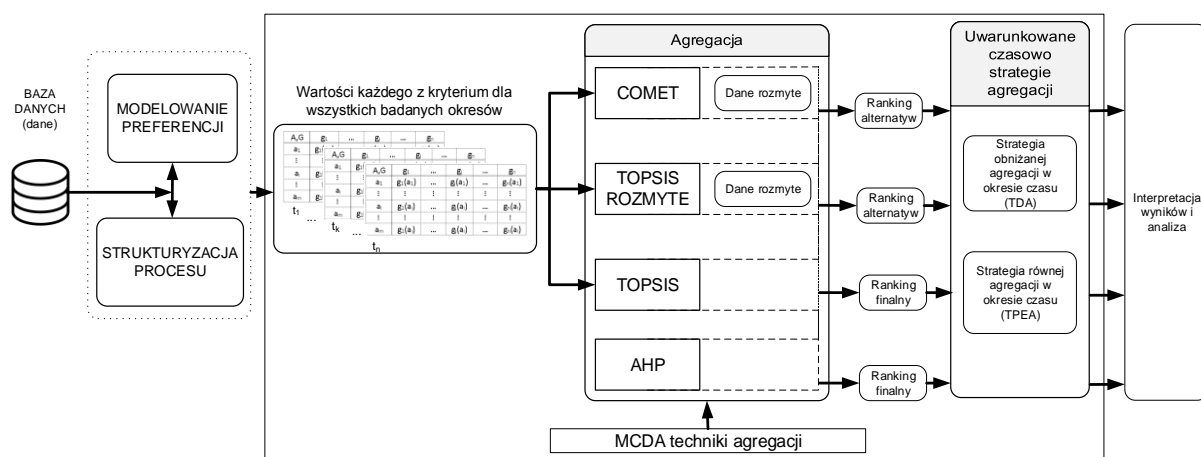
Etap trzeci w procesie ewaluacji dostawców stanowi stworzony przez system model wiedzy, który przechowuje zebrane wyniki ocen cząstkowych. Jest to narzędzie korzystające z wiedzy uprzednio wprowadzonej do bazy. Dane historyczne pozwalają osobom decyzyjnym na dokonanie cyklicznych ocen oraz określają rodzaj trendu każdego ocenianego podmiotu.

Etap czwarty to agregacja danych za pomocą użytych wielokryterialnych metod wspomaganie decyzji. W tej fazie wykorzystano metody MCDA korzystające z podejść zarówno klasycznych, jak i wykorzystujących liczby rozmyte.

Piątym etapem jest przeprowadzenie finalnego rankingu ocenianych podmiotów.

Szóstą fazą procedury badawczej jest wykorzystanie uwarunkowanych czasowo strategii agregacji w procesie generowania ostatecznych wyników oceny. W pracy użyto pięciu różnych funkcji zapominania (patrz rozdz. 1.3).

Końcowym etapem prezentowanej procedury jest interpretacja wyników oraz ich analiza. W proponowanym podejściu wykonywane są dwa kluczowe zadania. Pierwszym z nich jest przeprowadzenie ewaluacji dostawców w każdym z badanych okresów. Kolejny to zastosowanie funkcji uwarunkowanej czasowo w strategii agregacji celem uzyskania pełniejszej oraz bardziej precyzyjnej oceny. Podczas omówionych etapów realizowane są procesy dotyczące pozyskania, przetwarzania oraz gromadzenia wiedzy potrzebnej do ewaluacji dostawców oraz oceny kooperantów.



Rysunek 2. Model procedury badawczej w procesie ewaluacji dostawców

Źródło: opracowanie własne.

Dokonując podsumowania prezentowanego podejścia należy wskazać, że w pracy wykorzystano autorski schemat konceptualny procedury z użyciem wielokryterialnych metod do oceny dostawców uwzględniający wybrane przedziały czasowe samego procesu oceny (rys. 2). Proponowana w niniejszej rozprawie metodyka badań wykorzystuje wybrane metody MCDA, w szczególności ich wersje deterministyczne oraz rozmyte. Modelowane aspekty samego procesu ewaluacji obejmują zmienność cząstkowych ocen wariantów decyzyjnych w wybranych przedziałach czasowych oraz analizę wpływu tejże zmienności na końcowy rezultat procesu oceny.

1.3. Użycie funkcji zapominania w modelu

Do przeprowadzenia oceny i doboru dostawców wykorzystano funkcję zapominania, w której zastosowano uwarunkowane czasowo strategie agregacji. Uzyskane wcześniej wyniki cząstkowe badań 30 dostawców z 12 okresów t zostały kolejno zagregowane z użyciem funkcji zapominania (dla pięciu parametrów siły zapominania – Tabela 1) [Chen, 2010]. [Ladorucki i in. 2017].

$$V(a^i) = \sum_{k=1}^n CC_{ik} * p(t_k) \quad (1)$$

gdzie:

$p(t_k)$ – siła k – tego okresu czasu t ,

CC_{ik} – ocena ogólna i – tego wariantu w k – tym okresie,

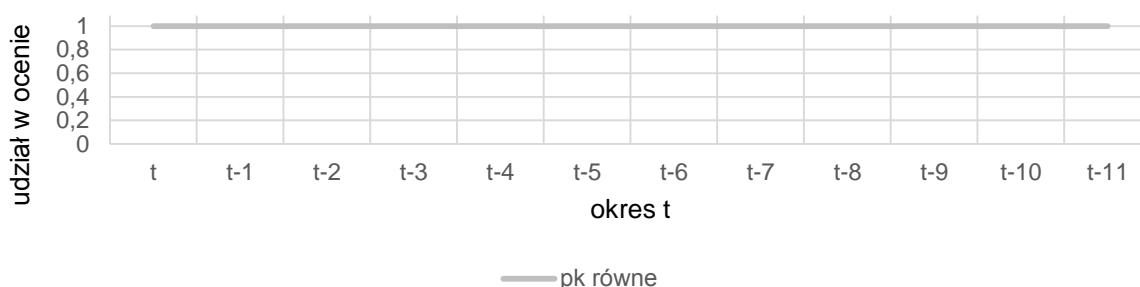
$V(a^i)$ – ogólna ocena i – tego wariantu na podstawie n okresów.

Tabela 1. Parametry funkcji zapominania

Funkcja zapominania	Okresy miesiąca												
	t_k	t	t_{-1}	t_{-2}	t_{-3}	t_{-4}	t_{-5}	t_{-6}	t_{-7}	t_{-8}	t_{-9}	t_{-10}	t_{-11}
TPEA pk równe		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
TDA1 pk 6 m-cy		0,857	0,714	0,571	0,429	0,286	0,143	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
TDA2 pk 12 m-cy		0,923	0,846	0,769	0,692	0,615	0,538	0,462	0,385	0,308	0,231	0,154	0,077
TDA3 pk 24 m-ce		0,960	0,920	0,880	0,840	0,800	0,760	0,720	0,680	0,640	0,600	0,560	0,520
TDA4 pk od poziomu obrotu		0,308	0,846	0,615	0,769	0,231	0,462	0,923	0,385	0,692	0,077	0,154	0,538

Źródło: opracowanie własne.

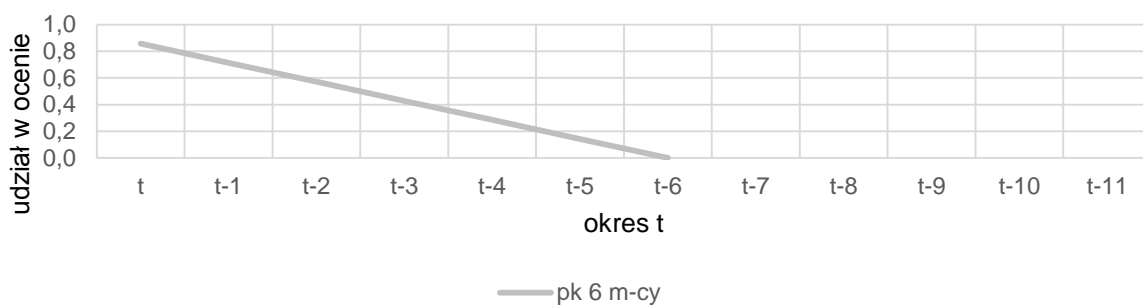
Charakterystykę funkcji zapominania dla parametru TPEA zaprezentowano na rysunku 3.



Rysunek 3. Funkcja zapominania (stała) dla okresu 12 miesięcy

Źródło: opracowanie własne.

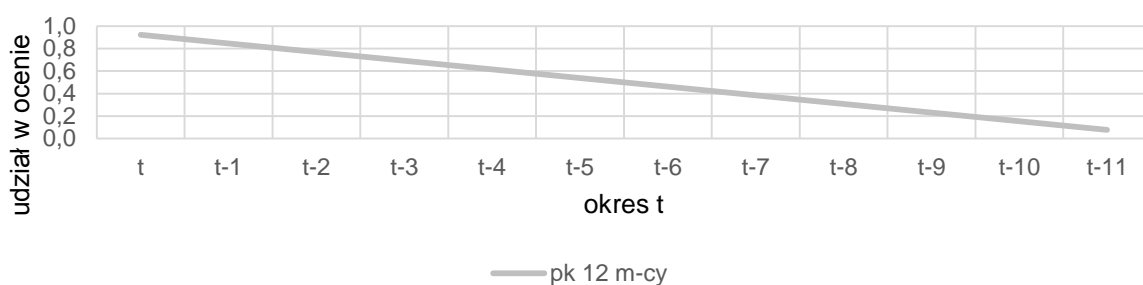
W przypadku parametru TDA1 funkcja zapominania jest najwyższa dla okresu t , a najniższa dla okresu t_{-6} (rys. 4).



Rysunek 4. Funkcja zapominania malejąca dla okresu 6 miesięcy

Źródło: opracowanie własne.

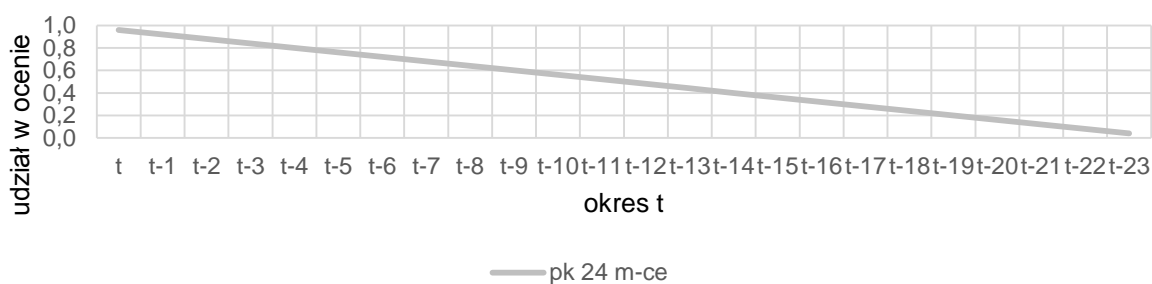
W przypadku parametru TDA2 funkcja zapominania jest najwyższa dla okresu t , a najniższa dla okresu t_{-11} (rys. 5).



Rysunek 5. Funkcja zapominania malejąca dla okresu 12 miesięcy

Źródło: opracowanie własne.

W przypadku parametru TDA3 funkcja zapominania jest najwyższa dla okresu t , a najniższa dla okresu t_{-23} (rys. 6).



Rysunek 6. Funkcja zapominania malejąca dla okresu 24 miesięcy

Źródło: opracowanie własne.

W przypadku zastosowania parametru TDA4 w całym okresie dostaw 12 miesięcy, agregacja wyników w funkcji zapominania jest malejąca. Natomiast rozpatrując poszczególne okresy dostaw, wartość funkcji zapominania jest najwyższa dla okresu t_{-6} a najniższa dla okresu t_{-9} (rys. 7).



Rysunek 7. Funkcja zapominania malejąca względem obrotu

Źródło: opracowanie własne.

W badaniach użyto pięć parametrów siły $p(t_k)$ okresu TDA (ang. *Time Depreciated Aggregation*) do agregacji wyników z użyciem funkcji zapominania (tab. 1), zaprezentowanych również na powyższych ilustracjach (rys. 3, 4, 5, 6, 7). Parametr TPEA (ang. *Time Period Equal Aggregation*) jest równy dla wszystkich okresów t_k . Parametry TDA1, TDA2, TDA3 charakteryzują się największym udziałem w ocenie najbliższych okresów t_k , a najmniejszym w okresie najdalszym. W TDA4 udział w ocenie jest uzależniony od poziomu obrotu dostaw.

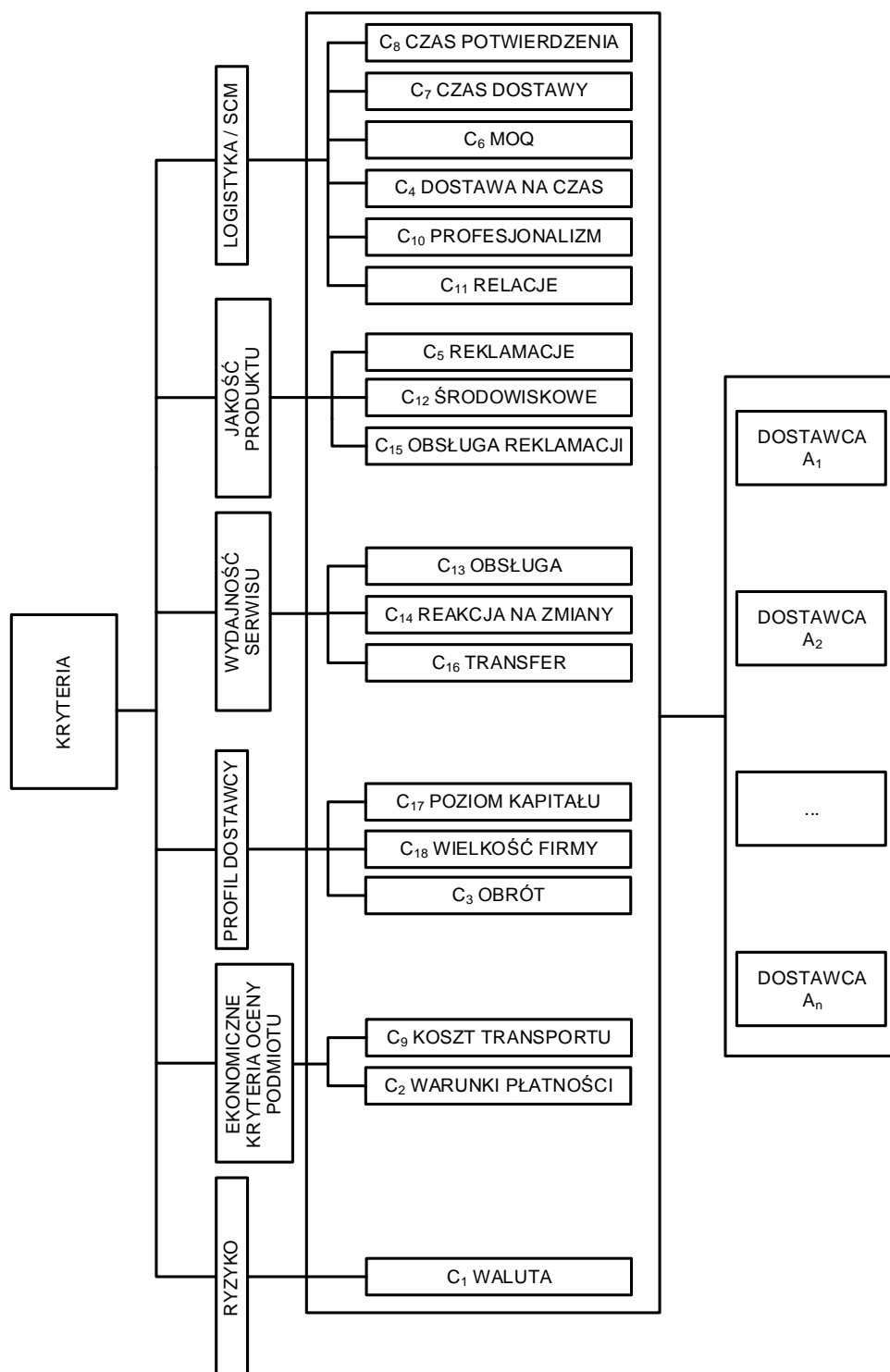
WERYFIKACJA METODY OCENY DOSTAWCÓW W LOGISTYCE PROCESÓW PRODUKCJI

2.1. Charakterystyka obiektu badawczego oraz kryteriów wykorzystanych do badań

Weryfikację przedstawionego podejścia zrealizowano z użyciem danych pochodzących z rzeczywiście funkcjonującego podmiotu gospodarczego o zasięgu globalnym, zajmującego się produkcją wiązek kablowych. Trzech ekspertów wybrało

osiemnaście kluczowych dla nich kryteriów, których użyli do przeprowadzenia oceny dostawców. Dobór kryteriów został wykonany za pomocą ankiety, w której zaprezentowano 377 określonych unikatowo kryteriów z kilkuset źródeł literaturowych i dokonano ich hierarchizacji. Wybrane kryteria przez ekspertów podzielono na sześć rodzajów: logistyka/SCM, jakość produktu, wydajność serwisu, profili dostawcy, ekonomiczne kryteria oceny podmiotu, ryzyko. Dane do kryteriów, takie jak: czas potwierdzenia, czas dostawy, MOQ, dostawa na czas, reklamacje, obrót, koszt transportu, warunki płatności i waluta pobrane zostały automatycznie z systemu ERP za pomocą kwerendy w języku SQL, natomiast pozostałe dziewięć kryteriów podanych w ankietach oznaczonych w tabeli 3 jako typ „ling.” w formie lingwistycznej ocenili eksperci pracujący ściśle z danym klientem. Drzewo kryteriów (rys. 8) obrazuje powiązania kryteriów z dostawcami oraz z ich rodzajem [Ladorucki i in. 2017].

Ocenę kompetencji ekspertów przeprowadzono z użyciem metody AHP. W ewaluacji zastosowano następujące kryteria: komunikatywność, języki obce, kierownicze, naukowo-analityczne, informatyczne, uczenie się, obywatelskie, zawodowe oraz kulturowe. Ranking kryteriów uzyskany w ocenie zaprezentowano w rozprawie załączniku 18. Najlepsze miejsca zajmują kryteria kierownicze i naukowo – analityczne. Na drugiej pozycji znajdują się informatyczne i języki obce. Trzecie miejsce w rankingu zajmują obywatelskie i uczenie się. Najmniej znaczące w ocenie to: komunikatywność, kulturowe i zawodowe. Końcowe wyniki ewaluacji zaprezentowano w załączniku 19. Najwyższą ocenę uzyskał ekspert 2, drugie miejsce zajął ekspert 1, ostatnia pozycja w rankingu przypadła ekspertowi 3. Wizualizację graficzną przeprowadzonej oceny kompetencji ekspertów dokonujących ewaluacji 30 dostawców w badanym okresie przedstawiono w rozprawie załączniku 20.



Rysunek 8. Drzewo kryterialne z podziałem na podkryteria

Źródło: opracowanie własne.

Procedura badawcza rozpoczyna się od modelowania preferencji drzewa kryteriów, dla których określono wagi podane w rozprawie tabeli 5. Metoda AHP umożliwia ustalenie rankingu względnych wag kryteriów poprzez wzajemne porównywanie ich ważności w macierzach porównań parami. Wynik rankingu kryteriów przedstawiono w tabeli 2.

Procedura (rys. 2) buduje jednocześnie model wiedzy, którą przechowuje w bazie wyników. Dane historyczne modelu są w stanie przekazać ekspertom trendy, na podstawie których dokonują oni wyboru dostawców.

Tabela 2. Ranking kryteriów

Kryterium	Waga kryterium	Ranking
C ₁	0,015609	15
C ₂	0,092834	1
C ₃	0,092834	1
C ₄	0,092834	1
C ₅	0,092834	1
C ₆	0,023642	13
C ₇	0,056124	8
C ₈	0,056124	8
C ₉	0,092834	1
C ₁₀	0,023642	13
C ₁₁	0,036036	11
C ₁₂	0,036036	11
C ₁₃	0,092834	1
C ₁₄	0,092834	1
C ₁₅	0,056124	8
C ₁₆	0,015609	15
C ₁₇	0,015609	15
C ₁₈	0,015609	15

Źródło: opracowanie własne.

Podstawowy okres badawczy brany pod uwagę wynosi dwanaście miesięcy t do t_{-11} (gdzie $t = t_{-1}$). Badania zostały przeprowadzone na trzydziestu największych dostawcach pod względem obrotu w całym okresie, jak również z podziałem na każdy miesiąc oraz na każdego z ocenianych. Dane za okres dwunastu miesięcy z podziałem na każdego dostawcę ($A_1, A_2, A_3, \dots, A_{30}$) zostały przedstawione w rozprawie załączniku 1 (wersję skróconą zaprezentowano w tabeli 3). Z uzyskanych danych można wywnioskować, że grono dostawców jest zróżnicowane, a odmiennosc nie dotyczy tylko jednego czy kilku z przedstawionych kryteriów, lecz można ją zauważyć we wszystkich osiemnastu. Najwięcej dostawców posługuje się walutą euro, druga z kolei to złoty, ale zdarzają się też tacy, którzy używają USD, SEK lub jena. Największą różnicę w kryteriach stanowi obrót z ostatnich

dwunastu miesięcy, waha się on od 4634 tys. do 234 tys. Kryterium określone jako minimalna ilość zamówienia ukazuje różnice między wartością maksymalną a minimalną w 2072 jednostkach miary. Najmniejsza różnica ocen w kryteriach ankietowych występuje w jakości relacji dostawca–przedsiębiorstwo oraz wielkości firmy dostawcy. W tabeli 3 przedstawiono pełną hierarchię kryteriów i przykład danych cząstkowych za okres 12 miesięcy dla wybranych dostawców.

Tabela 3. Dane z systemu ERP i ocen z ankiet za okres dwunastu miesięcy

Kryteria	C _i	Podkryteria	Typ kryterium	Dane do oceny dostawców				
				A ₁	A ₂	A ₃	...	A ₃₀
Logistyka / SCM	C ₈	czas potwierdzenia	%	87	79	56	...	97
	C ₇	czas dostawy	dni	18	25	42	...	20
	C ₆	MOQ	szt.	1225	1638	799	...	1496
	C ₄	dostawa na czas	%	86	90	74	...	82
	C ₁₀	profesjonalizm	ling.	5	6	7	...	6
	C ₁₁	relacje	ling.	5	6	7	...	6
Jakość produktu	C ₅	reklamacje	%	0,2	0	0	...	0
	C ₁₂	środowiskowe	ling.	4	7	6	...	7
	C ₁₅	obsługa reklamacji	ling.	5	5	7	...	7
Wydajność serwisu	C ₁₃	obsługa	ling.	6	6	7	...	5
	C ₁₄	reakcja na zmiany	ling.	5	4	7	...	6
	C ₁₆	transfer	ling.	4	6	6	...	5
Profil dostawcy	C ₁₇	poziom kapitału	ling.	7	7	7	...	7
	C ₁₈	wielkość firmy	ling.	7	5	7	...	5
	C ₃	obrót	1000 pln	4 634	3 067	2 979	...	234
Ekonomiczne kryteria oceny podmiotu	C ₉	koszt transportu	%	1,8	0	0	...	0,1
	C ₂	warunki płatności	dni	60	70	52	...	35
Ryzyko	C ₁	waluta	%	EUR	EUR	USD	...	EUR

Źródło: opracowanie własne.

2.2. Zastosowanie procedury badawczej dla potrzeb procesu ewaluacji dostawców

2.2.1 Praktyczne zastosowanie metody fTOPSIS do oceny i wyboru dostawców w badanym przedsiębiorstwie

Weryfikację autorskiej metody oceny dostawców przeprowadzono na danych uzyskanych z bazy danych systemu ERP przedsiębiorstwa produkującego wiązki kablowe oraz z ankiet wypełnionych przez ekspertów ściśle współpracujących z danym kooperantem. Ewaluację na próbie wybranych dostawców wykonano metodą fTOPSIS dla dwunastomiesięcznego okresu dostaw z podziałem na miesiące. Wyniki ewaluacji zaprezentowano w Tabeli 5, przy czym oznaczenia xxx, stosowane są w przypadku, gdy dany dostawca w analizowanym okresie czasu nie realizował dostaw. W metodzie fTOPSIS wykorzystano ewolucyjne podejście generowania okresowej oceny dostawców. Pierwszym etapem jest określenie ważności wag kryteriów przez trzech ekspertów za pomocą terminów lingwistycznych oraz określenie, czy kryterium jest związane z dodatkową korzyścią czy bezpośrednio z kosztem. Wszystkie kryteria ankietowe są kryteriami związanymi z dodatkową korzyścią, a większość kryteriów pochodzących z systemu ERP związana jest bezpośrednio z kosztem.

Tabela 4. Obliczenia d_i^* , d_i^- , CC_i dla wszystkich ekspertów w badanym okresie

Dostawca	Dystans		Suma dystansów	Ocena	Ranking	Status dostawcy
	d_i^*	d_i^-				
A ₁						
A ₅	7,1	7,1	14,2	0,5	1	rekomendowany – niskie ryzyko
A ₇	8,6	5,4	14	0,38	27	rekomendowany – wysokie ryzyko
A ₉	7,3	6,8	14,1	0,48	3	rekomendowany – niskie ryzyko
A ₁₀	7,6	6,6	14,2	0,47	9	rekomendowany – niskie ryzyko
A ₁₂	7,2	6,9	14,2	0,49	2	rekomendowany – niskie ryzyko
A ₁₃	8,9	5,1	13,9	0,36	29	rekomendowany – wysokie ryzyko
A ₁₅	8,9	5,2	14,2	0,37	28	rekomendowany – wysokie ryzyko
A ₁₆	7,6	6,6	14,2	0,47	10	rekomendowany – niskie ryzyko
A ₂₁	8	6,3	14,2	0,44	19	rekomendowany – niskie ryzyko
A ₂₂	9,1	4,9	13,9	0,35	30	rekomendowany – wysokie ryzyko
A ₂₅	7,8	6,3	14,1	0,45	16	rekomendowany – niskie ryzyko
A ₂₆	8,3	5,9	14,2	0,42	24	rekomendowany – niskie ryzyko

Źródło: opracowanie własne.

Ze współczynnika bliskości dostawców (tab. 4) wynika, że na trzydziestu badanych kooperantów w okresie dwunastu miesięcy brak jest powiązania ze statusem „zatwierdzony i preferowany”, „zatwierdzony” i „niezatwierdzony”. Istnieją dostawcy, których obejmują statusy „rekomendowany – niskie ryzyko”: $CC_5 > CC_{12} > CC_9 > CC_3 > CC_{23} > CC_{27} > CC_6 > CC_{14} > CC_{10} > CC_{16} > CC_8 > CC_{18} > CC_{28} > CC_{17} > CC_{11} > CC_{25} > CC_2 > CC_{30} > CC_{21} > CC_{29} > CC_{24} > CC_1 > CC_{19} > CC_{26} > CC_4$ oraz „rekomendowany – wysokie ryzyko”: $CC_{20} > CC_7 > CC_{15} > CC_{13} > CC_{22}$. Najlepszym dostawcą według ocen trzech ekspertów z całego badanego

okresu jest dostawca A_5 , a najgorszym – A_{22} . Rozwiązanie dla wszystkich badanych dostawców przedstawia się następująco: $A_5 > A_{12} > A_9 > A_3 > A_{23} > A_{27} > A_6 > A_{14} > A_{10} > A_{16} > A_8 > A_{18} > A_{28} > A_{17} > A_{11} > A_{25} > A_2 > A_{30} > A_{21} > A_{29} > A_{24} > A_1 > A_{19} > A_{26} > A_4 > A_{20} > A_7 > A_{15} > A_{13} > A_{22}$.

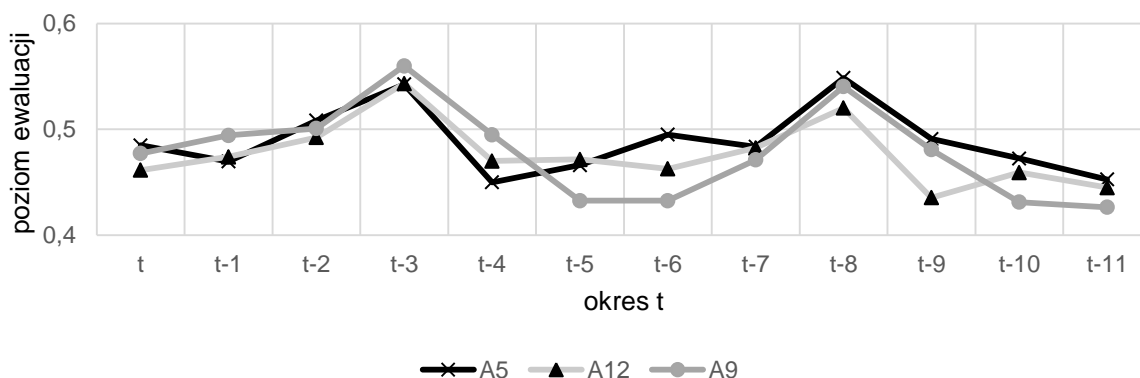
Wynik dla wszystkich ekspertów z całego badanego okresu nie był satysfakcjonujący dla ekspertów, którzy dokonywali oceny. Nawet podział na każdego ekspertów nie mógł określić, co i kiedy dokładnie miało wpływ na całościową ocenę. Dlatego dokonano ocen dostawców z podziałem na każdy miesiąc. Współczynnik bliskości CC_i z podziałem na każdy badany okres dla wybranych dostawców znajduje się w tabeli 5. Pełne wyniki dla wszystkich kooperantów są zaprezentowane w rozprawie załączniku 10. Z tabeli wynika, że nie wszyscy dostawcy dostarczali swoje dobra w całym okresie. Na przykład dostawca A_{15} współpracował z firmą tylko przez 6 miesięcy, zajmując 28. miejsce w rankingu. Rozproszenie współczynnika bliskości w całej ocenie dla trzech najlepszych dostawców przedstawiono na rysunku 8. Wynika z niego, że aby zbliżyć się do statusu „zatwierdzony i preferowany”, CC_i u tych kooperantów powinien wzrosnąć dwukrotnie.

Tabela 5. Wynik każdego miesiąca dla wszystkich ekspertów w badanym okresie z podziałem na miesiące – fTOPSIS

Dost.	Suma ocen	Okresy miesiąca											
		t	t ₁	t ₂	t ₃	t ₄	t ₅	t ₆	t ₇	t ₈	t ₉	t ₁₀	t ₁₁
A_i	$\sum t_i$	Wartości ewaluacji dostawców w okresie [t _i]											
A_5	0,500	0,485	0,470	0,508	0,542	0,450	0,466	0,495	0,483	0,549	0,491	0,472	0,453
A_7	0,384	0,360	0,365	0,361	0,461	0,371	0,362	0,338	0,320	0,388	0,305	xxx	0,338
A_9	0,481	0,477	0,494	0,501	0,560	0,495	0,432	0,432	0,471	0,540	0,481	0,431	0,426
A_{10}	0,467	0,432	0,477	0,460	0,493	0,478	0,454	0,447	0,440	0,500	0,410	0,439	0,427
A_{12}	0,489	0,461	0,474	0,492	0,543	0,470	0,472	0,463	0,482	0,520	0,435	0,459	0,445
A_{13}	0,365	0,373	0,374	0,390	0,402	0,333	0,331	0,350	0,331	0,387	0,297	0,348	0,335
A_{15}	0,370	0,342	0,326	0,355	0,440	xxx	xxx	xxx	xxx	0,381	xxx	0,318	xxx
A_{16}	0,465	0,455	0,458	0,445	0,486	0,430	0,413	0,455	0,457	0,495	0,418	0,445	0,443
A_{21}	0,441	0,385	0,407	0,388	0,462	0,417	0,377	0,402	0,389	0,430	0,397	0,435	0,451
A_{22}	0,350	0,348	0,360	0,375	0,422	0,356	0,299	0,327	0,318	0,385	0,320	0,323	0,338
A_{25}	0,446	0,434	0,463	xxx	0,550	0,414	0,445	0,387	0,462	0,473	0,448	0,414	0,384
A_{26}	0,416	0,404	0,411	0,406	0,511	0,436	0,339	0,409	0,389	0,450	0,371	xxx	0,352

Źródło: opracowanie własne.

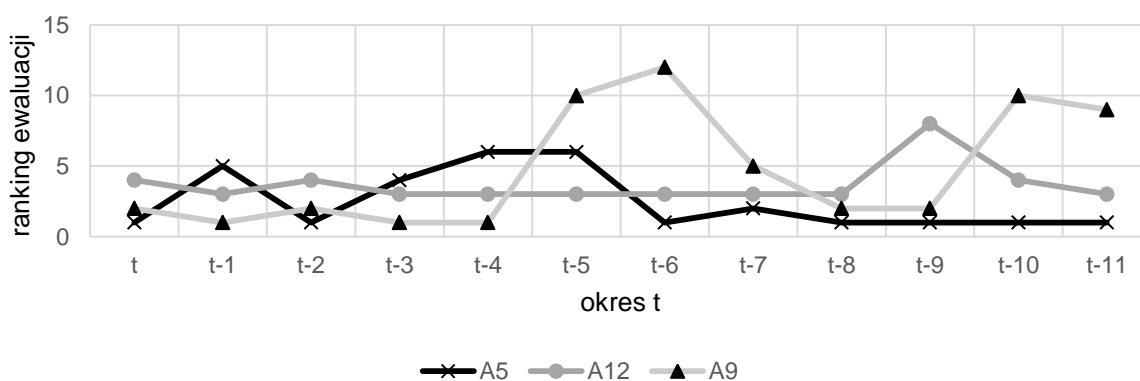
Z rysunku 8 wynika, że wyniki trzech najlepszych dostawców są do siebie zbliżone. A_5 prowadzi w ośmiu z dwunastu okresów, a w piątym jest najgorszy. Różnica w całej ocenie pomiędzy A_{12} i A_9 jest niewielka, bo wynosi zaledwie 0,008 na korzyść dostawcy A_{12} , pomimo to współczynnik CC_i u A_9 w ostatnich pięciu miesiącach jest lepszy niż A_{12} . Wszystkie oceny z wykresu uzyskały status „rekomendowany – niskie ryzyko”.



Rysunek 8. Wynik dla trzech najlepszych dostawców w badanym okresie z podziałem na miesiące (CC_i)

Źródło: opracowanie własne.

Na rysunku 9 zaprezentowano ranking trzech najlepszych dostawców w badanym okresie z podziałem na miesiące. Wyniki rankingu nie są już tak stabilne, jak oceny uzyskane w poszczególnych miesiącach. Najmniejszą zmiennością w rankingu charakteryzuje się dostawca A_{12} w okresach t_8 do t .



Rysunek 9. Wynik dla trzech najlepszych dostawców w badanym okresie z podziałem na miesiące (ranking)

Źródło: opracowanie własne.

Ranking wybranych kooperantów dostarczających dobra do przedsiębiorstwa produkcyjnego zaprezentowano w tabeli 6. Pełny pogrupowany ranking dostawców według

zajętych miejsc znajduje się w rozprawie załączniku 11. Dostawcy, którzy nie brali udziału w realizowaniu procesu wejścia w danym okresie, zostali oznaczeni symbolem xxx.

Tabela 6. Ranking każdego miesiąca dla wszystkich ekspertów w badanym okresie z podziałem na miesiące – fTOPSIS

Dostawca	Suma ocen $\sum t_i$	Okresy miesiąca											
		t	t ₁	t ₂	t ₃	t ₄	t ₅	t ₆	t ₇	t ₈	t ₉	t ₁₀	t ₁₁
A _i		Pozycja dostawców w rankingu w okresach [t _i]											
A ₅	1	1	4	1	4	5	5	1	2	1	1	1	1
A ₇	27	25	27	26	25	25	24	28	27	27	26	xxx	27
A ₉	3	2	1	2	1	1	10	12	5	2	2	10	9
A ₁₀	9	13	2	7	18	2	7	9	13	5	14	7	8
A ₁₂	2	4	3	4	3	3	3	3	3	3	8	4	3
A ₁₃	29	24	26	23	30	28	27	27	26	28	27	22	29
A ₁₅	28	27	29	27	28	xxx	xxx	xxx	xxx	30	xxx	25	xxx
A ₁₆	10	8	10	11	20	12	16	5	10	10	10	6	4
A ₂₁	18	22	23	24	24	16	23	20	23	25	17	9	2
A ₂₂	30	26	28	25	29	26	29	29	29	29	25	24	27
A ₂₅	16	11	7	xxx	2	18	8	25	7	15	6	15	22
A ₂₆	24	20	22	21	11	9	26	18	23	22	24	xxx	26

Źródło: opracowanie własne.

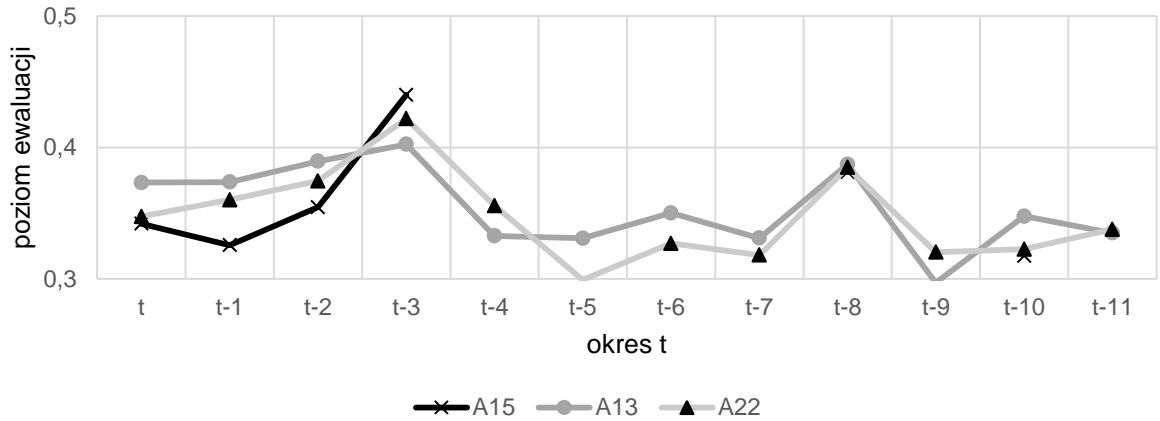
W dalszej części autoreferatu (rys. 10, 11, 12) przedstawiono dostawców najgorszych, z największą oraz najmniejszą zmiennością. Dane zebrano w tabeli 7, która zawiera również sumę ocen omawianych kooperantów. Najlepszym dostawcą w całym okresie jest dostawca A₁₀, który charakteryzuje się również najmniejszą zmiennością.

Tabela 7. Końcowe wyniki ewaluacji i ranking wybranych dostawców – fTOPSIS

Dostawca	Wartości ewaluacji dostawców w			Pozycja dostawców w rankingu w		
	okresie [t _i]			okresie [t _i]		
A ₇	$\sum t_i/0,384$	t ₃ /0,461	t ₅ /0,362	27	25	24
A ₁₀	$\sum t_i/0,467$	t ₅ /0,454	t ₈ /0,500	9	7	5
A ₁₃	$\sum t_i/0,365$	t ₁ /0,374	t ₉ /0,297	29	26	27
A ₁₅	$\sum t_i/0,370$	t ₁ /0,326	t ₉ /xxx	28	29	xxx
A ₁₆	$\sum t_i/0,465$	t ₅ /0,413	t ₈ /0,495	10	16	10
A ₂₁	$\sum t_i/0,441$	t ₅ /0,377	t ₈ /0,430	18	23	25
A ₂₂	$\sum t_i/0,350$	t ₁ /0,360	t ₉ /0,320	30	28	25
A ₂₅	$\sum t_i/0,446$	t ₃ /0,550	t ₅ /0,445	16	2	8
A ₂₆	$\sum t_i/0,416$	t ₃ /0,511	t ₅ /0,339	24	11	26

Źródło: opracowanie własne.

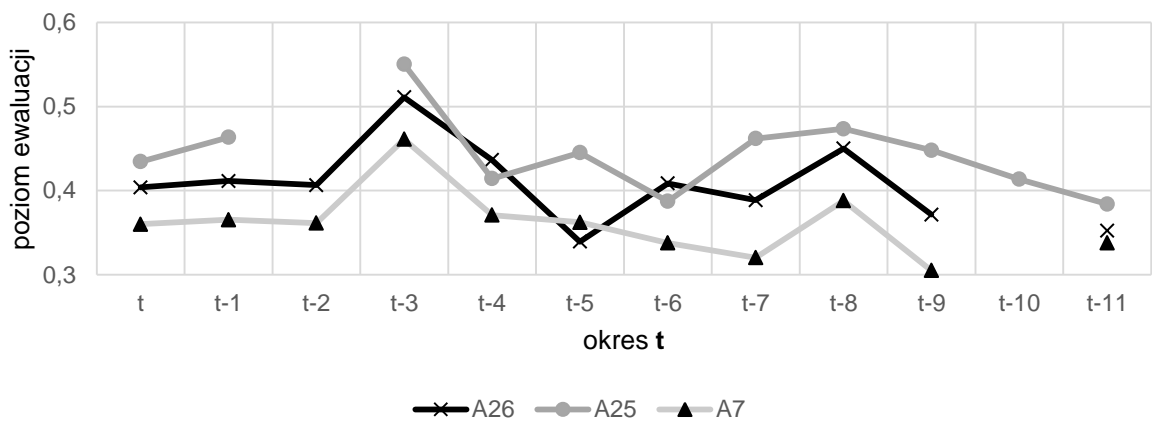
Najgorszym z badanych dostawców jest dostawca A_{22} , chociaż w okresach t_{-9} , t_{-4} i t_{-3} wyprzedził dostawcę A_{13} , a w t_{-1} dostawcę A_{15} . Dostawca A_{15} nie zajął ostatniego miejsca, mimo że miał tylko połowę ocen (rys. 10).



Rysunek 10. Wynik dla trzech najgorszych dostawców w badanym okresie z podziałem na miesiące

Źródło: opracowanie własne.

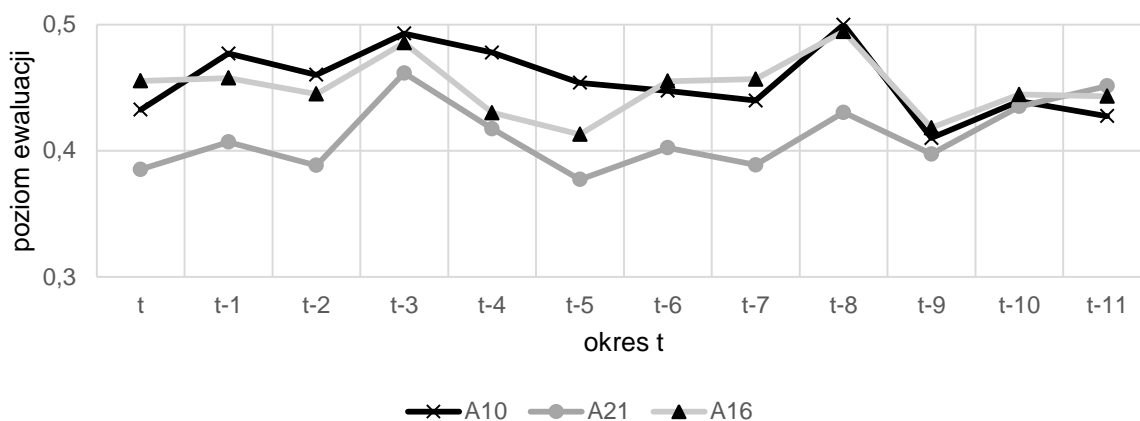
Ocena trzech dostawców A_{26} , A_{25} i A_7 w badanym okresie charakteryzuje się największą zmiennością (rys. 11). Każdy z nich dostarczał swoje dobra w 11 okresach. Największą zmiennością charakteryzuje się A_{26} , a najmniejszą A_7 .



Rysunek 11. Wynik dla trzech dostawców w badanym okresie z największą zmiennością

Źródło: opracowanie własne.

Dostawca, charakteryzujący się najmniejszą zmiennością, to A_{16} , a największą – A_{10} . Kooperanci A_{16} , A_{21} i A_{10} w całym badanym okresie uzyskali status „rekomendowany – niskie ryzyko” (rys. 12).



Rysunek 12. Wynik dla trzech dostawców w badanym okresie z najmniejszą zmiennością

Źródło: opracowanie własne.

2.2.2 Dyskusja uzyskanych wyników

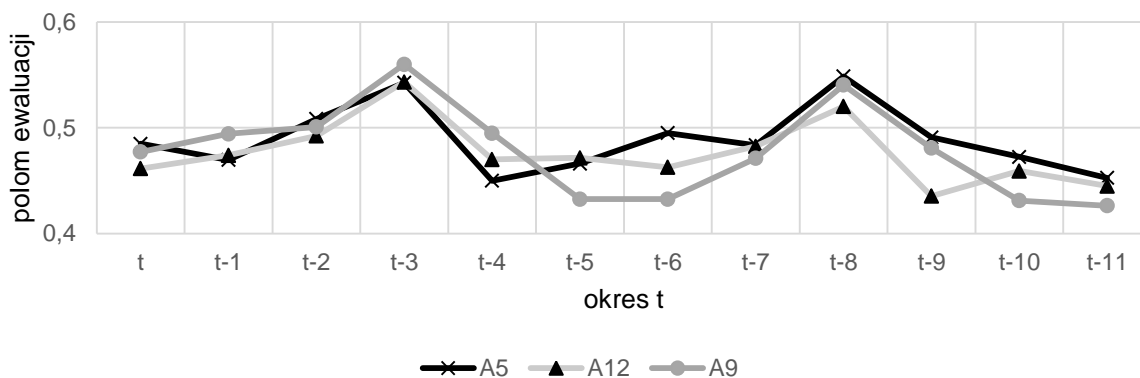
Analizując wyniki fTOPSIS w pięciu funkcjach zapominania, stwierdzono, że uzyskany ranking nie charakteryzuje się dużą zmiennością dla trzech najlepszych dostawców A_5 , A_9 , A_{12} . Kooperant A_5 w czterech funkcjach zapominania uzyskał pierwsze miejsce w ocenie, natomiast w funkcji TDA1 drugie. Dostawca A_9 w rankingach raz był na miejscu pierwszym, trzy na drugim oraz raz na trzecim. Podmiot A_{12} plasował się cztery razy na trzecim miejscu, a w funkcji TDA4 na drugim (tab. 8). Pełne wyniki oraz ranking wszystkich dostawców dla metody fTOPSIS znajdują się w pracy załączniku 16.

Tabela 8. Wyniki $V(a^i)$ i ich ranking w funkcji zapominania dla metody fTOPSIS

Dostawca	Ocena dostawcy w funkcji zapominania					Ranking dostawcy w funkcji zapominania				
	$V(a^i)$ fTOPSIS					ranking fTOPSIS				
A_i	TPEA	TDA1	TDA2	TDA3	TDA4	TPEA	TDA1	TDA2	TDA3	TDA4
A_1	4,9442	1,2568	2,4859	3,6659	2,5063	16	20	18	17	19
A_5	5,8641	1,4691	2,9432	4,3452	2,9723	1	2	1	1	1
A_6	5,5884	1,4156	2,8209	4,1493	2,8274	5	5	5	5	5
A_9	5,7411	1,4912	2,9258	4,2772	2,9048	2	1	2	2	3
A_{12}	5,7169	1,4497	2,8892	4,2465	2,9062	3	3	3	3	2
A_{16}	5,3989	1,3615	2,7099	4,0006	2,7418	9	10	10	9	9
A_{27}	5,5604	1,3881	2,7946	4,1222	2,8385	6	7	6	6	4

Źródło: opracowanie własne.

Ranking uzyskany z użyciem pięciu funkcji zapominania, do której użyto wyniki uzyskane przy pomocy metody fTOPSIS, nie charakteryzuje się względną stabilnością. Trzech najlepszych dostawców A_5 , A_9 , A_{12} zamienia się miejscami w pierwszej trójce dla wszystkich funkcji zapominania. Z wykresu można wywnioskować, że uzyskane wyniki są zbliżone względem siebie. Najbardziej oddalone oceny zaobserwować można w okresie t_6 (rys. 13).



Rysunek 13. Trzech najlepszych dostawców ocena metodą fTOPSIS względem funkcji zapominania: TPEA, TDA1, TDA2, TDA3, TDA4

Źródło: opracowanie własne.

ZAKOŃCZENIE

Celem niniejszej rozprawy było opracowanie systemowej procedury monitorowania i oceny dostawców. W procedurze zastosowano wybrane metody wielokryterialnego wspomaganie decyzji, uwzględniając jednocześnie okresowość samej oceny dostawców oraz odmienne strategie agregacji ocen końcowych. Rozprawa opierała się na hipotezie, że zastosowanie wybranych metod wielokryterialnych wraz z funkcją agregacji ocen w autorskiej procedurze ewaluacji dostawców pozwoli na pełniejszą i bardziej precyzyjną ocenę.

Na wstępie rozprawy poruszono zagadnienia związane z logistyką i jej historią, istotną rolę dostawców w zarządzaniu łańcuchem dostaw oraz oceną i doбором dostawców poruszane w literaturze przedmiotu. Kolejno dokonano analizy stosowanych metod wielokryterialnych

w ocenie dostawców i procesie organizacji dostaw. Scharakteryzowano metody wielokryterialne w procesach decyzyjnych oraz przeprowadzono studia literaturowe w zakresie oceny i doboru dostawcy. Następnie przybliżono pojęcia związane z arytmetyką liczb rozmytych oraz dokonano charakterystyki wybranych metod wielokryterialnych użytych w rozprawie. Kolejnym krokiem było wybranie istotnych kryteriów dla ekspertów, które charakteryzowały się najwyższą stosowalnością w ocenie i doborze dostawców, jednocześnie wyznaczono ich wagi. Do wybranych kryteriów pobrano dane z programu ERP za pomocą skryptów napisanych w języku SQL i dostosowano je do potrzeb wielokryterialnych metod wspomaganie decyzji użytych w pracy. Uzyskane w ten sposób dane posłużyły jako baza wiedzy zawarta w autorskiej procedurze na potrzeby oceny i doboru dostawców.

Następnym etapem było przeprowadzenie studium przypadku, które polegało na ocenie wybranych dostawców z zastosowaniem autorskiej procedury badawczej i bazy wiedzy. Sam proces skutecznego doboru kooperantów w łańcuchu dostaw wymaga zastosowania metod wielokryterialnych. W pracy przedstawiono metodologię z zakresu wielokryterialnej analizy decyzyjnej oferującą podejście ewaluacyjne. Do oceny i doboru dostawców wykorzystano metody AHP, TOPSIS, fTOPSIS, COMET, ELECTRE TRI, w które włączono etap uwarunkowanych czasowo agregacji ocen cząstkowych. W pracy wykazano, że proponowane podejście przełożyło się na bardziej dokładny i miarodajny monitoring dostawców.

Odnosząc się do celu pracy, należy podkreślić, że w pkt 3.2 rozprawy przedstawiona została autorska procedura na potrzeby ewaluacji dostawców opartej na aparacie

wielokryterialnej analizy decyzyjnej, w szczególności wykorzystując zidentyfikowany zbiór wybranych metod. Procedura pozwala jednocześnie gromadzić oceny w czasie t oraz śledzić historię procesu dostaw. W związku z tym, zdaniem autora, należy przyjąć, że cel ten został zrealizowany. Osiągnięcie celu potwierdza również weryfikacja praktyczna procedury w postaci zbioru autorskich modeli zawartych w rozdziale 4.

Weryfikując hipotezę rozprawy należy podkreślić, że dokładność oceny jest zależna w głównej mierze od wiedzy ekspertów dokonujących oceny preferencji kryteriów. W pracy wykazano, że zastosowanie wybranych metod wielokryterialnych wraz z funkcją uwarunkowanej czasowo strategii agregacji w autorskiej procedurze ewaluacji dostawców, pozwoliło na pełniejszą i bardziej precyzyjną ocenę dostawców. Wykorzystanie wielokryterialnych metod wspomagania decyzji wraz z funkcją agregacji ocen w czasie t pozwoliło w tym przypadku na porównanie ocen przeprowadzonych tylko w jednym okresie i na redukcję błędów w ocenie popełnianych przez skupianie się ekspertów na jednym z wybranych okresów. Dodatkowo, poprzez połączenie z bazą danych systemu ERP, uzyskano możliwość pozyskiwania danych dla automatyzacji ewaluacji dostawców. Dodatkowo wykazano, że proponowane podejście stwarza możliwości wykonywania ewaluacji dostawców w dowolnym okresie dostaw. Rozwiązanie to cechuje się płynnością wykonania oceny dostawców. W razie zmiany preferencji przez ekspertów jest w stanie automatycznie uzyskać nowe wyniki ewaluacji. Regularne przeprowadzanie oceny dostawców przekłada się na bardziej dokładny i miarodajny monitoring dostawców jak również zidentyfikować, które okresy wpłynęły na zajmowaną pozycję danego kontrahenta.

Dalsza rozbudowa opracowanej systemowej procedury monitorowania i oceny dostawców z zastosowaniem metod wielokryterialnych umożliwi dokonanie ocen dostawców w innych branżach produkcyjnych.

WYKAZ PUBLIKACJI

- [1] Ladorucki G. (2015). Algorytm automatycznego rankingowania wariantów przy zmieniającej się liczbie kryteriów, wariantów i oceniających ekspertów. *Studies & Proceedings Of Polish Association For Knowledge Management* 75, s. 28–38.
- [2] Ladorucki G. (2018). Ewaluacja dostawców w procesie logistycznym przedsiębiorstwa metodą fTOPSIS. *Studies & Proceedings Of Polish Association For Knowledge Management* (w druku).

- [3] Ladorucki G. (2013). Problem wiązek kablowych. Szczecin: Katedra Mikroekonomii Uniwersytetu Szczecińskiego.
- [4] Ladorucki G., Wątróbski J., Sałabun W. (2017). The Temporal Supplier Evaluation Model Based on Multicriteria Decision Analysis Methods (s. 432–442). 9th Asian Conference: Intelligent Information and Database Systems. Kanazawa, Japan.

BIBLIOGRAFIA (WYBRANE POZYCJE)

- [1] Asthana N., Gupta M. (2015). Supplier selection using artificial neural network and genetic algorithm. *International Journal Indian Culture and Business Management*, 11(4), s. 457–472.
- [2] Chan F.T.S., Kumar N. (2007). Global supplier development considering risk factors using fuzzy extended AHP-based approach. *Omega* 35, s. 417–431.
- [3] Chen Ch.T., Lin Ch.T., Huang S.F. (2006). A fuzzy approach for supplier evaluation and selection in supply chain management. *International Production Economics* 102, s. 289–301.
- [4] Chen Y., Li W.K., He S. (2010). Dynamic Multiple Criteria Decision Analysis with Application in Emergency Management Assessment. *IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics*, s. 3513–3517.
- [5] Chen Y.-J. (2011). Structured methodology for supplier selection and evaluation in a supply chain. *Information Sciences* 181, s. 1651–1670.
- [6] Dargi A., Anjomshoae A., Galankashi M.R., Memari A., Binti M. Md. Tap (2014). Supplier Selection: A Fuzzy-ANP Approach. *Procedia Computer Science* 31, s. 691–700.
- [7] de Boer L., van der Weng L., Telgen J. (1998). Outranking methods in support of supplier selection. *European Journal of Purchasing & Supply Management* 4, s. 109–118.
- [8] Dehghani M., Esmaeilian M., Tavakkoli-Moghaddam R. (2013). Employing Fuzzy ANP for Green Supplier Selection and Order Allocations: A Case Study. *International Journal of Economy, Management and Social Sciences* 2(8), s. 565–575.
- [9] Gencer C., Gurpinar D. (2007). Analytic network process in supplier selection: A case study in an electronic firm. *Applied Mathematical Modelling* 31(11), s. 2475–2486.
- [10] Guitouni A., Martel J.M. (1998). Tentative guidelines to help choosing an appropriate MCDA method. *European Journal of Operational Research* 109, 501–521.

- [11] Khodaverdi R., Olfat L. (2011). *A fuzzy MCDM approach for supplier selection and evaluation: A case study in an automobile manufacturing company*. International Conference on Industrial Engineering and Systems Management IESM, May 25–27, Metz- France.
- [12] Kumar Pani A., Kumar Kar A. (2011). *A Study to Compare Relative Importance of Criteria for Supplier Evaluation in e-Procurement*. 44th Hawaii International Conference on Systems Science (HICSS-44 2011) (s. 4–7). Koloa, Kauai, HI, USA.
- [13] Lung Ng W. (2008). An efficient and simple model for multiple criteria supplier selection problem. *European Journal of Operational Research* 186, s. 1059–1067.
- [14] Malmir R., Hamzehi E., Farsijani H. (2013). A Multi Stage Decision Making Model to Evaluate Suppliers by Using MOLP and ANP in a Strategic Approach. *International Journal of Application or Innovation in Engineering & Management* 2(3), s. 563–577.
- [15] Meade L., Sarkis J. (1998). Strategic analysis of logistics and supply chain management systems using the analytical network process. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review* 34(3), s. 201–215.
- [16] Palanisamy P., Abdul Zubar H. (2013). Hybrid MCDM approach for vendor ranking. *Journal of Manufacturing Technology Management* 24(6), s. 905–928.
- [17] Roshandel J., Miri-Nargesi S.S., Hatami-Shirkouhi L. (2013). Evaluating and selecting the supplier in detergent production industry using hierarchical fuzzy TOPSIS. *Applied Mathematical Modelling* 37, s. 10170–10181.
- [18] Roy, B., Bouyssou D. (1991). *Aide à la décision fondée sur une PAMC de type ELECTRE*. Université Paris-Dauphine. Document du LAMSADE, 69.
- [19] Roy B., Bouyssou D. (1993). *Aide multicritère à la décision : Méthodes et cas*. Paris, Economica.
- [20] Roy, B., Vanderpooten, D. (1996). The European school of MCDA: emergence, basic features and current works. *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis* 5, s. 22–38.
- [21] Vinodh S., Ramiya R. A., Gautham S.G. (2011). Application of fuzzy analytic network process for supplier selection in a manufacturing organization. *Expert Systems with Applications* 38, s. 272–280.
- [22] Yu C., Wong T.N. (2015). An agent-based negotiation model for supplier selection of multiple products with synergy effect. *Expert Systems with Applications* 42, s. 223–237.

- [23] Zou Z., Tseng T.-L., Sohn H., Song G., Gutierrez R. (2011). A rough set based approach to distributor selection in supply chain management, *Expert Systems with Applications* 38, s. 106–115.