

KUBASÁKOVÁ Iveta¹
 POLIAKOVÁ Bibiána²
 KRZYWONOS Leszek³
 NIEOCZYM Aleksander⁴

Wybrane aspekty matematycznego modelowania lokalizacji centrów dystrybucyjnych

WSTĘP

Zgodnie ze słownikową definicją, centrum dystrybucji (DC – distribution centre) to jednostka organizacyjna zajmująca się magazynowaniem towarów będących własnością dostawców oraz ich rozdzielaniem do odbiorców według określonej dyspozycji właściciela towarów [3]. Podejmowanie decyzji o wyborze lokalizacji centrum dystrybucyjnego wymaga przeprowadzenia zaawansowanych kompleksowych analiz ekonomicznych w oparciu o odpowiednie modele matematyczne. Wynikami takich analiz są zainteresowani przede wszystkim potencjalni inwestorzy. Jednak wiedza ta jest również przydatna władzom samorządowym, które w ten sposób mogą prowadzić aktywną politykę rozwoju przedsiębiorczości na swoim terenie. Dobór właściwego modelu do oceny opłacalności danej lokalizacji centrum dystrybucyjnego jest zazwyczaj kwestią indywidualną, zależną od charakteru planowanego przedsięwzięcia. Tworząc model matematycznego rozważanego zagadnienia można zastosować standardowe postępowanie, które obejmuje [5]:

- określenie zewnętrznych i wewnętrznych czynników wpływających na funkcjonowanie przyszłego centrum dystrybucyjnego,
- zgromadzenie informacji pozwalających oszacować koszty przewidywanej działalności oraz strumienie produktów przepływających przez centrum dystrybucyjne,
- analizę sieci dystrybucyjnej i zasad obsługi klientów,
- opracowanie ilościowego modelu matematycznego pozwalającego na wybór najlepszej lokalizacji.

Do podjęcia racjonalnej decyzji niezbędna jest zatem wiedza o przewidywanym funkcjonowaniu przedsięwzięcia. Metody rozwiązywania otrzymanych modeli matematycznych stanowią zagadnienie odrębne.

1. CHARAKTERYSTYKA CZYNNIKÓW ZEWNĘTRZNYCH I WEWNĘTRZNYCH

W zagadnieniach modelowania rozwiązań logistycznych może być uwzględniona dowolna liczba czynników. Różnią się one w zależności od branży przemysłu, typu przedsiębiorstwa, specyfiki rynku itp.. Czynniki te można ogólnie podzielić na zewnętrzne (niezależne od modelującego) oraz wewnętrzne (cechy systemu, które modelujący może kształtować). Do czynników zewnętrznych wymagających uwzględnienia przy budowie matematycznego modelu oceny trafności lokalizacji centrum dystrybucyjnego, należy zaliczyć [5]:

- dostępność określonych rodzajów transportu (drogowego, kolejowego, rzeczno-morskiego, lotniczego) w potencjalnych miejscach lokalizacji,
- dynamikę zmian infrastruktury komunikacyjnej (np. powstawanie nowych połączeń drogowych, kolejowych, lotniczych itp.),

¹ Žilinská Univerzita v Žiline, Fakulta prevádzky a ekonomiky dopravy a spojov, 010-26 Žilina (Slovakia), ul. Univerzitná 8215/1, budova NF, Tel.: 00421 415133051, Fax: 00421 415131527, iveta.kubasakova@uniza.sk

² Žilinská Univerzita v Žiline, Fakulta prevádzky a ekonomiky dopravy a spojov, 010-26 Žilina (Slovakia), ul. Univerzitná 8215/1, budova NF, Tel.: 00421 415133051, Fax: 00421 415131527, bibiana.poliakova@uniza.sk

³ Politechnika Lubelska, Wydział Mechaniczny, Katedra Podstaw Konstrukcji Maszyn; 20-618 Lublin; ul. Nadbystrzycka 36, Tel.: +48 815384200, Fax: +48 815384200, l.krzywonos@pollub.pl

⁴ Politechnika Lubelska, Wydział Mechaniczny, Katedra Podstaw Konstrukcji Maszyn; 20-618 Lublin; ul. Nadbystrzycka 36, Tel.: +48 815384200, Fax: +48 815384200, a.nieoczym@pollub.pl

- stan regulacji prawnych (prawo transportowe, plany zagospodarowania przestrzennego, struktura własności gruntów przeznaczonych pod inwestycje itp.),
- dostępność technologii informacyjnych (EDI, EPOS itp.),
- zmiany technologii transportowych,
- oddziaływanie środowiska (klimat, ukształtowanie terenu, gęstość zaludnienia, działalność firm konkurencyjnych itp.),
- trendy obowiązujące w przemyśle (rozwiązania energooszczędne, recykling, ograniczenia emisji zanieczyszczeń itp.).

Czynniki wewnętrzne mogą mieć charakter jakościowy (opisowe fakty) lub ilościowy (liczbowy). Poprawny opis przedsięwzięcia wymaga uwzględnienia w modelowaniu zarówno informacji jakościowych, jak i ilościowych. W zadaniu wyboru optymalnej lokalizacji centrum dystrybucyjnego niezbędne jest uwzględnienie wielkości stanowiących dane wejściowe do modelowania kosztów działalności, strumieni produktu oraz obsługi klientów.

2. ZBIERANIE DANYCH O KOSZTACH DZIAŁALNOŚCI I STRUMIENIACH PRODUKTÓW

Podstawową trudnością w zebraniu danych na temat kosztów funkcjonowania projektowanego centrum dystrybucyjnego jest brak rzeczywistych danych z jego eksploatacji. Możliwe jest jedynie posiłkowanie się materiałem porównawczym z eksploatacji podobnych przedsięwzięć. W przypadku projektowania rozwiązań całkowicie innowacyjnych należy bardzo umiejętnie przetwarzać informacje otrzymane z analizy porównawczej. Zadanie znacznie się ułatwia, jeśli analizą zainteresowany jest inwestor otwierający kolejne własne centrum dystrybucyjne. Dysponuje on wówczas dostępnym i wiarygodnym materiałem porównawczym. Opracowywany model matematyczny będzie podstawą do testowania różnych opcji. Od dokładności zgromadzonych danych będzie zależała poprawność przeprowadzonych analiz.

Niezależnie od badań porównawczych należy zebrać informacje na temat rzeczywistego zapotrzebowania na usługi planowanego centrum dystrybucyjnego potencjalnych klientów. Są to kluczowe dane zaplanowania sieci logistycznej. Ponadto pozwala określić wymagane poziomy obsługi klientów, gdyż będzie to miało istotny wpływ na typ rozwijanej struktury logistycznej. Struktury logistyczne, w których przeważają rozwiązania o wysokim poziomie usług, różnią się odpowiednio od struktur, w których dominują rozwiązania tańsze.

Przystępując do gromadzenia danych należy w pierwszej kolejności dokonać klasyfikacji danych i stworzyć odpowiednie struktury logiczne (rekordy) do ich przechowywania i przetwarzania. W przypadku danych o funkcjonowaniu centrum dystrybucyjnego należy ustalić jednostki miary, grupy produktów, profile klientów i jednostki czasu, według których aktualizuje się dane [4].

Jednostki miary powinny być reprezentatywne dla całej szacowanej operacji logistycznej. W praktyce mogą pojawić się pewne trudności, wynikające ze stosowania w przedsiębiorstwach różnych miar opisowych, np. liczba palet, liczba kartonów, liczba kontenerów itp. W niektórych gałęziach przemysłu wspólna istnieje standardowa jednostka miary. Przykładowo, w przemyśle piwowarskim uniwersalną miarą jest beczka. Grupy produktów należy tworzyć według podobieństwa ich cech logistycznych: sektora (np. kosmetyki, środki czystości, środki ochrony osobistej), formatu (proszek, płyn, niebezpieczny) rodzaju opakowania (pudełko, butelka). Profil klienta jest wymagany, aby określić różne poziomy oferowanych usług. Najwygodniejszą jednostką czasu, według którego można porównywać dane, jest rok finansowy. Zdarzają się jednak przypadki gdy trzeba operować krótszymi lub dłuższymi okresami czasu.

Typowy rekord danych powinien zawierać między innymi informacje o grupie produktu, jednostkach ładunku, rodzaju transportu, dostawcach, profilu klienta, preferencjach klienta, poziomie obsługi klienta, zakupach w miejscach zaopatrzenia, używanym systemie doradczym, logistycznym systemie informacyjnym, głównych strumieniach produktów, segmentacji rynku, wymaganiach planowanej przyszłej ekspansji.

Przed opracowaniem zestawów zebranych danych ilościowych należy przemyśleć sposób ich wizualizacji. Trafne graficzne przedstawienie pomaga zrozumieć podstawowe zależności pomiędzy popytem na różne grupy produktu w różnych rejonach geograficznych i apriorycznie wytypować potencjalne lokalizacje centrum dystrybucyjnego. Do wizualizacji danych można wykorzystywać komputerowe oprogramowanie do analiz statystycznych, które zazwyczaj posiada wbudowane moduły graficzne.

Dane ilościowe mogą nie zawsze być dostępne. Wówczas należy posilkować informacjami opisowymi albo danymi alternatywnymi. To może nie wystarczyć do przeprowadzenia dokładnych porównań ilościowych, ale zawsze pomaga pewne trendy. Dane ilościowe są niezbędne do analitycznego opisu badanych procesów i poprawnego wyprowadzenia wniosków decyzyjnych. Pomimo tego, że zbieranie danych rynkowych jest niezmiernie czasochłonne, nie ma innego sposobu, aby budowany model zawierał poprawne relacje i szacował realne koszty działalności.

3. SIECI TRANSPORTOWE I ICH WPŁYW NA LOKALIZACJĘ CENTRÓW DYSTRYBUCJI

Sieć transportowa jest jednym z podstawowych czynników, który wpływa na podjęcie decyzji o wyborze miejsca lokalizacji centrum dystrybucyjnego. Stanowi bowiem podstawę do przeprowadzania procedury optymalizacji strumieni produktów. Sieć transportowa odnosi się do fizycznej infrastruktury transportowej związanej z rodzajem transportu (sieć drogowa, sieć kolejowa, wodna itp.). Sieć ta obejmuje węzły, którymi są terminale przeładunkowe lub centra dystrybucji, oraz połączenia między nimi. Węzły są „punktami stałymi” systemu dystrybucji. Tam towary muszą być dostarczane i ewentualnie przechowywane. Węzły mogą być jednomodalne (jednotrybowe), czyli węzłami tylko jednej sieci transportowej, lub wielomodalne (wielotrybowe), czyli mieć możliwość wymiany oferty między dwiema lub więcej sieciami (np. drogową i kolejową, drogową i wodną itp.). Wszystkie węzły są zawsze włączone do sieci drogowej. Większa liczba terminali i większa ich przepustowość zwiększa prawdopodobieństwo istnienia połączeń do więcej niż jednej sieci transportowej. Porty morskie, porty lotnicze i terminale frachtu szynowego są przynajmniej dwumodalne (dwutrybowe). Połączenia kolejowe posiadają zazwyczaj krajowe albo regionalne centra dystrybucji. Centra o zasięgu lokalnym przeważnie są jednomodalne [4].

Sieci transportowe wpływają na swoje otoczenie. Redukcja wąskich gardeł i udogodnienia przeładunku poprawiają szybkość przepływu strumienia towarów i pozwalają transportować dóbr na dalekie odległości po niższych kosztach. Poprawa jakości sieci transportowych i ich integracja przyciąga inwestycje i poprawia koniunkturę na danym obszarze, a w dalszej konsekwencji zwiększa zyski przedsiębiorstw.

W oparciu o sieci transportowe tworzy się sieci dystrybucyjne. Sieci dystrybucyjne organizują przepływ strumienia produktów od pierwotnego dostawcy do końcowego odbiorcy. Fizyczna sieć dystrybucji produktu może mieć szeroki zasięg działalności i obejmować wiele przedsiębiorstw wykorzystujących sieci transportowe, prowadzących zintegrowaną działalność.

Istnieje wiele różnych struktur sieci dystrybucyjnej. Podstawowymi są: sieć liniowa (jeden pojazd, jeden tryb, jedna sieć transportowa) oraz sieć konsolidacyjna (więcej pojazdów, jeden lub więcej trybów, jedna lub więcej sieci transportowych).

4. WYBÓR LOKALIZACJI CENTRUM DYSTRYBUCYJNEGO

Decyzje o wyborze lokalizacji centrum dystrybucyjnego podejmuje się na podstawie analizy wyników otrzymanych z rozwiązania matematycznych modeli optymalizacyjnych rozważanego zagadnienia. Modele optymalizacyjne buduje się zgodnie z zasadami stosowanymi w badaniach operacyjnych. Jako zmienne decyzyjne należy przyjąć wielkości opisujące położenie planowanego centrum dystrybucyjnego. Ze względu na złożoność problemu, przy rozwiązywaniu tych modeli używa się zazwyczaj pewnych technik heurystycznych i metod numerycznych. Systematyczne przeszukiwanie zbioru rozwiązań dopuszczalnych jest bowiem nieefektywne z uwagi na złożoność

obliczeniową zagadnienia. Najprostszą techniką jest symulacja kosztów eksploatacji dla poszczególnych lokalizacji centrum, wybranych metodami ekspertскими [1].

Przed testowaniem założonych opcji należy uprzednio dokonać walidacji modelu. Walidacja modelu polega na analizie sytuacji, dla której wynik obliczeń jest znany. Pozwala to sprawdzić czy procedury obliczeniowe zastosowane w modelu dają sensowne wyniki i potwierdzić (lub zaprzeczyć), że model albo metoda analizy jest rzeczywiście reprezentatywna dla badanego systemu. Jeśli wyniki walidacji nie są zadowalające, model należy poprawić, w przeciwnym wypadku można włączać do analizy nowe scenariusze i testować nowe opcje [2]. Dodatkowe scenariusze w modelu pozwalają ocenić wrażliwość modelu na zmianę parametrów.

Po zamodelowaniu opcji logistycznych i wyborze jednej lub kilku z nich, należy ocenić ich opłacalność. Rzadko zdarza się, aby optymalizacja była przeprowadzana w oparciu o jedno kryterium. W przypadku optymalizacji wielokryterialnej na podstawie uzyskanych wyników należy ustalić hierarchię korzystności poszczególnych rozwiązań. Zadanie to wymaga od eksperta dużego doświadczenia i znajomości zagadnienia. Może on wspomagać się przy tym technikami matematycznymi (np. wprowadzając współczynniki wagowe dla poszczególnych kryteriów), lecz końcowy efekt zawsze będzie subiektywną decyzją człowieka.

PODSUMOWANIE

Dokonanie wyboru lokalizacji centrum dystrybucyjnego może być wspomagane metodami modelowania matematycznego. Z uwagi na różnorodność problemów i różnorodność ograniczeń stosowane modele mogą być skuteczne jedynie w przypadkach indywidualnych. Wyznaczenie rozwiązań optymalnych następuje w drodze symulacji numerycznych przy pomocy techniki komputerowej. Interpretacja otrzymanych wyników i ostateczna decyzja o wyborze lokalizacji centrum dystrybucyjnego jest subiektywną decyzją eksperta

Streszczenie

W artykule opisano wybrane aspekty matematycznego modelowania zagadnień związanych z wyborem lokalizacji centrum dystrybucyjnego. Wskazano główne czynniki, które należy uwzględnić przy budowie modeli optymalizacyjnych. Modele te pozwalają porównywać przewidywaną opłacalność funkcjonowania planowanego centrum dystrybucyjnego.

Selected aspects of mathematical modelling of the distribution centers location

Abstract

This paper presents selected aspects of mathematical modelling of the location of distribution centre. The main factors that one should consider to create optimization models are indicated. These models permit to compare the foreseen profitability of the planned distribution centre functioning.

BIBLIOGRAFIA

1. Buková B., Kudláčková N., *Outsourcing in forwarding agency*. Logi: scientific journal on transport and logistics 2010, Vol. 1. No. 1, s. 14-19, ISSN 1804-3216.
2. Dvořáková E., Kudláčková N., *Outsourcing in forwarding agency 2*. Logi: scientific journal on transport and logistics 2010, Vol. 1. No. 1, s. 26-32, ISSN 1804-3216.
3. Fertsch M. (red), *Słownik terminologii logistycznej*. Biblioteka Logistyka, Instytut Logistyki i Magazynowania, Poznań 2006, ISBN 83-87344-22-2.
4. Givoni M., Banister D., *Integrated Transport. From policy to practice*. Routledge, London 2010, ISBN 978-0-415-54893-9.
5. Rushton A., Croucher P., Baker P., *The handbook of logistics and distribution management*. 4th edition, Kogan Page Limited, London 2010, ISBN 978-0-7494-5714-3.