

Bogusław Filipowicz\*, Joanna Kwiecień\*

## Zarządzanie siecią wielkopowierzchniowych sklepów samoobsługowych

### 1. Wprowadzenie

W ciągu ostatnich kilku lat nastąpił znaczący rozwój sklepów wielkopowierzchniowych. Prawidłowe i efektywne zarządzanie sklepami stanowi ogromne wyzwanie dla osób koordynujących i nadzorujących sieć sprzedaży. Prawidłowe funkcjonowanie poszczególnych ogniw (m.in. lokalizacji, komunikacji i zarządzania personelem) w znaczący sposób wpływa na wielkość sprzedaży danej firmy. Może również stanowić przewagę konkurencyjną nad innymi sklepami sieciowymi.

Do najistotniejszych spraw dotyczących organizacji sprzedaży należą zagadnienia logistyczne takie, jak:

- częstotliwość dostaw,
- optymalizacja dostaw towarów,
- zabezpieczenie towaru sprowadzanego,
- dostawy towarów.

Istnieje kilka programów służących do analizy danych i zarządzania siecią sklepów. Jednym z nich jest *KC-Menadżer* pozwalający ewidencjonować sklepy, gromadzić i analizować dane napływające z sieci sklepów oraz centralnie sterować kartoteką towarów [3]. Kolejnym jest *Magnat Centrala* zapewniający między innymi jednolitą bazę towarową [4]. Rozwiązania wspomagające zarządzanie siecią sklepów oferuje również firma SAS [5].

Celem pracy było zbudowanie systemu zarządzania siecią wielkopowierzchniowych sklepów pod względem planowania dostaw dla poszczególnych sklepów od różnych producentów oraz transportu towarów pomiędzy sklepami tak, aby zminimalizować koszty funkcjonowania całej sieci sklepów. Według wiedzy autorów problem ten dotychczas nie był rozważany w literaturze.

### 2. Zagadnienie zarządzania siecią sklepów

W rozpatrywanym zagadnieniu sklepy należą do jednego przedsiębiorstwa. Sieć sklepów można przedstawić w postaci grafu, w którym wierzchołki reprezentują sklepy, a kra-

---

\* Katedra Automatyki, Akademia Górniczo-Hutnicza, Kraków;  
filip@ia.agh.edu.pl, kwiecień@ia.agh.edu.pl

wędzie – połączenia pomiędzy sklepami. Każda krawędź opisana jest przez odległość oraz czas przejazdu konieczny do pokonania dystansu pomiędzy danymi dwoma sklepami. Sklepy rozproszone są na dużym obszarze, więc istotnym czynnikiem wpływającym na ich rentowność, są koszty związane z dostawą towarów do każdego sklepu. Oprócz dostaw zaopatrzenia od poszczególnych producentów dodatkowo uwzględniono możliwość transportu od innego pobliskiego sklepu, który posiada aktualnie nadmiar danego towaru, aby zapewnić większą elastyczność w procesie podejmowania decyzji. Założono, że we wszystkich sklepach należących do jednego przedsiębiorstwa, istnieje taki sam asortyment sprzedawanych towarów, scharakteryzowany przez cenę zakupu, marżę, jednostkowy koszt magazynowania oraz jednostkowy koszt transportu. Stan sklepu opisany jest poprzez ilość poszczególnych towarów w magazynie oraz indywidualne charakterystyki odnośnie do ilości sprzedawanych w nim poszczególnych towarów (częstotliwości pojawiania się klientów oraz ilości poszczególnych towarów kupowanych przez każdego klienta).

Celem przedstawianego zagadnienia jest optymalizacja procesu dostaw towarów do poszczególnych sklepów tak, aby koszty magazynowania towarów w poszczególnych sklepach, koszty przewozu towaru od dostawców do sklepów i pomiędzy sklepami oraz kary (straty) związane z brakiem jakiegoś towaru w danym sklepie były minimalne. Dzięki prognozowanemu popytowi opartemu na historii sprzedaży danego towaru, można minimalizować koszty zaopatrywania sklepów przy jednoczesnym zapewnieniu dostępności i ciągłości sprzedaży wszystkich towarów w każdym z punktów handlowych sieci. Znając liczbę sklepów ( $M$ ), asortyment towarów ( $N$ ), jednostkowe koszty magazynowania towarów, koszty transportu, ceny zakupów oraz marżę, minimalizowaną funkcję celu rozważanego zagadnienia można przedstawić jako (1)

$$z(t) = \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N m_{ij} \cdot x_{ij}(t) + \sum_{i=1}^M \sum_{d=1}^M \sum_{j=1}^N (s_i + p_{ij} \cdot tr_{ijd}(t)) + \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N k_{ij} \cdot (l_{ij}(t) - d_{ij}(t))^2 \quad (1)$$

przy ograniczeniach:

$$\sum_{j=1}^N x_{ij}(t) \leq C_i, \\ x_{ij}(t) \geq 0; \quad tr_{ijd}(t) \geq 0; \quad l_{ij}(t) \geq 0; \quad d_{ij}(t) \geq 0,$$

gdzie:

- $m_{ij}$  – koszt magazynowania jednostki towaru  $j$  w sklepie  $i$ ,
- $s_i$  – koszt stały transportu towaru do sklepu  $i$ ,
- $x_{ij}(t)$  – ilość magazynowanych jednostek towaru  $j$  w sklepie  $i$  w danym czasie  $t$ ,
- $p_{ij}$  – koszt zmienny transportu jednostki towaru  $j$  do sklepu  $i$ , zależny od odległości transportu towaru,

- $tr_{ijd}(t)$  – ilość jednostek towaru  $j$  przetransportowanych między sklepami  $i$  oraz  $d$ ,
- $k_{ij}$  – kara (strata) za brak towaru  $j$  w sklepie  $i$ ,
- $l_{ij}(t)$  – ilość brakujących jednostek towaru  $j$  w sklepie  $i$  w czasie  $t$ ,
- $d_{ij}(t)$  – planowane dostawy towaru  $j$  do sklepu  $i$  w czasie  $t$ ,
- $C_i$  – pojemność magazynu w sklepie  $i$ ,
- $t$  – czas (dyskretny).

Zagadnienie zarządzania siecią wielkopowierzchniowych sklepów samoobsługowych jest problemem trudnym do rozwiązania w sposób analityczny, ponieważ nie można go zaliczyć do klasycznych zagadnień transportowych [1, 2]. Zaproponowano więc symulacyjne modelowanie funkcjonowania sieci sklepów jako metodę rozwiązania sformułowanego zadania.

### 3. Algorytm

Program napisano w języku C++. Podstawowymi obsługiwanymi obiektami są zdarzenia należące do czterech kategorii:

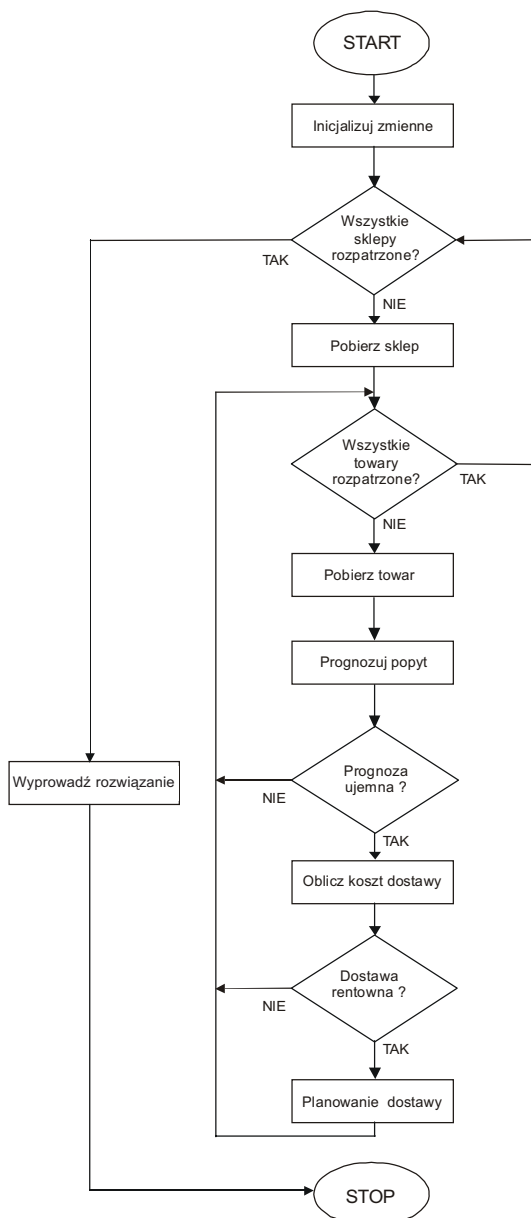
- 1) zakup towaru,
- 2) optymalizacja,
- 3) dostawa towaru,
- 4) przewóz towaru.

Symulacja funkcjonowania sieci sklepów wielkopowierzchniowych obejmuje przybywanie klientów, sprzedaż towarów, dostawy towarów do sklepów oraz transport towarów pomiędzy poszczególnymi sklepami. Wszystkie zaistniałe w sieci zdarzenia umieszczane są w kolejce zdarzeń, skąd w odpowiedniej kolejności – wyznaczonej przez czas realizacji – są pobierane do wykonania. Każde zdarzenie zakupu towaru modyfikuje ilość danego towaru oraz wyznacza moment następnego zakupu towaru, generując nowe zdarzenie zakupu i wstawiając je do kolejki symulacji. Również w przypadku zdarzeń optymalizacji, każde zdarzenie optymalizacji tworzy kolejne. W wyniku realizacji zdarzenia optymalizacji uruchamiany jest określony optymalizator. Zostają zaplanowane określone dostawy/przewozy (wstawiane odpowiednie zdarzenia dostaw/przewozów do kolejki) oraz uaktualniane koszty transportu.

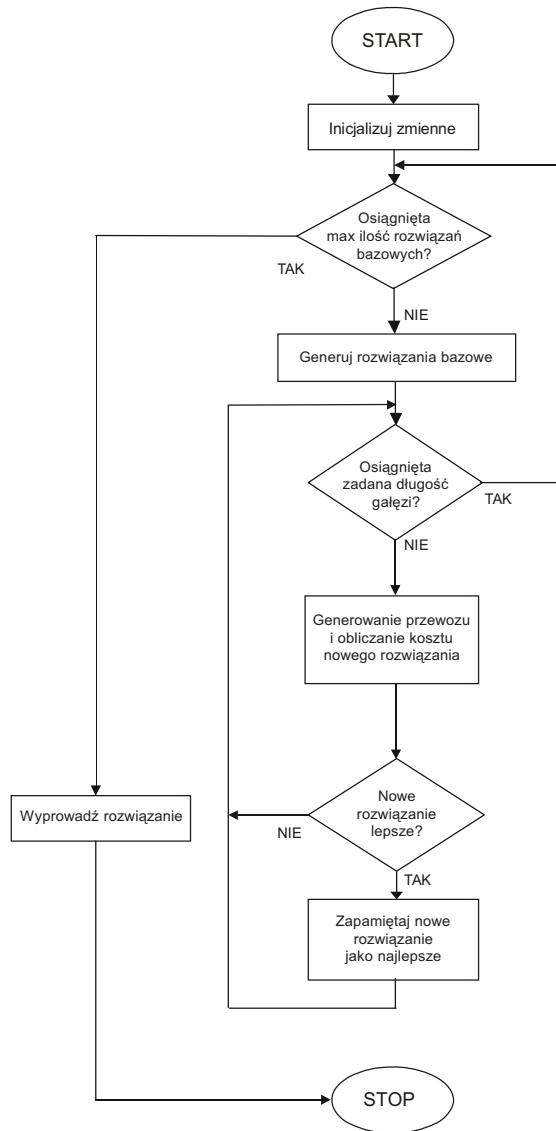
W programie minimalizacja kosztów funkcjonowania sieci sklepów wykonywana jest poprzez optymalizację procesu dostaw lub optymalizację przewozów poszczególnych towarów pomiędzy sklepami. Optymalizacja dostaw próbuje przewidzieć na podstawie przechowywanej historii sprzedaży popyt na dane towary w poszczególnych sklepach. W oparciu o aktualny stan towaru oraz prognozowany popyt na ten towar w zadanym czasie (czas optymalizacji) obliczane są przewidywane ilości towarów na koniec okresu optymalizacji. W przypadku ujemnej prognozy towaru rozważane jest zaplanowanie dostawy tego towaru. Dostawa jest realizowana, jeśli koszty jej zorganizowania są mniejsze niż przewidywany zysk ze sprzedaży brakującej ilości towaru. Schemat działania tego algorytmu przedstawiono na rysunku 1. W związku ze zmienną intensywnością sprzedaży poszczególnych towarów wprowadzono drugi sposób optymalizacji kosztów, polegający na optymalizacji przesunięć towarów pomiędzy poszczególnymi sklepami. Dokonywany jest częściowo

wy przegląd rozwiązań rozważanego problemu, poprzez wygenerowanie rozwiązania dopuszczalnego („bazowego”), losową modyfikację przewozów i sprawdzanie czy uzyskane rozwiązanie cechuje się mniejszym kosztem całkowitym.

Schemat działania algorytmu optymalizacji przesunięć przedstawiono na rysunku 2.



Rys. 1. Schemat algorytmu optymalizacji dostaw



Rys. 2. Schemat algorytmu optymalizacji przewozów (przesunięć)

#### 4. Eksperymenty

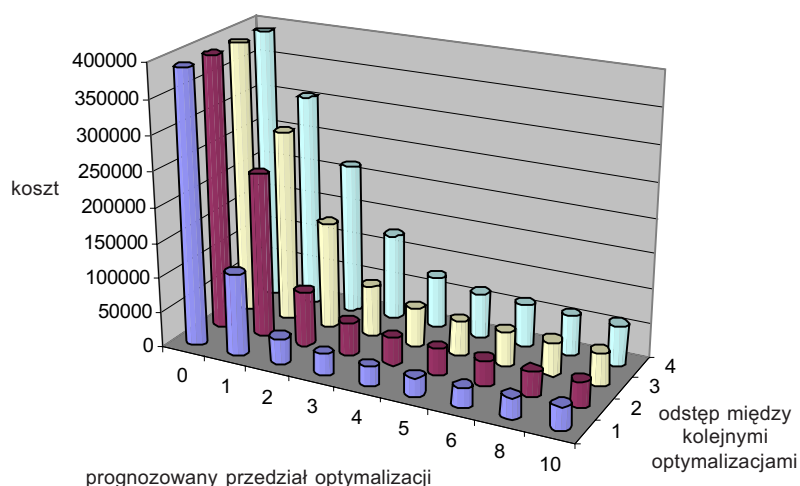
W celu sprawdzenia skuteczności działania algorytmów optymalizacji dostaw i przewozów wykonano kilka eksperymentów dla sieci złożonej z trzech sklepów i trzech rodzajów towarów.

Przeprowadzone symulacje polegały na uruchomieniu programu dla różnych wartości dwóch parametrów:

- 1) horyzontu czasowego optymalizacji (od 1 do 10 dni),
- 2) odstępu czasu pomiędzy kolejnymi optymalizacjami (od 1 do 4 dni).

Pozostałe parametry symulacji były jednakowe dla przeprowadzanych testów. Całkowity koszt symulowanego zarządzania siecią sklepów, złożony ze strat związanych z niemożliwością sprzedaży brakującego towaru, kosztów transportu i magazynowania, wykorzystano do porównania rozwiązań otrzymanych za pomocą algorytmów optymalizacji dostaw i przewozów.

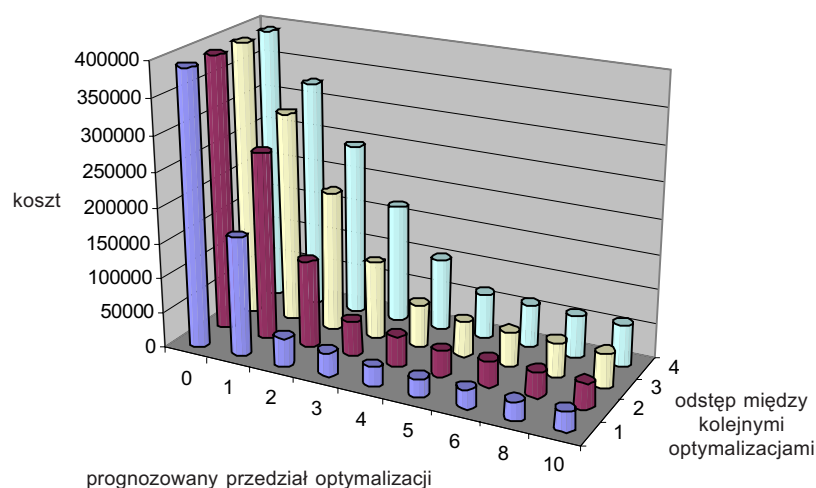
Na rysunku 3 przedstawiono wyniki przeprowadzonych testów dla algorytmu optymalizacji przesunięć. Wykonano również eksperyment dla kosztów bez optymalizacji (przedział optymalizacji wynosi 0).



**Rys. 3.** Wyniki symulacji algorytmu optymalizacji przesunięć

Dla krótszego odstępu między kolejnymi optymalizacjami uzyskane zostały mniejsze całkowite koszty funkcjonowania sieci sklepów. Optymalnym rozwiązaniem jest jednodniowy odstęp. Biorąc pod uwagę prognozowany przedział optymalizacji (horyzont czasowy optymalizacji), zauważyć można, że dla małych wartości przedziału można zaobserwować zmniejszanie kosztów w miarę wydłużania tego przedziału. Jednak dla większych wartości przedziału optymalizacji (od 8 do 10 dni) koszty zaczynają nieznacznie rosnać, co spowodowane jest trudniejszą prognozą popytu na poszczególne towary. Dla krótszych przedziałów optymalizacji niż odstępy między kolejnymi optymalizacjami, wzrastają koszty funkcjonowania sieci sklepów.

Wyniki symulacji drugiego algorytmu optymalizacji – optymalizacji dostaw – przedstawiono na rysunku 4.



Rys. 4. Wyniki symulacji algorytmu optymalizacji dostaw

Podobnie jak w przypadku algorytmu optymalizacji przesunięć nastąpił wyraźny spadek kosztów funkcjonowania sieci sklepów wraz ze wzrostem prognozowanego przedziału optymalizacji. Dla dużych wartości tego przedziału i małych odstępów między kolejnymi optymalizacjami, algorytm optymalizacji dostaw dawał mniejsze koszty, w pozostałych przypadkach lepsze rezultaty uzyskano za pomocą algorytmu optymalizacji przesunięć.

## 5. Podsumowanie

Zarządzanie siecią wielkopowierzchniowych sklepów samoobsługowych jest dość złożonym problemem, trudnym do rozwiązania w sposób analityczny. Dlatego też, symulacyjne podejście rozwiązujące ten problem pod względem planowania dostaw dla poszczególnych sklepów od różnych producentów oraz transportu towarów pomiędzy sklepami, wydaje się podejściem jak najbardziej prawidłowym. Zrealizowany program daje możliwość minimalizowania kosztów funkcjonowania sieci sklepów za pomocą algorytmów optymalizacji. Przeprowadzone eksperymenty dowodzą, że możliwe jest zredukowanie kosztów. Aby jednak prawdziwie ocenić funkcjonalność opracowanej aplikacji, należałoby wykonać symulacje dla bardziej złożonych sieci sklepów, z uwzględnieniem rzeczywistych kosztów transportu, magazynowania itd.

## Literatura

- [1] Filipowicz B.: *Badania operacyjne. Wybrane metody obliczeniowe i algorytmy. Część I.* Kraków, Wydawnictwo POLDEX 1999

- [2] Filipowicz B.: *Matematyczne modelowanie w marketingu*. Kraków, Wydawnictwo POLDEX 2001
- [3] <http://www.kucharscy.com.pl>
- [4] <http://www.parasoft-magnat.pl>
- [5] <http://www.sas.com/offices/europe/poland/software/ris.html>