

ŁAPUŃKA Iwona¹
PISZ Iwona²

Wybór operatora logistycznego 3PL z zastosowaniem metody oceny zobiektywizowanej wspomagananej komputerowo

WSTĘP

Utrzymujący się wzrost gospodarczy na świecie wiąże się z ciągłym zwiększaniem zdolności rozwiniętych krajów do produkcji dóbr i usług, zaspokajających potrzeby konsumentów. Inwestycje, postęp techniczny i doskonalenie umiejętności ludzkich, jako główne czynniki wzrostu gospodarczego, prowadzą do rozwoju wszelkich form biznesu. Tymczasem era „społeczeństwa informacyjnego”, rozwój technologii IT i uwolnienie rynków zbytu dały początek globalizacji. Globalizacja działalności gospodarczej jako najistotniejsza determinanta radykalnych zmian w sposobach i modelach funkcjonowania współczesnych przedsiębiorstw, została uznana przez wielu badaczy [12] za siłę napędową outsourcingu.

Outsourcing i tworzenie partnerskich relacji w łańcuchach dostaw stały się podstawowymi sposobami budowania przewagi konkurencyjnej. Podejmowanie długookresowej współpracy partnerskiej, z wielu różnorodnych powodów przyczynia się do wzrostu wartości firmy, redukcji kosztów, zamierzonej transformacji przedsiębiorstwa, przewyciężenia wewnętrznych braków, redukcji zapasów, przyspieszenia rotacji, poprawy płynności i wielu innych korzyści (zarówno materialnych jak i niematerialnych) [6], [11]. W obszarze usług logistycznych outsourcing doprowadził do powstania na rynku przedsiębiorstw określanych mianem 3PL (*Third Party Logistics Service Providers*). 3PL jako wyspecjalizowany operator logistyczny, świadczy kompleksowe usługi, w skład których mogą wchodzić spedycja, transport i magazynowanie oraz szeroka gama usług tzw. *value-added-services*, czyli podnoszących wartość produktów. Rozszerzanie działalności na rynki wschodzące prowadzi do wzrostu zapotrzebowania na usługi logistyczne oraz do zwiększonego zainteresowania usługami typu 3PL. Rynek partnerów logistycznych ulega stałym przekształceniom i dynamicznemu rozwojowi. Kolejnym etapem ewolucji usług outsourcingu w zakresie logistyki jest przejście od 3PL do 4PL (*Fourth Party Logistics*) [8], czyli do integratora łańcuchów dostaw, obejmującego planowanie, koordynację i kontrolę sieci dostaw.

Wybór odpowiedniego dostawcy usług logistycznych jest stale aktualnym, złożonym problemem wielokryterialnym, obejmującym kryteria ilościowe oraz jakościowe, który ma kluczowe znaczenie dla zwiększenia konkurencyjności przedsiębiorstw [5], [14]. Proces oceny i podejmowania decyzji zawsze oparty jest na kreowaniu pewnego modelu. Model matematyczny oceny wielokryterialnej ma na celu przedstawienie wariantów, ograniczeń, kryteriów i zależności między nimi, za pomocą którego można w sposób przybliżony opisać jakiś aspekt rzeczywistości.

Powszechnie istnieje przekonanie, że zwiększenie ilości danych jest ekwiwalentne do zwiększenia wiedzy o rzeczywistości. Jednak wiedza zawsze jest modelem pozwalającym związać i wytłumaczyć fakty otaczającej rzeczywistości tylko w ramach określonych koncepcji. Rozwój cybernetyki w końcu lat pięćdziesiątych wykazał istnienie całego szeregu problemów w modelowaniu matematycznym, które doprowadziły twórcę logiki rozmytej L. Zadeha do sformułowania stwierdzenia zwanego zasadą niespójności [29]: „w miarę wzrostu złożoności systemu, nasza zdolność do formułowania istotnych stwierdzeń, dotyczących jego zachowania maleje, osiągając w końcu próg, poza którym precyzja i istotność stają się cechami wzajemnie prawie się wykluczającymi”.

Praktyka współczesnych przedsiębiorstw udowodniła, że wybór właściwego operatora logistycznego w łańcuchu dostaw jest zadaniem skomplikowanym właśnie poprzez nadmierną

¹ Politechnika Opolska, Wydział Inżynierii Produkcji i Logistyki, 45-370 Opole, ul. Ozimska 75. Tel. +48 77 449-88-50, i.lapunka@po.opole.pl

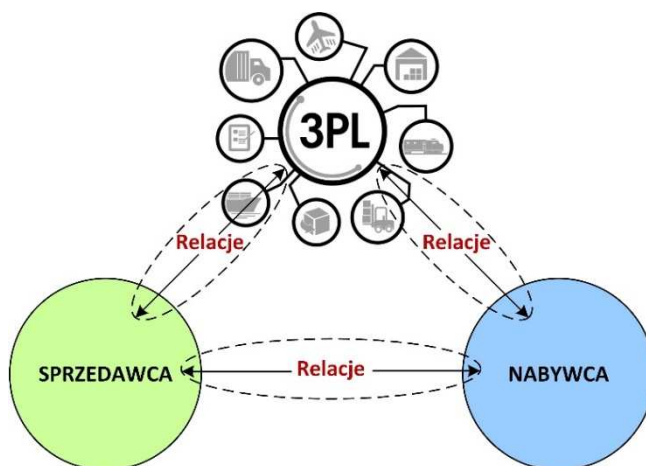
² Uniwersytet Opolski, Wydział Ekonomiczny, 45-058 Opole, ul. Ozimska 46a. Tel. +48 77 401-68-98, Fax: +48 77 401-68-98, iwonapisz@op.pl

„złożoność systemu”. Podczas takiego wyboru zachodzi potrzeba porównania alternatyw względem siebie nawzajem. W związku z tym pojawia się problem: w jaki sposób dokonać prawidłowego wyboru w sytuacji, kiedy liczba kryteriów, jakie mamy do rozpatrzenia, jest na tyle duża, że nie jest możliwe w sposób jednoznaczny oszacować, który z wariantów jest lepszy.

1. ROLA OPERATORÓW LOGISTYCZNYCH W ŁAŃCUCHACH DOSTAW

Rola operatorów logistycznych 3PL (*Third Party Logistics*) systematycznie wzrasta we współczesnej gospodarce. Jako dostawcy profesjonalnych usług logistycznych, mających odpowiednie umiejętności, zasoby rzeczowe, siłę roboczą i wyposażenie techniczne, zyskały one akceptację odbiorców i stały się integralną częścią ich łańcuchów dostaw.

Operator logistyczny 3PL to wyodrębniony instytucjonalnie podmiot realizujący kompleksową obsługę dóbr rzeczowych. To integralne ogniwo współczesnych łańcuchów dostaw, jak również w szerszej perspektywie sieci logistycznych (por. rysunek 1). Jego rola nie polega jedynie na zagwarantowaniu organizacji i realizacji przepływu dóbr, ale również na odpowiednim harmonizowaniu zadań logistycznych, tak by obsługa realizowała kryteria wyznaczone przez zasadę 7W, która nakazuje, aby: (1) właściwe dobro, (2) trafiło we właściwe miejsce, (3) do właściwego odbiorcy (4) we właściwym czasie, (5) we właściwej ilości, (6) we właściwym stanie (jakości), (7) po właściwym koszcie [9].



Rys. 1. Powiązania pomiędzy operatorem 3PL a ogniwami łańcucha dostaw [1]

Łańcuch dostaw we współczesnej gospodarce obejmuje zazwyczaj wieloetapowe procesy logistyczne łączące szereg czynności i operacji z zakresu spedycji, transportu i magazynowania na poziomie wykonawczym i zarządczym. Spośród nich można wyróżnić następujące działania logistyczne [7]: przemieszczanie i transport dóbr, zarządzanie zapasami i składowanie, pakowanie, manipulacje materiałami, kontrola zapasów, realizacja zamówień, prognozowanie popytu, planowanie produkcji, zakupy, obsługa klienta, obsługa zwrotów towaru, dostarczanie części zamiennych i obsługa posprzedażna, gospodarka odpadami. Część tych działań może być wykonana przez przedsiębiorstwa logistyczne, które mają do dyspozycji odpowiednie pojazdy, pomieszczenia, sprzęt, oprogramowanie i niezbędną w tym zakresie wiedzę know-how.

W ramach tzw. logistyki kontraktowej 3PL możemy wyróżnić trzy grupy przedsiębiorstw [2]:

- oparte na środkach trwałych – firmy świadczące usługi logistyczne z użyciem własnych lub dzierżawionych pojazdów, urządzeń i obiektów takich jak: samochody, samoloty, magazyny, sortownie, itd.,
- sieciowe, które rozpoczęły swoją działalność jako firmy kurierskie, obecnie posiadają rozległe sieci przewozowo-przeładunkowe i komunikacyjne, przez które realizują usługi logistyczne,
- oparte na umiejętnościach – firmy takie nie posiadają odpowiedniej bazy technicznej do świadczenia usług logistycznych. Skupiają się na usługach konsultacyjnych, obsłudze informatycznej, finansowej i umiejętnościach menedżerskich.

Poza tym na rynku istnieją podmioty o zróżnicowanej, wielorodzajowej działalności, w tym przedsiębiorstwa zajmujące się zarządzaniem całymi łańcuchami dostaw (tzw. operatorzy 4PL *Fourth Party Logistics*, określane również mianem integratorów łańcuchów dostaw – pełnią funkcje planistyczne, koordynacyjne i kontrolne w sieci dostaw).

Przedstawiciele międzynarodowej firmy logistycznej Hoyer uważają, że następnym etapem ewolucji operatora logistycznego po 4PL będzie 5PL [18]. Działalność 5PL na rynku usług logistycznych ma obejmować te same zagadnienia co operatorów 4PL. Różnica będzie jednak polegać na wirtualnym charakterze organizacji oraz zaawansowanych technologiach informatycznych wiążących systemy partnerów w łańcuchu dostaw poprzez tzw. interfejs e-business.

Logistyczna obsługa klienta rozumiana jest potocznie jako zapewnienie użyteczności miejsca i czasu w procesie przemieszczania towarów pomiędzy sprzedającym a kupującym. Zasadniczo należy jednak rozpatrywać ją w trzech wymiarach [2], [17]:

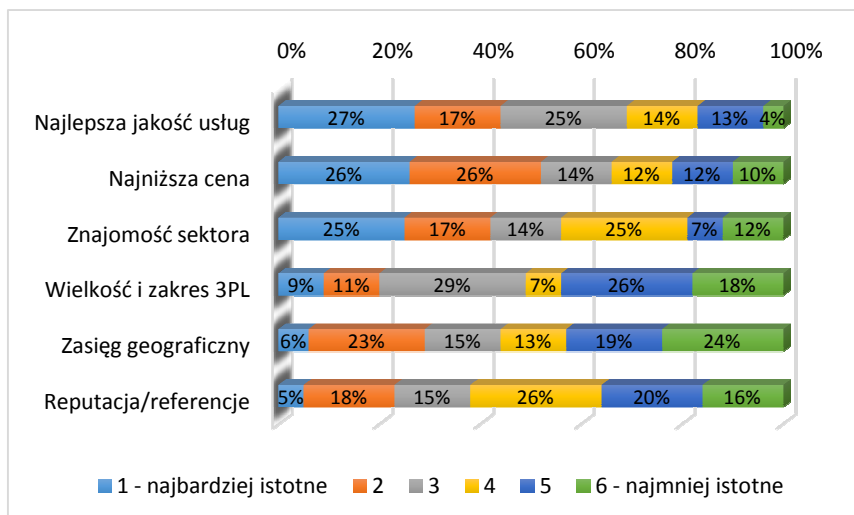
- działania związane z wykonaniem cyklu zamawiania, np. przygotowanie się firmy do obsługi, przyjmowanie i potwierdzanie zamówień, utrzymywanie relacji z klientem, wewnętrzne opracowanie zamówienia, zarządzanie zapasami, kompletacja i wydanie zamówionego produktu, wysyłka i przewóz towarów, przekazanie produktu odbiorcy, fakturowanie i obsługa płatności, instalacja niektórych produktów, np. maszyn, i szkolenia w zakresie ich obsługi, serwis gwarancyjny i pogwarancyjny, przyjmowanie ewentualnych reklamacji czy zwrotów, przyjęcie i utylizacja opakowań,
- zapewnienie przez dostawcę określonej jakości (standardów) obsługi albo dotrzymanie poziomu wykonania podstawowych jej elementów, np. określonego czasu dostawy, kompletności przekazywanych dóbr, terminowości dostawy czy też dostępności produktów z zapasu,
- traktowanie logistycznej obsługi klienta jako filozofii zarządzania i misji firmy. Wiąże się to z podporządkowaniem całej działalności przedsiębiorstwa potrzebom klientów i metodom zaspokajania tych potrzeb. Taki wyszukany i specjalny sposób traktowania klienta i jego zamówień ma na celu osiągnięcie i utrzymanie odpowiednio wysokiej pozycji firmy na rynku.

Poziom obsługi klienta zależy od wzajemnego oddziaływania wszystkich czynników, które wpływają na dostępność towarów i usług dla nabywcy. Na poziom obsługi składają się elementy, które przyczyniły się do wyodrębnienia ogólnych kryteriów wyboru operatora 3PL na rynku usług logistycznych (por. rysunek 2), a które można zgrupować w trzech fazach jego realizacji [2]:

- elementy przedtransakcyjne, np. wygoda w kontaktowaniu się klienta z firmą (komunikacja pomiędzy sprzedającym, a kupującym umożliwiająca kontrolowanie realizacji zamówienia oraz informowanie o zmianach i zakłóceniach), struktura organizacyjna, docelowe terminy dostawy, czas odpowiedzi na zapytania ofertowe, elastyczność dostawcy w dostosowaniu się do indywidualnych potrzeb klienta, np. rodzaj środka transportu, opakowanie, częstotliwość dostaw, terminy przyjmowania zamówień i realizacji dostaw, etc.
- elementy transakcyjne, np. czas realizacji zamówienia, dostępność zapasów, wskaźnik realizacji zamówień, terminowość dostaw, produkty zastępcze, niezawodność,
- elementy potransakcyjne, np. naprawy i gwarancje, reklamacje, zwroty, dostępność części zamiennych.

Działalność operatora logistycznego – jako integralnego ogniwa współczesnych łańcuchów dostaw – wykracza poza usługi organizacyjne i administracyjne związane z ładunkiem, poza fizyczny transport czy magazynowanie, wkraczając na wyższy poziom – poziom zarządzania zaopatrzeniem i dystrybucją.

Rozwój współczesnej gospodarki w kierunku dywersyfikacji usług jest wynikiem wyszczuplania przedsiębiorstw produkcyjnych oraz sieci handlowych, które wyzbywają się części zadań logistycznych, niezwiązanych z ich działalnością podstawową (outsourcing usług transportowo-logistycznych). Jednocześnie usługobiorcy oczekują określonego standardu obsługi, zgodnie z przeświadczeniem, że przedsiębiorstwo specjalizujące się w wąskiej działalności, zadania te wykona lepiej i taniej. Presja na podwyższanie standardów usługi wzmacniana jest również faktem, że w branży TSL (transport-spedycja-logistyka) dominującą rolę odgrywa rynek konsumenta [30].



Rys. 2. Ogólne kryteria wyboru operatora logistycznego 3PL [10]

2. PRZEGLĄD BADAŃ W ZAKRESIE METOD WYBORU DOSTAWCY USŁUG LOGISTYCZNYCH

Podczas wyboru odpowiedniego dostawcy usług logistycznych, menedżerowie logistyki zazwyczaj nie mają pewności, czy ich wybór będzie w pełni zaspokajając potrzeby organizacji [3], [24]. Tego typu decyzje podejmowane są w warunkach niepewności i ryzyka. Każda decyzja jest związana z przewidywaniem określonego stanu w przyszłości. Niestety, nigdy nie można w sposób absolutnie pewny ustalić, jak w przyszłości ukształtują się poszczególne czynniki stanowiące podstawę bieżącej decyzji. Ryzyko w tym rozumieniu polega na tym, że dzisiejsza decyzja może nie przynieść w przyszłości oczekiwanych efektów.

Zmniejszanie skali ryzyka i niepewności w niemal każdej działalności rozwojowej przedsiębiorstw stało się możliwe dzięki ewolucji przystosowań organizacyjnych, które można określić mianem systemu poszukiwania oceny i selekcji wielowariantowych rozwiązań. Składa się on z następujących elementów: (1) kryteria i cele działalności, (2) zbiór wariantów realizacji celów, (3) istniejące warunki i ograniczenia, (4) metody oceny i selekcji. Taki system umożliwia wzrost efektywności realizowanych procesów, dając przesłanki do racjonalizacji w podejmowaniu decyzji, poprzez dążenie do wyboru kryterialnego, rozumianego jako świadomy wybór poprzedzony analizą wariantów przyszłego działania dokonaną z punktów widzenia, do których się dąży.

Analiza badań dotyczących wyboru operatora logistycznego 3PL udowadnia, iż na przestrzeni kilkunastu ostatnich lat badacze proponowali i rozwijali różnorakie podejścia do wyboru kryterialnego w zakresie zdefiniowanego problemu.

Verma i Pulman [25] zbadali różnicę pomiędzy ocenami menedżerów w postrzeganiu ważności poszczególnych cech dostawców a ich rzeczywistym wyborem w warunkach eksperymentalnych. Wykorzystali dwie metody – skalę Likerta (zestaw pytań, które pozwalają ocenić poziom akceptacji danego poglądu) i DCA (*Discrete Choice Analysis*) – współczesną dekompozycyjną metodę *conjoint*, używaną do określenia ważności oraz wyznaczenia norm dla poszczególnych kryteriów jakościowych.

Ghodsypour i O'Brien [13] zaproponowali integrację AHP (*Analytic Hierarchy Process*) i programowania liniowego do analizy czynników materialnych oraz niematerialnych, celem wyboru najlepszych dostawców i wprowadzając optymalną wielkość zamówienia wśród nich, tak że całkowita wartość zakupów staje się maksymalna. AHP wykorzystuje matematyczny aparat teorii zbiorów rozmytych do przetwarzania intuicyjnych, racjonalnych, a także niekiedy irracjonalnych czynników oraz osobistych preferencji danej osoby lub grupy osób w procesie podejmowania decyzji. Siła AHP leży w jego zdolności do strukturyzacji hierarchicznej złożonych, wieloosobowych i

wieloatrybutowych problemów oraz analizy każdego poziomu hierarchii oddzielnie, agregując w końcowym etapie uzyskane wyniki.

Bevilacqua i Petroni [3] opracowali system wyboru dostawców z wykorzystaniem logiki rozmytej (*fuzzy logic*). Logika rozmyta została wprowadzona do nauki przez Zadeha w jego pionierskiej pracy „*Fuzzy Sets*” [28] i może być w uproszczeniu zdefiniowana jako „forma logiki matematycznej, w której prawda może przyjąć kontinuum wartości pomiędzy 0 i 1”. Teoria zbiorów rozmytych stała się ważną techniką modelowania i rozwiązywania problemów, ze względu na możliwość ich modelowania w ujęciu ilościowym i jakościowym, odznaczających się znacznym brakiem precyzji opisu i nieokreślonością [15]. Technika ta z powodzeniem stosowana jest w wielu różnych dyscyplinach, takich jak systemy kontroli, podejmowanie decyzji, rozpoznawanie obrazów, modelowanie systemowe, etc. – zarówno na polu badań naukowych, jak i zastosowań przemysłowych oraz wojskowych.

Kahraman i zespół [16] stosują rozmyty model AHP (*Fuzzy AHP*), aby wybrać najlepszego dostawcę (zapewnienie największej satysfakcji) dla tureckiego producenta sprzętu AGD do gospodarstw domowych. Z kolei Xia i Wu w 2007 roku [27] zaproponowali zintegrowane podejście AHP (udoskonalone przez teorię zbiorów przybliżonych i wielokryterialność połączoną z programowaniem całkowitoliczbowym) do jednoczesnego określenia liczby niezbędnych dostawców i wielkości zamówień im przypisanych w odniesieniu do wielokrotnego zaopatrzenia w wiele produktów i według różnych kryteriów, a także indywidualnych ograniczeń zdolności dostawcy.

Kabir [14] w swojej pracy prezentuje system wspomagania decyzji przy wyborze dostawcy usług logistycznych w oparciu o model FAHP (*Fuzzy AHP*) i metodę TOPSIS (*Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution*) – jedna z przydatnych technik rozwiązywania wielokryterialnych problemów decyzyjnych MADM (*Multi Attribute. Decision Making*), bardzo prostych i łatwych w użyciu, stosowanych w przypadku preferencji prostszych podejść wagowych. Z kolei, podejście AHP stanowi systematyczną procedurę opartą na hierarchicznym przedstawieniu elementów problemu decyzyjnego, które określają jego istotę. Niemniej jednak użytkownik potrzebuje bardziej szczegółowej wiedzy na temat kryteriów zdefiniowanych w hierarchicznej strukturze decyzji, celem dokonania świadomego wyboru [20].

Oprócz wielokryterialności, problemem oceny alternatywnych dostawców usług logistycznych jest zazwyczaj również wielopoziomowość (niektóre z parametrów mogą być otrzymane w wyniku agregacji parametrów podrzędnych). Jak widać na przykładzie powyżej przedstawionych badań dla rozwiązywania tego rodzaju problemów prawie standardowym stało się podejście Saaty’ego (AHP). Popularność tego rozwiązania spowodowana jest nie tylko jego skutecznością w rozpatrywaniu problemów na różnych poziomach, w tym i problemów ogólnogospodarczych, ale także jej przejrzystością i możliwością szerokich zastosowań. Metoda ta posiada jednak wyraźne niedoskonałości matematyczne pewnych jej aspektów [26].

Na podstawie analizy badań w zakresie zastosowania metod podejmowania decyzji można powiedzieć, że problem opracowania skutecznej metody wieloatrybutowej i hierarchicznej oceny wariantów jest dzisiaj nadal aktualny. W celu rozwiązania tego problemu R. Knosala [4] w latach 90. XX wieku zaproponował połączenie podejścia Saaty’ego z mechanizmem teorii zbiorów rozmytych. Przy pomocy liczb rozmytych dokonuje się przekształcenia wskaźników kryterialnych do postaci rozmytych ocen cząstkowych wariantów wyboru za pomocą funkcji transformujących. W literaturze [19], [21], [22] opisane zostały przypadki zastosowania metody oceny zobiektywizowanej wspomaganiej komputerowo do wyboru wariantów projektowych cylindra hydraulicznego, wrzeczona przedziałniczego, planu realizacji projektu oraz wariantów konstrukcyjnych połączenia tłoka z tłoczyskiem w cylindrach hydraulicznych.

Natomiast zastosowanie tej metody do oceny operatora logistycznego 3PL zostanie przedstawione w dalszej części opracowania.

3. METODA OCENY ZOBIEKTYWIZOWANEJ WSPOMAGANA KOMPUTEROWO

Istniejące klasyczne metody oceny i wyboru bazują głównie na intuicji oceniającego, nie mają więc dostatecznie rozwiniętego aparatu formalnego i na ogół nie wymagają komputerowego wspomaganie [19]. Powszechnie przyjęty podział kryteriów ze względu na charakter występujących danych informacyjnych, tożsamy jest z klasyfikacją kryteriów we współcześnie znanych metodach oceny.

Wyróżnia się kryteria:

ilościowe, ujęte obiektywnymi danymi liczbowymi, wynikającymi z procesu obliczeniowego, pomiarowego, ewentualnie szacunkowego, liczby te mogą być bezwymiarowe, np.: liczba sztuk, wskaźnik terminowości dostaw, wskaźnik realizacji zamówień, częstotliwość dostaw lub też mają różne wymiary, jak np.: cena usługi, dopuszczalna ładowność pojazdów, jakościowe, wyrażone werbalnie, jak np.: krótkie, długie lub bardzo ważne, ważne, mniej ważne.

Stosunkowo nowym jakościowo ujęciem tego problemu jest uwzględnienie różnego charakteru informacji w systemie wartościującym. Zasadniczy podział kryteriów w proponowanej metodzie oceny zobiektywizowanej wspomaganie komputerowo jest następujący:

- deterministyczne, mające charakter sprecyzowany, ostry (np.: liczba sztuk, cena, ładowność),
- probabilistyczne, wyrażone w języku probabilistyki (np.: funkcje niezawodności),
- rozmyte, mające charakter subiektywny (np.: jakość obsługi, elastyczność dostaw).

Kryteria deterministyczne są kryteriami ilościowymi, podobnie kryteria probabilistyczne, które również ujmowane są w kategorii kryteriów ilościowych, za wyjątkiem wykorzystania prawdopodobieństwa subiektywnego, występującego często w procesach innowacyjnych, kiedy to mamy do czynienia już raczej z kryteriami jakościowymi. Kryteria rozmyte są kryteriami jakościowymi, nie są jednak wyrażone werbalnie, a za pomocą formalizmu zbiorów rozmytych [4].

Zastosowanie powyższego podziału nie prowadzi do utraty informacji w procesie oceny, jak to ma miejsce w przypadku metod klasycznych. Należy jednak zwrócić uwagę na fakt, iż w działaniach praktycznych często dane informacyjne, które powinno się ujmować deterministycznie lub probabilistycznie są określane również w sposób subiektywny (np. kryterium niezawodności jako mierzalne przeważnie jest wyrażane w sposób rozmyty), gdyż albo czas niezbędny do ich określenia albo też koszt tej operacji nie pozwala na to w danej sytuacji. Tak więc obok danych informacyjnych, mających z natury charakter rozmyty, występują dane, które z określonych powodów również są ujmowane w sposób rozmyty (także i w tym przypadku nie prowadzi to do utraty informacji co do nieprecyzyjności, niejednoznaczności oceny).

Ogólną postać problemu w metodzie oceny zobiektywizowanej można zapisać następująco [19]. Dany jest zbiór wariantów V_i , $i=\overline{1, n}$ ocenianych w świetle zdefiniowanych kryteriów K_j , $j=\overline{1, m}$ o różnym stopniu ważności. Oceny dokonuje zespół ekspertów E_k , $k=\overline{1, K}$. Jego skład uzależniany jest od rodzaju produktu lub procesu organizacyjnego względnie technologicznego, który ma być poddany ocenie. Każdy zespół z założenia ma eksperta wiodącego, który uwzględniając obszary wiedzy i niezbędne kwalifikacje osobowe dobiera poszczególnych ekspertów i buduje zespół.

Po ustaleniu zespołu oceniającego, eksperci przeprowadzają ocenę wariantów w świetle poszczególnych kryteriów. Oceny częściowe wariantów B_{ij} (i -tego wariantu w świetle j -tego kryterium) są dane, w zależności od charakteru kryterium, w postaci rozmytej, deterministycznej i probabilistycznej. Oznaczono je odpowiednio przez B_{ij}^r , B_{ij}^d oraz B_{ij}^p przy czym indeks j należy do zbioru J_r , J_d lub J_p , gdzie J_r , J_d , J_p określają odpowiednio zbiory indeksów kryteriów o charakterze rozmytym, deterministycznym i probabilistycznym.

W kolejnym etapie procesu oceny eksperci określają wagi kryteriów W_j i z założenia mają one charakter rozmyty. Oceny częściowe względem poszczególnych kryteriów oraz wagi tych kryteriów są następnie agregowane. Aby otrzymać ocenę całkowitą rozmytą wariantu Z_i , poddaje się agregacji oceny częściowe wariantów B_{ij} oraz współczynniki wagowe kryteriów W_j :

$$Z_i = F(B_{i1}, B_{i2}, \dots, B_{im}, W_1, W_2, \dots, W_m), \quad i=\overline{1, n}, \quad j=\overline{1, m} \quad (1)$$

gdzie:

Z_i – zbiór rozmyty określony w przedziale $\langle 0, 1 \rangle$,

F – funkcja agregująca, w szczególnym przypadku liniowa,

n – liczba ocenianych wariantów,

m – liczba kryteriów przyjętych dla oceny poszczególnych wariantów.

W wyniku przetwarzania ocen rozmytych uzyskuje się zbiory rozmyte Z_1, Z_2, \dots, Z_n , opisujące preferencje poszczególnych wariantów. Etap ten jest realizowany całkowicie komputerowo. Proces oceny kończy prezentacja wyników.

Interpretacja otrzymanych w procesie agregacji wyników powiązana jest z analizą wartości funkcji przynależności. Każdy ze zbiorów $Z_i, i=\overline{1, n}$ odwzorowany jest w przedziale $\langle 0, 1 \rangle$, a wartość $Z_i(z)$ określa w jakim stopniu wielkość z jest zgodna z oceną i -tego wariantu traktowanego jako najbardziej preferowany.

Wybór właściwego wariantu dokonywany jest na podstawie uzyskanych ocen końcowych, po dokonaniu analizy wartości funkcji przynależności, wskaźników interakcji zbiorów oraz stopni identyczności ocen, przy uwzględnieniu wskaźnika precyzyjności informacji wejściowej.

Do zalet metody oceny zobiektywizowanej wspomaganiej komputerowo należy zaliczyć [19]:

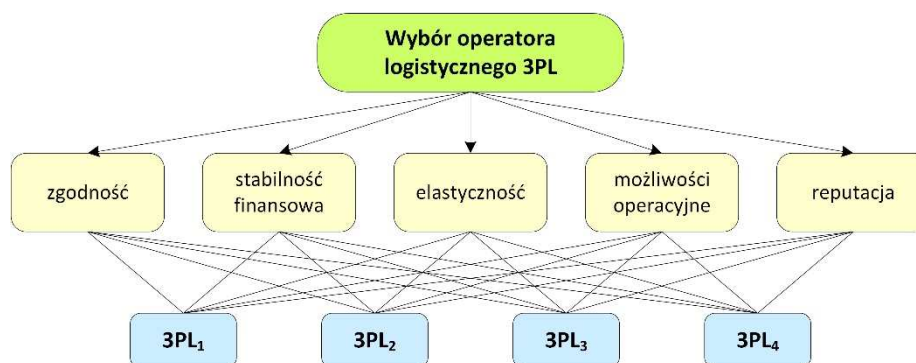
- zmniejszenie niepewności oceny związane ze znacznym zwiększeniem stopnia dokładności ujęcia parametrów i właściwości ocenianych wariantów,
- obiektywizację oceny poprzez znaczną eliminację błędów subiektywnej natury,
- możliwość werbalnego lub ilościowego ujęcia ważności kryteriów,
- możliwość formułowania kryteriów w formie pozytywnej lub negatywnej,
- otrzymanie pełniejszej informacji o strukturze ocen i ich uporządkowaniu,
- eliminację niebezpieczeństwa zbyt pochopnego wykorzystania wyników oceny,
- wskazanie na konieczność dodatkowej analizy wyników oceny.

Dokładny opis proponowanej metody znajduje się w [4], [19].

4. WIELOKRYTERIALNA OCENA DOSTAWCY USŁUG LOGISTYCZNYCH

Wybór operatora logistycznego 3PL z zastosowaniem metody oceny zobiektywizowanej wspomaganiej komputerowo przeprowadzono dla średniej wielkości opolskiego przedsiębiorstwa budowlanego, pełniącego jednocześnie funkcję hurtowni materiałów budowlanych. Obecnie firma częściowo zleca na zewnątrz usługi transportu i magazynowania, niemniej jednak docelowo zakłada się outsourcing wszystkich działań logistycznych. Istotę problemu stanowi wybór odpowiedniego partnera, który przejąłby odpowiedzialność za realizację usług logistycznych. Ofertę współpracy przedstawiły cztery przedsiębiorstwa branży TSL z województw opolskiego i górnośląskiego, które oznaczono jako: $3PL_1, 3PL_2, 3PL_3$ i $3PL_4$.

Doboru kryteriów i ocenę dokonano przy pomocy menedżerów logistyki, pełniących funkcje kierownicze w przedsiębiorstwie. W oparciu o szeroko zakrojone badania literatury, można zidentyfikować wiele różnorodnych kryteriów oceny operatorów świadczących usługi logistyczne dla branży budowlanej, jednak biorąc pod uwagę wymogi decydentów danego przedsiębiorstwa (DMs – *decision-makers*), analizę ograniczono do wybranych pięciu. Są to: (K_1) zgodność, (K_2) stabilność finansowa, (K_3) elastyczność, (K_4) możliwości operacyjne, oraz (K_5) reputacja dostawcy usług 3PL. Hierarchiczną strukturę problemu decyzyjnego przedstawiono na rysunku 3.



Rys. 3. Hierarchiczna reprezentacja problemu wyboru operatora logistycznego 3PL

Ze względu na charakter danych informacyjnych występujących w problemie wyboru operatora usług logistycznych 3PL zdecydowano się na przeprowadzenie oceny przy użyciu jedynie kryteriów jakościowych, wyrażonych za pomocą formalizmu zbiorów rozmytych. Szczegółowy proces określania ocen cząstkowych w świetle kryteriów rozmytych został przedstawiony w pozycji [19].

Oceny wariantów o charakterze rozmytym są modelowane przy pomocy tzw. oceny względnej. Poszczególne warianty są oceniane parami. Im oceniany wariant jest bardziej preferowany od drugiego wariantu w świetle rozważanego kryterium, tym ocena jego jest wyższa. Funkcje te są określone przez trzy wartości charakterystyczne dla trójkątnych liczb rozmytych, tj. wartość dolną oceny α , wartość górną oceny β i tzw. wartość modalną (średnią) oceny ν . W wyniku transformacji uzyskuje się rozmyte oceny cząstkowe wariantów w postaci tzw. wejściowych wskaźników kryterialnych (por. tabela 1).

Tab. 1. Wskaźniki kryterialne dla uzyskanych wariantów wyboru operatora usług logistycznych 3PL

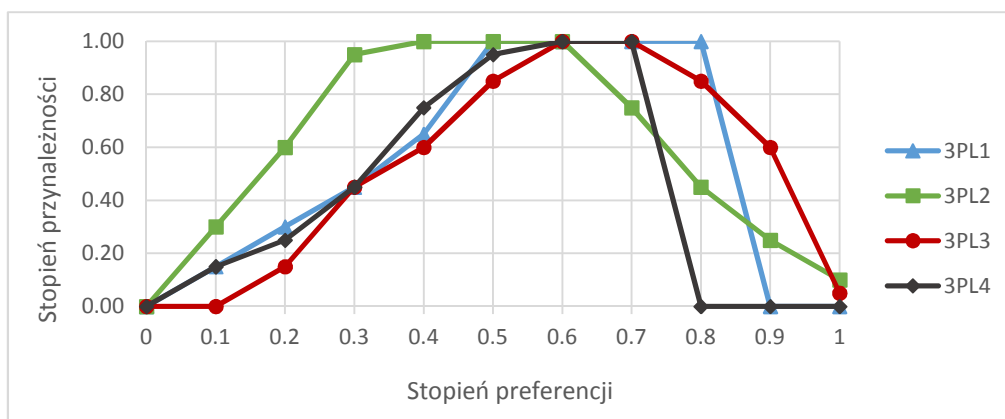
	K_1	K_2	K_3	K_4	K_5
$3PL_1$	0,462	0,409	0,477	0,528	0,426
$3PL_2$	0,528	0,477	0,409	0,462	0,569
$3PL_3$	0,593	0,614	0,484	0,593	0,497
$3PL_4$	0,396	0,477	0,614	0,396	0,484

Ważność kryteriów określana jest w sposób jakościowy za pomocą pojęć lingwistycznych. Taki sposób określania ważności kryteriów wymaga przyjęcia przez wszystkich ekspertów jednego wspólnego kryterium uważanego jako ważne (K_4 – możliwości operacyjne), a także ustalenia wspólnych zbiorów kryteriów uważanych jako bardziej ważne i mniej ważne. Ważności kryteriów w obydwu zbiorach mogą być wyrażone przez ekspertów indywidualnie.

Tab. 2. Oceny końcowe wariantów w problemie wyboru operatora usług logistycznych 3PL

	Ocena	Ocena znormalizowana
$3PL_1$	0,6307	0,9647
$3PL_2$	0,4761	0,7282
$3PL_3$	0,6537	1,0000
$3PL_4$	0,5713	0,8739

W analizowanym przykładzie, najlepszą ocenę końcową uzyskał dostawca usług logistycznych $3PL_3$ (por. tabela 2). W konsekwencji z tym również dostawcą planuje się podpisać umowę w zakresie świadczenia outsourcingu wszystkich działań logistycznych realizowanych przez opolskie przedsiębiorstwo budowlane.



Rys. 4. Oceny operatorów logistycznych 3PL w postaci funkcji przynależności

Otrzymane w wyniku agregacji, zbiory Z_1, Z_2, \dots, Z_n przedstawiono na rysunku 4. Może je cechować nadmierna, niepożądana w aspekcie interpretacji, rozmytość, szczególnie dla wartości funkcji $Z_i(z)$ bliskich zeru. Ograniczenia wpływu tego niepożądanego rozmycia, zaburzającego wyniki analizy funkcji przynależności, można dokonać poprzez przyjęcie odpowiedniego wskaźnika precyzyjności, poniżej którego funkcje te nie będą interpretowane. Oceny końcowe operatorów logistycznych 3PL w przedstawionym przykładzie uzyskano z uwzględnieniem wskaźnika precyzyjności informacji wejściowej ($\psi_o=0,544$).

PODSUMOWANIE

Wybór właściwego operatora logistycznego 3PL nie jest zadaniem prostym. Głównymi źródłami złożoności problemu są m.in. działanie w warunkach niepewności oraz wielokryterialność i wielopoziomowość podejmowanych decyzji.

Przedstawiona w artykule metoda oceny zobiektywizowanej wspomaganą komputerowo, bazująca na wykorzystaniu formalizmu zbiorów rozmytych, zastosowana do oceny dostawców usług logistycznych w warunkach niepewności jest metodą uniwersalną. Umożliwia ona wsparcie dla decydentów w podejmowaniu decyzji z zakresu różnych dziedzin, praktycznie wszędzie tam, gdzie można określić zbiór kryteriów oceny. Ponadto uwzględnia nierównoważność i różnorodność kryteriów, ich hierarchię oraz niepewność ocen ekspertów, przy czym jest efektywna i stosunkowo prosta w implementacji do rzeczywistych problemów decyzyjnych.

Streszczenie

Na całym świecie obserwuje się wzrost znaczenia roli operatorów logistycznych 3PL (Third Party Logistics) w operacyjnej działalności przedsiębiorstw i ich wpływu na osiągnięcie zakładanych celów strategicznych. W coraz bardziej konkurencyjnym środowisku, strategiczne zarządzanie logistyczne wymaga usystematyzowanego i zorganizowanego podejścia, celem zdobycia przewagi konkurencyjnej. Wybór dostawcy usług logistycznych jest złożonym procesem wielokryterialnego podejmowania decyzji, w którym decydenci zmuszeni są do optymalizacji sprzecznych celów, takich jak jakość, koszt i czas dostawy. W niniejszej pracy przedstawiono metodę oceny zobiektywizowanej wspomaganą komputerowo, bazującą na wykorzystaniu teorii zbiorów rozmytych, w której oceny cząstkowe poszczególnych wariantów, jak również wagi istotności każdego kryterium wyrażone są w postaci trójkątnych liczb rozmytych. Metoda ta została zaproponowana do wielokryterialnej oceny i wyboru odpowiedniego dostawcy usług logistycznych.

Third party logistics (3PL) service provider selection using the method of computer-assisted assessment objectified

Abstract

The use of third party logistics (3PL) services providers is increasing globally to accomplish the strategic objectives. In the increasingly competitive environment, logistics strategic management requires systematic and

structured approach to have cutting edge over the rival. Logistics service provider selection is a complex multi-criteria decision making process; in which, decision makers have to deal with the optimization of conflicting objectives such as quality, cost, and delivery time. In this paper, the method of computer-assisted assessment objectified (based on the fuzzy sets theory) has been proposed for evaluating and selecting an appropriate logistics service provider, where the ratings of each alternative and importance weight of each criterion are expressed in triangular fuzzy numbers.

BIBLIOGRAFIA

1. Bask A., Relationships among TPL providers and members of supply chains – a strategic perspective. *Journal of Business & Industrial Marketing*, 16(6), 2001, 470-486.
2. Bendkowski J., Kramarz M., *Logistyka stosowana: metody, techniki, analizy*. Tom 1-2. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2006.
3. Bevilacqua M., Petroni A., From traditional purchasing to supplier management: a fuzzy logic-based approach to supplier selection. *International Journal of Logistics: Research and Applications*, 5(3), 2002, 28-46.
4. Breiing A., Knosala R., *Bewerten technischer Systeme*. Springer Verlag, Berlin 1997.
5. Çakır E., Logistics outsourcing and selection of third party logistic service provider (3PL) via fuzzy AHP. Master Thesis, Bahçeşehir University, Istanbul 2009.
6. Ciesielski M. (red.), *Rynek usług logistycznych*. Difin, Warszawa 2005.
7. Cole J.J., Bardi E.J., Langley C.J. Jr, *Zarządzanie logistyczne*. PWE, Warszawa 2002.
8. Dembińska-Cyran I., 4PL – nowa generacja operatora logistycznego. *Logistyka*, 4, 2004.
9. Dembińska-Cyran I., Jedliński M., Milewska B., *Logistyka*. Szczecin 2001.
10. European 3PL Market Report 2008. <http://events.eyefortransport.com/eu3pl/> (dostęp on-line 18.09.2012).
11. Fechner I., Szyszka G. (red.), *Logistyka w Polsce. Raport 2005*. Biblioteka Logistyka, Poznań 2006.
12. Foster T.A., Muller E.J., Third parties: your passport to profits. *Distribution*, 89(10), 1990, 30-32.
13. Ghodsypour S.H., O'Brien C., A decision support system for supplier selection using an integrated analytic hierarchy process and linear programming. *International Journal of Production Economics*, 56(57), 1998, 199-212.
14. Kabir G., Third party logistic service provider selection using fuzzy AHP and TOPSIS method. *International Journal for Quality Research*, 6(1), 2012, 71-79.
15. Kahraman C., *Fuzzy applications in industrial engineering*. Studies in Fuzziness and Soft Computing, 201, Springer Verlag, NJ USA, 2006.
16. Kahraman C., Cebeci U., Ulukan Z., Multi-criteria supplier selection using fuzzy AHP. *Logistics Information Management*, 16(6), 2003, 382-394.
17. Kempny D., *Logistyczna obsługa klienta*. PWE, Warszawa 2001.
18. Klier T., Rubenstein J., Who really made your car? Restructuring and geographic change in the auto industry. W.E. Upjohn Institute for Employment Research, Kalamazoo, Michigan 2008.
19. Knosala R., Boratyńska-Sala A., Jurczyk-Bunkowska M., Moczala A., *Zarządzanie innowacjami*. PWE, Warszawa 2014.
20. Lee W.B., Lau H., Liu Z., Tam S., A fuzzy analytic hierarchy process approach in modular product design. *Expert Systems*, 18(1), 2001, 32-42.
21. Łapuńska I., The multi-criteria approach to project selection based on the fuzzy sets theory. *Research in Logistics & Production*, 2, 2012, 193-203.
22. Łapuńska I., Knosala R., Replanowanie realizacji projektu techniczno-organizacyjnego w momencie wystąpienia zakłócenia. *Zarządzanie Przedsiębiorstwem*, 1, 2007, 13-28.
23. Pisz I., Applying fuzzy logic and soft logic to logistics projects modelling. [in:] M. Fertsch, K. Grzybowska, A. Stachowiak (eds.), *Modeling of modern logistics enterprises*. Monograph. Publishing House of Poznan University of Technology, Poznań 2009.
24. Pisz I.: Zastosowanie Rozmytego Systemu Wnioskującego do oceny i wyboru dostawców. *Gospodarka Materiałowa i Logistyka*, 12, 2010, 22-26.

25. Verma R., Pulman E.M., An analysis of the supplier selection process. *International Journal of Management Sciences*, 26(6), 1998, 739-750.
26. Weck M., Klocke F., Schell H., Rüenauber E., Evaluating alternative production cycles using the extended fuzzy AHP method. *European Journal of Operational Research*, 100(2), 1997, 351-366.
27. Xia W., Wu Z., Supplier selection with multiple criteria in volume discount environments. *Omega*, 35, 2007, 494-504.
28. Zadeh L.A., Fuzzy sets. *Information and Control*, 8, 1965, 338-353.
29. Zadeh L.A., Outline of a new approach to the analysis of complex systems and decision processes. *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics*, 3(1), 1973, 28-44.
30. Żbikowski C., Żbikowska E., Archutowska J., Atrakcyjność sektora usług transportowo-logistycznych w przewozach towarowych. Zakład Transportu Międzynarodowego i Logistyki, SGH, Warszawa 2000.