

Małgorzata Baryła-Paśnik¹, Wiesław Piekarski², Andrzej Kuranc³, Anna Piecak⁴, Szymon Ignaciuk⁵,
Jacek Wawrzosek⁶
Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

MODEL OPTYMALIZACJI TRAS PRZEJAZDOWYCH JAKO NARZĘDZIE ZMNIEJSZENIA KOSZTÓW LOGISTYCZNYCH

Wstęp

Współcześnie do zasadniczych celów logistyki zalicza się, oprócz typowych decyzji jak zmniejszenie zapasów, optymalizacja wykorzystania infrastruktury, wzrost pracy personelu, usprawnienie procesu zarządzania, poprawa poziomu obsługi klienta. Ponadto eliminacja ogniw pośrednich, szybki i bezawaryjny przepływ informacji, a także skrócenie czasu realizacji dostaw, przekładają się w końcowym efekcie na obniżenie kosztów przepływu dóbr [7]. Takim instrumentem, który wspiera zmniejszanie kosztów są modele optymalizacji tras przewozowych. Rozwój ich wynika z faktu, że globalizacja i internacjonalizacja przedsiębiorstw sprawia, że większość przepływów towarowych obecnie odbywa się na arenie międzynarodowej, co wymusza presję na redukcję kosztów, które przejawiają się obniżką zarobków i marży. Nowoczesne technologie umożliwiają znacznie szybsze i łatwiejsze pozyskiwanie informacji o przepływach towarów i działaniach przedsiębiorstw, które są uczestnikami danego łańcucha dostaw [1]. Tym samym dąży się do optymalizacji funkcjonowania całego łańcucha dostaw, jako jednego spójnego systemu.

Na proces podejmowania optymalnych decyzji logistycznych, w tym tras przejazdowych składają się następujące podstawowe etapy [8]:

- sformułowanie problemu i celu, ustalenie warunków brzegowych (ograniczających) i utworzenie funkcji oceniającej „dobroć” uzyskiwanych rozwiązań (tzw. funkcja celu);
- budowa modelu;
- próbne rozwiązanie problemu w oparciu o model;
- weryfikacja modelu;
- „ostateczne” rozwiązanie danego problemu;
- wdrożenie rozwiązania i kontrola jego przebiegu.

Poprawnie opracowany i „przyjazny” program komputerowy, wspomagający podejmowanie optymalnych decyzji, powinien - poprzez kolejne pytania na ekranie prowadzić użytkownika przez zasygnalizowane etapy, bez ukazywania gąszczy działań statystyczno-matematycznych, zachodzących w tej „czarnej skrzynce”, a wywoływanych naciskaniem odpowiednich klawiszy.

Jednym z podstawowych problemów nieustannie pojawiających się w procesach logistycznych, jest powiązanie transportowe punktów wysyłki danego towaru (surowca, materiału, części zamiennej itp.) lub usług z punktami, w których występuje nań zapotrzebowanie. Optymalizacja takiej sieci powiązań prowadzi do zaspokojenia popytu przy najniższych kosztach transportu z tym związanych [8].

Większość problemów spotykanych w rzeczywistym świecie to problemy, które rozwiązywane są, biorąc pod uwagę wiele kryteriów, na przykład gdy jest potrzeba zmaksymalizowania zysków z przedsięwzięć,

¹ Mgr inż. Małgorzata Baryła-Paśnik, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Wydział Inżynierii Produkcji, Katedra Energetyki i Środków Transportu, Zakład Logistyki i Zarządzania Przedsiębiorstwem.

² Prof. dr hab. inż. Wiesław Piekarski, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Wydział Inżynierii Produkcji, Katedra Energetyki i Środków Transportu, Zakład Logistyki i Zarządzania Przedsiębiorstwem.

³ Dr inż. Andrzej Kuranc, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Wydział Inżynierii Produkcji, Katedra Energetyki i Środków Transportu, Zakład Logistyki i Zarządzania Przedsiębiorstwem.

⁴ Mgr inż. Anna Piecak, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Wydział Inżynierii Produkcji, Katedra Biologicznych Podstaw Technologii Żywności i Pasz

⁵ Mgr inż. Szymon Ignaciuk, Katedra Zastosowań Matematyki i Informatyki, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie.

⁶ Dr hab. Jacek Wawrzosek, Katedra Zastosowań Matematyki i Informatyki, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie.

przy jednoczesnej minimalizacji kosztów. Podczas działań może się też zdarzyć, że jedno kryterium wyklucza drugie czy też, że jedne kryteria są z jakiegoś powodu bardziej istotne niż inne (przypisujemy im różne wagi). W takiej sytuacji trudno jest zdefiniować jednoznacznie rozwiązanie optymalne.

W przypadku gdy zbiór w którym poszukuje się najlepszego rozwiązania jest skończony, umożliwia posługiwanie się pewnymi procedurami klasyfikacyjnymi. Głównym zadaniem wówczas jest uporządkowanie zbioru według ustalonych kryteriów. Dzięki temu możliwa jest identyfikacja elementów najlepszych tzn. takich, które są lepsze od wszystkich pozostałych, z którymi na bazie przyjętych zasad klasyfikacji, możliwe jest dokonanie porównania [5].

W przypadku gdy zbiór jest nieskończony, musimy posłużyć się bardziej zaawansowanymi metodami. Stąd głównym problemem naukowym jest takie sformułowanie zagadnienia, aby móc zastosować opisane wcześniej metody optymalizacji poszukujące minimum za pomocą tylko jednego kryterium [5]. Natomiast zadaniem optymalizacji wielokryterialnej jest znalezienie rozwiązania najkorzystniejszego równocześnie dla wielu parametrów.

Zazwyczaj w praktyce nie jest możliwe wskazanie jednego efektywnego wektora, stąd istnieje pilna potrzeba wprowadzenia odpowiedniej metody postępowania. Efektywne rozwiązanie zagadnienia optymalizacji wielokryterialnej, wymaga określenia dwóch możliwych zadań obliczeniowych do rozwiązania [4]:

- wyznaczenie dowolnego rozwiązania efektywnego,
- wyznaczenie wszystkich rozwiązań efektywnych.

Wyznaczanie jednego dowolnego rozwiązania efektywnego jest naturalnym rozszerzeniem podejścia do niejednoznaczności rozwiązania optymalnego w optymalizacji jednokryterialnej, gdzie przyjmuje się że jedynym wyróżnikiem jakości rozwiązania jest wartość funkcji celu i dlatego wszystkie rozwiązania optymalne są równie dobre. W takim podejściu wszystkie rozwiązania optymalne mają identyczne oceny (w jednowymiarowej przestrzeni ocen) natomiast różne mogą być jedynie ich realizacje (w przestrzeni decyzji). Podejście to nie jest akceptowane w optymalizacji wielokryterialnej, gdzie różne rozwiązania efektywne mogą mieć różne wektory ocen. W ogólnym przypadku zbiór rozwiązań efektywnych wielokryterialnego zadania programowania matematycznego, może być nieskończony.

W celu rozstrzygnięcia praktycznego problemu decyzyjnego, należy wybrać jedno rozwiązanie do realizacji. Tym samym, zbioru rozwiązań efektywnych zadania wielokryterialnego nie można traktować jako ostatecznego rozwiązania problemu decyzyjnego, a jedynie jako bazę do wyboru ostatecznego rozwiązania [4].

W praktyce istnieją dwa podejścia w klasyfikacji metod wielokryterialnej optymalizacji przewozów, a mianowicie:

1. Podejścia tradycyjne:

- Metoda ważonych celów (Weighting Method),
- Metoda ograniczeń (Constraint Method).

2. Algorytmy ewolucyjne:

- VEGA: Vector Evaluated Genetic Algorithm (Schaffer 1985),
- HLGA: Hajela's and Lin's Weighting-based Genetic Algorithm (1992),
- FFGA: Fonseca's and Fleming's Multiobjective Genetic Algorithm (1993),
- NPGA: The Niche'd Pareto Genetic Algorithm (Horn, Nafpliotis, Goldberg 1994),
- NSGA: The Nondominated Sorting Genetic Algorithm (Srinivas, Deb 1994),
- SPEA: The Strength Pareto Evolutionary Algorithm (Zitzler, Thiele 1999).

Poniżej opisano wybrane metody.

Metoda ważonych celów

Istota działań w metodzie ważonej celów polega na sprowadzeniu zadania wielowymiarowego do zadania jednowymiarowego, tzn. połączeniu poszczególnych funkcji celu f w jedną funkcję celu F :

$$F(x) = \sum_{i=1}^k w_i f_i(x) \quad (1)$$

gdzie:

- k - ilość funkcji celu;
- x - wektor rozwiązań;
- w_i - wagi

takie, że:

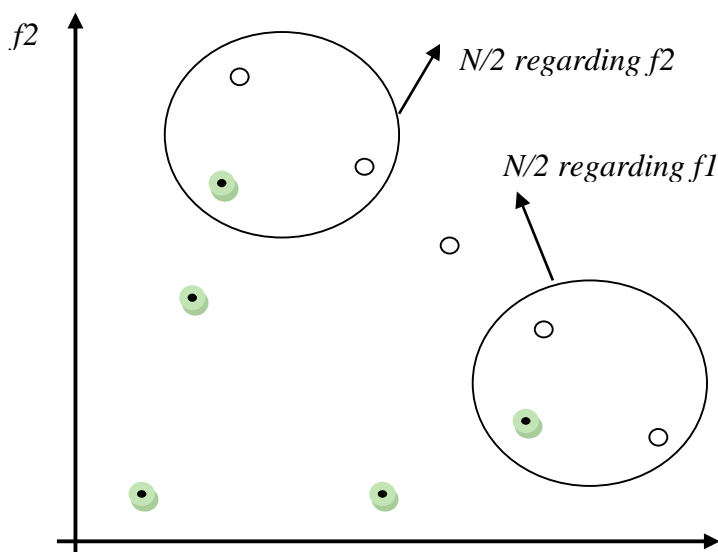
$$w_i \in [0,1] \text{ oraz } \sum_{i=1}^k w_i = 1 \quad (2)$$

(stosując różne wektory wag otrzymujemy różne rozwiązania).

Uzyskaną w powyższy sposób funkcję F optymalizuje się przy użyciu standardowych metod optymalizacji z jedną funkcją celu. Podstawową trudnością w omawianej metodzie jest problem w doborze odpowiednich wartości wag dla poszczególnych kryteriów (co wpływa ujemnie na jakość uzyskanych rozwiązań) [3].

Vector Evaluated Genetic Algorithm

System działań przyjęty w algorytmie VEGA (rys. 1), polega na podziale populacji na k podpopulacji o jednakowych liczebnościach (k - ilość celów). Selekcja wewnątrz każdej podpopulacji jest przeprowadzana niezależnie (każda podpopulacja odpowiada za inne kryterium), przy czym kojarzenie i krzyżowanie przekracza granice podpopulacji (obejmuje całą populację).



Rysunek 1. Przykład podziału populacji na podpopulacje dla dwóch kryteriów

Źródło: opracowano na podstawie: <http://www.tik.ee.ethz.ch/~zitzler>

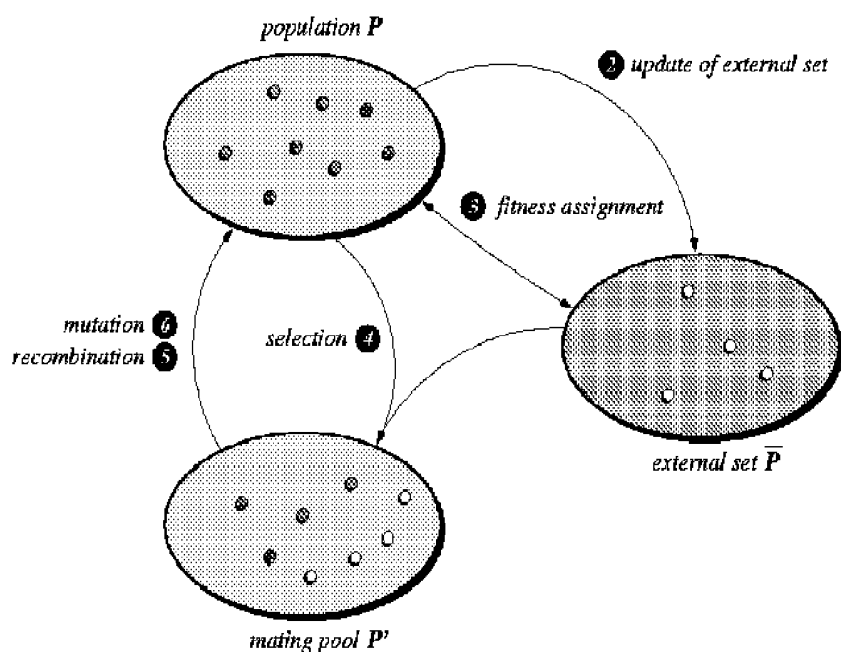
Podstawową zaletą w przedstawionym algorytmie jest łatwość jego implementacji w praktyce. Natomiast zasadniczą wadą jest głównie tendencja do pomijania rozwiązań pośrednich (dobrych ze względu na każde kryterium, jednak nie najlepsze ze względu na żadne z nich z osobna).

Użyte oznaczenia w przedstawionym algorytmie:

- t - numer pokolenia,
- P_t - populacja w t -tym pokoleniu,
- P' - populacja tymczasowa (mating pool),
- k - ilość kryteriów. [3]

Strength Pareto Evolutionary Algorithm

Cechą charakterystyczną dla algorytmu SPEA (rys. 2) jest fakt, że elementy reprezentujące rozwiązania niezdominowane (wśród dotychczas rozważonych rozwiązań) są przechowywane w oddzielnym zbiorze (tzw. zbiór zewnętrzny).



Rysunek 2. Schemat procedury działania w algorytmie SPEA.

Źródło: Opracowano na podstawie: D. Goldberg, *Algorytmy genetyczne i ich zastosowania*, WNT 1998, s. 212.

Ponadto wartość przystosowania elementu należącego do populacji zależy wyłącznie od tego w jakim stopniu jest zdominowany przez elementy ze zbioru zewnętrznego; to, czy osobniki z populacji są przez siebie zdominowane, jest nieistotne. Wszystkie elementy ze zbioru zewnętrznego biorą udział w selekcji. Liczność zbioru zewnętrznego jest redukowana do wymaganej poprzez clustering, bez utraty informacji o przebiegu frontu paretooptimalnego [6]. Niewątpliwą zaletą danego algorytmu SPEA jest to, że w przeciwieństwie do algorytmu VEGA, algorytm nie pomija rozwiązań pośrednich, które dobrze oddają przebieg frontu paretooptimalnego. Zasadniczym problemem jest tu duża złożoność obliczeniowa algorytmu (szczególnie czasochłonna jest procedura wyznaczenia dopasowania elementu — konieczny jest wówczas przegląd zupełny zbioru zewnętrznego). [2]

Metody punktu odniesienia

Metody punktu odniesienia (MPO) łączą prostotę i otwartość sterowania procesem analizy interaktywnej ze ścisłym przestrzeganiem zasady niezdominowania generowanych rozwiązań i zupełnej parametryzacji zbioru niezdominowanego. Dokładniej model preferencji reprezentowany przez skalaryzacje używane w metodach punktu odniesienia, spełnia następujące dwa postulaty:

- P1. Relacja preferencji jest racjonalna, czyli przestrzegana jest zasada niezdominowania.
- P2. Rozwiązanie ze wszystkimi indywidualnymi ocenami odpowiadającym im poziomom aspiracji, preferowane jest w stosunku do rozwiązania z przynajmniej jedną indywidualną oceną w ujęciu gorsza (mniejsza) od odpowiedniego poziomu aspiracji.

Przedziałowa metoda punktu odniesienia

W klasycznej metodzie punktu odniesienia podstawowymi parametrami sterującymi są poziomy aspiracji, ale są w niej też współczynniki skalujące, dodatkowo określające kierunek poszukiwania rozwiązania satysfakcjonującego. Ze względu na maksymalny charakter skalaryzującej funkcji osiągnięcia, wówczas współczynniki skalujące nie mają tu charakteru wag kompensacyjnych. Tym niemniej, podobnie jak wagi

są to parametry znacznie mniej intuicyjne od wartości ocen, dlatego też ich specjalny dobór może następczą trudności. Zamiast operować czynnikami skalującymi można wprowadzić do metody dodatkowe punkty odniesienia, których wartości ocen są bardziej intuicyjne i łatwiejsze w doborze. Koncepcja ta leży u podstaw przedziałowej (dwupunktowej) metody punktu odniesienia, używającej jako parametrów sterujących oprócz poziomów aspiracji także tzw. poziomów rezerwacji r_i ($r_i < a_i$, $i = 1, 2, \dots, m$) wyrażających wymagane minimalne wartości ocen [5].

Podsumowanie

Podsumowując należy podkreślić istotny fakt, iż w każdej firmie o charakterze produkcyjnym fundamentalne znaczenie ma proces produkcji, jest on bowiem źródłem zysków. Jednak przebieg takiego procesu nie będzie możliwy bez wcześniejszego zaopatrzenia go w materiały, surowce i inne produkty potrzebne do produkcji. Wyprodukowane gotowe produkty również wymagają dalszej obsługi poprzez organizację procesów składowania i dystrybucji. Procesy logistyczne pełnią bardzo ważną rolę w realizacji tych zadań w przedsiębiorstwie. Złożoność procesów w przedsiębiorstwie produkcyjnym wymaga sprawnego zarządzania. Logistyka jest nieodłącznym jego elementem, dlatego procesy logistyczne powinny być dobrze zorganizowane i cały czas doskonalone. W tym celu stosuje się wszelkiego rodzaju modele tak aby w jak najlepszy sposób usprawnić cały proces logistyczny w zakładzie.

Streszczenie

W pracy przedstawiono problemy dotyczące sposobu modelowania tras przejazdowych w zakładach produkcyjnych. Podkreślono istotę właściwego doboru modelu w kontekście zmniejszenia kosztów logistycznych ponoszonych w zakładach. W artykule zawarty jest również przegląd i krótka charakterystyka poszczególnych już istniejących modeli.

VEHICULAR ROUTE OPTIMIZATION MODEL AS A TOOL REDUCE LOGISTICS COSTS

Abstract

This paper presents a method of modeling problems of crossing paths in manufacturing plants. It highlights the essence of proper selection of the model in the context of reducing logistics costs incurred in the plants. The article also included an overview and a short description of the different existing models.

Literatura

1. Bozarth C., Handfield R. B., Wprowadzenie do zarządzania operacjami i łańcuchem dostaw, Helion, Gliwice, 2007.
2. Goldberg D., Algorytmy genetyczne i ich zastosowania, WNT, Warszawa, 1998.
3. <http://www.tik.ee.ethz.ch/~zitzler>, [data dostępu: 28.04.2015 r]
4. Interaktywna optymalizacja wielokryterialna, home.elka.pw.edu.pl/~mlitniew/OWD/owdw7interakt.pdf [data dostępu: 28.04.2015]
5. Kusiak J., Danielewska-Tulecka A., Oprocha P., Optymalizacja. Wybrane metody z przykładami zastosowań, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2009.
6. Michalewicz Z., Algorytmy genetyczne + struktury danych = programy ewolucyjne, WNT 1999.
7. Miler R., Mytlewski A., Pac B., Kierunki racjonalizacji systemów i procesów logistycznych, tom 15, Prace Naukowe Wyższej Szkoły Bankowej w Gdańsku 2012.
8. Radzikowski W., Sarjusz-Wolski Z., Metody optymalizacji decyzji logistycznych, Wyd. Toruńska Szkoła Zarządzania, Toruń 1994.

