

Mgr Artur PIĄTKOWSKI

Uniwersytet Warszawski, Wydział Zarządzania, Zakład Innowacji Rynkowych i Logistyki

KONCEPCJA USPRAWNIENIA ZARZĄDZANIA ŁAŃCUCHEM DOSTAW W SIECI BIEDRONKA W OPARCIU O AUTORSKIE NARZĘDZIE DIAGNOSTYCZNE – Część 1[®]

The concept of improving supply chain management in the Biedronka supply chain based on the original diagnostic tool – Part 1[®]

Słowa kluczowe: Zarządzanie łańcuchem dostaw, badania operacyjne, programowanie liniowe, narzędzie diagnostyczne, optymalizacja.

Głównym celem poniższego artykułu jest konstrukcja autorskiego narzędzia diagnostycznego, które posłuży do usprawnienia zarządzania łańcuchem dostaw w sieci Biedronka. Do konstrukcji autorskiego narzędzia autor artykułu wykorzystał programowanie liniowe, które jest specyficznym rodzajem programowania matematycznego. Z uwagi na dużą objętość treści oraz chęć przedstawienia przykładowego działania narzędzia diagnostycznego, autor postanowił podzielić artykuł na dwie części.

W części pierwszej artykułu przygotował niezbędne dane do budowy narzędzia diagnostycznego, a następnie opis formalny tego narzędzia.

W części drugiej artykułu autor dokonał optymalizacji zarządzania łańcuchem dostaw sieci Biedronka w oparciu o autorskie narzędzie diagnostyczne. Następnie zaproponował potencjalne modyfikacje narzędzia diagnostycznego, które mogą w przyszłości usprawnić jego działanie.

Key words: Supply chain management, operational research, linear programming, diagnostic tool, optimization.

The main purpose of this article is the design of a original diagnostic tool, that will help to improve Biedronka supply chain management. For the construction of the diagnostic tool, the author of the article used linear programming, which is a specific type of mathematical programming. Due to the large volume of content and the desire to present an example of using the diagnostic tool, the author decided to divide the article into two parts.

In the first part of the article, the author has prepared the necessary data to build a diagnostic tool. Then he prepared the formal description of the diagnostic tool.

In the second part of the article, the author optimized the supply chain management of the Biedronka network using the author's diagnostic tool. Next he proposed potential modifications of the diagnostic tool which may improve its operation in the future.

WPROWADZENIE

Sieć dystrybucji to grupa przedsiębiorstw, które dostarczają towary od producentów do finalnych odbiorców, tworząc dodatkową wartość dzięki użyteczności miejsca i czasu [7, s. 110]. Optymalizacji sieci dystrybucji można dokonać wykorzystując szereg metod z dziedziny badań operacyjnych, które różnią się między sobą stopniem szczegółowości, pracochłonności i uniwersalności. Można zaliczyć do nich między innymi metodę: **środką ciężkości** np. [5, s. 1803], **transportową** np. [1, s. 514], **najkrótszej ścieżki** np. [2, s. 4], **maksymalnego przepływu** np. [3, s. 651], **minimalnie rozgałęzionego drzewa** np. [6, s. 879] oraz najbardziej zaawansowane: **metodę wieloetapowego zagadnienia transportowego** np. [1, s. 516] i **metodę optymalizacyjną** np. [5, s. 1803].

Według autora poniższego artykułu najlepszą metodą do konstrukcji narzędzia diagnostycznego sieci dystrybucji Biedronki jest **metoda optymalizacyjna**. Pozwala ona na konstrukcję modelu optymalizacyjnego w sposób systemowy i kompletny. Kolejnym atutem metody optymalizacyjnej jest

niespotykana wśród innych modeli badań operacyjnych uniwersalność i elastyczność. Metoda optymalizacyjna pozwala na konstrukcję modelu matematycznego, który można w dowolny sposób rozszerzać, dodając nowe dane oraz związki między nimi przy zachowaniu integralności modelu.

Celem konstrukcji narzędzia diagnostycznego jest wspomaganie procesów decyzyjnych związanych z zarządzaniem logistyką w sieci dystrybucji Biedronki. Narzędzie diagnostyczne pozwoli ocenić koszty funkcjonującej dotychczas sieci. Dodatkowo będzie ono pomocne przy optymalizacji obecnej sieci dystrybucji jak i przyda się do planowania/modyfikacji sieci dostaw w sytuacji powstawania kolejnych sklepów. Narzędzie diagnostyczne będzie uwzględniało koszty i zapotrzebowanie poszczególnych sklepów oraz wykorzystanie posiadanego taboru.

Narzędzie diagnostyczne będzie bazowało na procesie symulacji. Symulacja to odtworzenie istoty systemu lub jego działania bez rzeczywistego uruchamiania samego systemu [4, s. 1-3]. Największymi zaletami modelu symulacyjnego

jest jego niższa kosztowność, czasochłonność oraz pracochłonność w porównaniu z fizycznym eksperymentem. Badanie symulacyjne ma dodatkowo tę przewagę, że może być prowadzone na modelu systemu już nie istniejącego lub powstającego.

Wynikiem symulacji za pomocą narzędzia diagnostycznego może być zalecenie o umiejscowieniu na danym obszarze nowego centrum dystrybucji albo rozbudowie istniejących centrów dystrybucji. **Autor poniższej pracy założył, że dostawy zostaną rozpatrzone z perspektywy skupisk, a nie poszczególnych sklepów (narzędzie analizuje ile sklepów Biedronka jest w danym mieście i łączy je w skupiska).** Narzędzie diagnostyczne będzie uwzględniało następujące dane:

1. **Liczbę centrów dystrybucji**, które zaopatrują logistycznie określone terytorium (skupiska).
2. **Liczbę skupisk**, które są obsługiwane przez dane centrum dystrybucji.
3. **Liczbę dostaw i wielkość pojedynczej dostawy** w roku z centrum dystrybucji do skupiska.
4. **Roczną wielkość zamówienia** składaną z danego skupiska do centrum dystrybucji.
5. **Odległość** pomiędzy centrum dystrybucji a skupiskiem.
6. Charakterystykę **środków transportu** wykorzystywanych w sieci dystrybucji:
 - 6.1. **Sztuki samochodów i ich rodzaj.**
 - 6.2. **Ładowność samochodów.**
 - 6.3. **Średnią prędkość** osiąganą przez samochody.

Narzędzie diagnostyczne będzie wykorzystywało kryterium kosztowe do poszukiwania zmiennych decyzyjnych. Na podstawie powyższych danych zostanie zoptymalizowana sieć dystrybucji, aby koszt dostawy z centrum do skupiska był jak najniższy. Dane, które zostały wykorzystane podczas konstrukcji narzędzia diagnostycznego odzwierciedlają stan sieci dystrybucji Biedronki z roku 2014. Nie umniejsza to w żadnym stopniu użyteczności narzędzia, ponieważ pozwalała ona na aktualizację danych wejściowych.

PRZYGOTOWANIE DANYCH NIEZBĘDNYCH DO BUDOWY NARZĘDZIA DIAGNOSTYCZNEGO

Narzędzie diagnostyczne zostanie skonstruowane według określonych założeń:

1. **Pierwszym założeniem** jest analizowanie sieci z perspektywy skupisk, a nie pojedynczych sklepów. Skupiska są przypisane do 13 regionów, na które została podzielona Polska (np. do regionu wyszkowskiego należy skupisko białostockie i warszawskie). Zostało to zaprezentowane na rysunku 1.

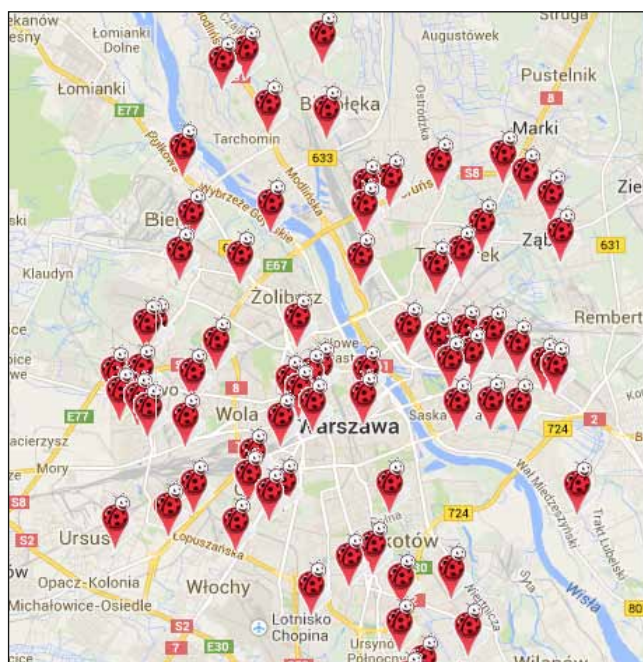
Takie założenie jest podyktowane brakiem precyzyjnych danych o rozmieszczeniu wszystkich sklepów w sieci Biedronka (Jeronimo Martins nie udostępnia takich informacji do publicznego wglądu). Z tego powodu autor postanowił połączyć sklepy w skupiska, które zawierają od kilkunastu do kilkudziesięciu placówek. Przykładowe skupisko sklepów na terenie Warszawy zostało przedstawione na rysunku 2.



Rys. 1. Mapa regionalna sieci Biedronka.
Fig. 1. Regional map of the Biedronka network.

Źródło: Opracowanie własne na podstawie [9, 10, 11, 12]

Source: Own study based on [9, 10, 11, 12]



Rys. 2. Skupisko sklepów Biedronka w Warszawie.
Fig. 2. A cluster of Biedronka stores in Warsaw.

Źródło: Opracowanie własne na podstawie [9, 10, 11, 12]

Source: Own study based on [9, 10, 11, 12]

2. **Drugim założeniem** jest ilość sklepów branych pod uwagę w tworzonego narzędziu. Większość sklepów Biedronka znajduje się na terenie małych miejscowości (najczęściej jeden sklep przypada na jedną, małą miejscowość). Autor pracy postanowił ograniczyć się do miejscowości (skupisk), które posiadają co najmniej 150 tysięcy mieszkańców oraz znajduje się na ich terenie minimalnie 10 sklepów. Wyjątkiem od tej reguły są:
 - **Zielona Góra** – ma 119 tys. mieszkańców. Niestety na terenie regionu Lubinia nie występuje miasto o liczbie mieszkańców przekraczającej 150 tys.

- **Sosnowiec, Gliwice, Zabrze, Bytom i Bielsko-Biała**, które posiadają powyżej 150 tys. mieszkańców. Wszystkie wymienione miasta należą do regionu Rudy Śląskiej, który powierzchniowo jest bardzo mały (powstałaby dysproporcja pomiędzy szczegółowością analizy regionów – region Wyszkowa jest dziesięciokrotnie większy, a autor pracy przyjął, że bada się na jego terenie tylko dwa skupiska). Z tego powodu postanowił on ograniczyć się do Katowic, które są najbardziej reprezentatywnym miastem regionu Rudy Śląskiej.
3. **Trzecim założeniem** jest sposób obliczania odległości pomiędzy skupiskiem a centrum dystrybucji. Autor pracy chciałby zasygnalizować, że obliczanie odległości pomiędzy skupieniami wiąże się z dwoma problemami:
- Pierwszym problemem jest sposób określenia reprezentanta skupienia czyli punktu, od którego liczy się odległość. Reprezentantem skupienia może być punkt centralny skupienia lub brzegowy (granica) skupienia.
 - Gdy zostanie określony punkt, który jest reprezentantem skupienia, pojawia się problem jak obliczyć odległości. Można dokonać pomiaru odległości w linii prostej pomiędzy dwoma reprezentantami skupienia lub dokonać pomiaru odległości trasy samochodowej.

Autor pracy postanowił za reprezentanta skupienia obrać punkt centralny skupienia, natomiast odległość pomiędzy nimi liczyć jako odległość trasy samochodowej pomiędzy dwoma skupiskami. Przykładowa długość trasy pomiędzy Warszawą (skupisko) a Wyszkowem (centrum dystrybucji – CD) została przedstawiona na rysunku 3.



Rys. 3. Sposób pomiaru odległości pomiędzy dwoma punktami.

Fig. 3. The method of measuring the distance between two points.

Źródło: Opracowanie własne na podstawie [9, 10, 11, 12]

Source: Own study based on [9, 10, 11, 12]

4. **Czwarte założenie** dotyczy sposobu określenia zapotrzebowania na produkty w skupisku. Popyt zgłaszany przez sklepy został przez autora artykułu ujednolicony dla wszystkich skupisk (wszystkie sklepy uwzględnione w narzędziu wyrażają takie samo zapotrzebowanie). Jeżeli dane skupisko np. Gdynia, posiada 21 sklepów to zapotrzebowanie całego skupiska wyniesie $21 \cdot \text{poziom}$

zapotrzebowania jednego sklepu. W dalszej części artykułu zostanie zaprezentowany sposób obliczenia zapotrzebowania jednego sklepu.

Jednym z elementów konstruowanego narzędzia diagnostycznego jest mapa regionalna sieci Biedronka z naniesionymi na nią danymi, niezbędnymi do konstrukcji modelu diagnostycznego. Dane zostały naniesione z uwzględnieniem czterech powyższych założeń. Na mapie (Rys. 1.) zostały zaznaczone centra dystrybucji (niebieskie kwadraty podpisane taką samą czcionką), skupiska sklepów (pomarańczowe sygnatury podpisane czarną czcionką) oraz odległości trasy samochodowej między nimi. Dane (nazwy regionów, nazwy skupisk sklepów oraz długości tras samochodowych pomiędzy centrami dystrybucji a skupiskami) zostały zaczerpnięte z rysunku 1. Zostały one uporządkowane według regionów, na jakie jest podzielona sieć Biedronka i umieszczone w tabeli 1. Dodatkowo w tej tabeli znajdują się informacje o liczbie sklepów i liczbie ludności w poszczególnych skupiskach. Tabela 1. jest podstawą konstruowanego narzędzia diagnostycznego i zawiera pogrupowane dane wejściowe.

Tabela 1. Dane wejściowe narzędzia diagnostycznego pogrupowane według regionów

Table 1. Diagnostic tool input data grouped by region

Region	Nazwa miasta (skupisko sklepów)	Liczba ludności	Liczba sklepów w mieście (skupisku)	Długość trasy samochodowej pomiędzy centrum dystrybucji a miastem (skupiskiem)
Wyszów	Warszawa	1,7 mln	80	60 km
	Białystok	295 tys.	22	138 km
Koszalin	Szczecin	409 tys.	29	160 km
	Gdańsk	460 tys.	46	10 km
Gdańsk	Gdynia	249 tys.	21	36 km
	Bydgoszcz	361 tys.	27	74 km
Grudziądz	Olsztyn	175 tys.	14	136 km
	Toruń	204 tys.	19	65 km
Lubin	Zielona Góra	119 tys.	17	45 km
Kostrzyn	Poznań	551 tys.	49	22 km
	Łódź	719 tys.	34	64 km
Sieradz	Częstochowa	234 tys.	14	109 km
	Kielce	201 tys.	10	162 km
Mszczonów	Radom	220 tys.	18	86 km
	Lubartów	Lublin	348 tys.	23
Brzeg	Wrocław	631 tys.	51	43 km
Ruda Śląska	Katowice	307 tys.	19	14 km
Kraków	Kraków	758 tys.	36	10 km
Wojnicz	Rzeszów	182 tys.	16	99 km

Źródło: Opracowanie własne na podstawie [9, 10, 11, 12]

Source: Own study based on [9, 10, 11, 12]

Z powyższej tabeli wynika, że w narzędziu diagnostycznym będzie uwzględnionych 13 regionów (centrów dystrybucji) oraz 19 skupisk. Na region Grudziądz przypadają trzy skupiska. Na region Wyszkowa, Gdańska, Sierdzia i Mszczonowa przypadają po dwa skupiska. Natomiast na region Koszalina, Lubina, Kostrzyna, Lubartowa, Brzegu, Rudy Śląskiej, Krakowa i Wojnicza przypada po jednym skupisku. 19 skupisk obejmuje łącznie 541 sklepów, co stanowi około 22% wszystkich sklepów. W przypadku występowania w jednym mieście centrum dystrybucji oraz skupiska autor przyjął, że odległość między nimi wynosi 10 km (jest to założenie upraszczające – przyjęto, że w takiej sytuacji CD znajduje się na obrzeżach miasta, a skupisko sklepów w jego centrum).

Podczas przygotowywania danych niezbędnych do konstrukcji modelu diagnostycznego nastąpiły liczne uproszczenia spowodowane brakiem dostępu do danych. Nie umniejsza to w żadnym wypadku użyteczności narzędzia diagnostycznego. Jego najsilniejszą stroną jest uniwersalność i elastyczność. W przypadku zdobycia dodatkowych danych, np. uzyskania dokładnej lokalizacji wszystkich sklepów Biedronka wraz z ich odległością od centrum dystrybucji, można bezproblemowo zmodyfikować i rozszerzyć narzędzie. Innymi słowy, konstruowane w dalszej części artykułu narzędzie może być swobodnie rozszerzane i modernizowane, zgodnie z potrzebą projektujących sieć dystrybucji Biedronki.

OPIS FORMALNY NARZĘDZIA DIAGNOSTYCZNEGO

Celem narzędzia jest wyznaczenie elementów macierzy X , $X=[x_{ij}]_{I \times J}$ wyjaśniających jak zaopatrywane są skupiska sklepów przez poszczególne centra. Poniżej został przedstawiony zapis formalny narzędzia.

I – liczba centrów dystrybucji,

J – liczba skupisk,

x_{ij} – zmienna decyzyjna zero-jedynkowa wyjaśniająca jak zaopatrywane jest j – te skupisko przez i – te centrum dystrybucji

x_{ij} – 1 jeżeli j – te skupisko jest zaopatrywane przez i – te centrum dystrybucji,

– 0 w przeciwnym przypadku.

W tabeli 2. Przedstawiono zmienne decyzyjne wyjaśniające jak zaopatrywane są skupiska sklepów przez poszczególne centra.

Wynika z niej, że w narzędziu występuje 60 zmiennych decyzyjnych. Zmienna decyzyjna X_{17} oznacza możliwość, że centrum dystrybucji w Wyszowie obsługuje skupisko w Olsztynie. Autor pracy przyjął, że każde centrum dystrybucji może obsługiwać poza swoim regionem również skupiska

Tabela 2. Zmienne decyzyjne wyjaśniające jak zaopatrywane są skupiska sklepów przez poszczególne centra

Table 2. Decision variables explaining how the store clusters are supplied by individual centers

Skupisko CD	Warszawa	Białystok	Szczecin	Gdańsk	Gdynia	Bydgoszcz	Olsztyn	Toruń	Zielona Góra	Poznań	Łódź	Częstoch.	Kielce	Radom	Lublin	Wrocław	Katowice	Kraków	Rzeszów
Wyszów	X_{11}	X_{12}					X_{17}							X_{114}	X_{115}				
Koszalin			X_{23}		X_{25}	X_{26}													
Gdańsk				X_{34}	X_{35}	X_{36}	X_{37}	X_{38}											
Grudziądz				X_{44}	X_{45}	X_{46}	X_{47}	X_{48}											
Lubin									X_{59}	X_{510}						X_{516}			
Kostrzyn						X_{66}		X_{68}	X_{69}	X_{610}	X_{611}					X_{616}			
Sieradz								X_{78}		X_{710}	X_{711}	X_{712}	X_{713}	X_{714}		X_{716}	X_{717}		
Mszczonów	X_{81}										X_{811}	X_{812}	X_{813}	X_{814}	X_{815}				
Lubartów	X_{91}													X_{914}	X_{915}				X_{919}
Brzeg												X_{1012}				X_{1016}			
Ruda Śląska												X_{1112}				X_{1116}	X_{1117}	X_{1118}	
Kraków												X_{1212}	X_{1213}	X_{1214}			X_{1217}	X_{1218}	X_{1219}
Wojnicz													X_{1313}					X_{1318}	X_{1319}

Źródło: Opracowanie własne na podstawie [9, 10, 11, 12]

Source: Own study based on [9, 10, 11, 12]

bezpośrednio sąsiadujące pod warunkiem, że odległość pomiędzy CD a skupiskiem nie przekracza 200 kilometrów. Dla tego CD w Wyszkanie może obsługiwać Warszawę i Białystok ze swojego regionu, Lublin z regionu Lubartowa, Radom z regionu Mszczonowa oraz Olsztyn z regionu Grudziądza.

Funkcja kryterium oznaczająca koszty obejmujące przewóz towaru pomiędzy centrami dystrybucji a skupiskami została przedstawiona za pomocą wzoru 1.

$$\text{Wzór 1 } \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J x_{ij} c_{ij} \rightarrow \text{MIN} \quad (1)$$

gdzie: c_{ij} – koszt jednostkowy przewozu towaru pomiędzy i – tym centrum dystrybucji a j – tym skupiskiem

Koszt jednostkowy c_{ij} można wyrazić wzorem 2.

$$\text{Wzór 2 } c_{ij} = \frac{d_j}{v} * l_{ij} \quad (2)$$

gdzie: d_j – popyt j – tego skupiska

Na popyt skupiska składa się suma popytów sklepów zawierających się w jego obrębie. Autor pracy przyjął, że roczny popyt jednego sklepu wynosi **500 ton** (założenie uprasz-

czające). Kolejna wielkość występująca w funkcji kosztu jednostkowego to v , gdzie:

v – ładowność samochodu ciężarowego służącego do przewozu dóbr.

Flota transportowa Biedronki to obecnie ponad 1000 pojazdów o różnej ładowności [9, 10, 11, 12]. Autor pracy przyjął, że narzędzie diagnostyczne będzie wykorzystywało jednakowe samochody ciężarowe o ładowności wynoszącej **20 ton**. Ostatnia wielkość w funkcji kosztu jednostkowego to l , gdzie:

l_{ij} – odległość pomiędzy i – tym centrum dystrybucji a j – tym skupiskiem.

Odległości pomiędzy badanymi centrami dystrybucji a skupiskami zostały zaprezentowane w Tabeli 3.

Uwzględniając we wzorze 1 zależności na c_{ij} ze wzoru 2 otrzymamy wzór 3.

$$\text{Wzór 3 } \sum_{i=1}^{13} \sum_{j=1}^{19} x_{ij} \frac{d_j}{v} * l_{ij} \rightarrow \text{MIN} \quad (3)$$

Po uwzględnieniu wartości liczbowych we wzorze 3 otrzymamy następującą postać funkcji celu:

Tabela 3. Odległości pomiędzy badanymi centrami dystrybucji a skupiskami

Table 3. Distances between the examined distribution centers and clusters

Skupisko CD	Wa-wa	B-stok	Szczecin	Gdańsk	Gdynia	Bydgoszcz	Olsztyn	Toruń	Zielona Góra	Poznań	Łódź	Częstochowa	Kielce	Radom	Lublin	Wrocław	Katowice	Kraków	Rzeszów
Wyszaków	60 km	138 km					188 km							134 km	200 km				
Koszalin			160 km		178 km	194 km													
Gdańsk				10 km	36 km	167 km	168 km	170 km											
Grudziądz				109 km	132 km	74 km	136 km	65 km											
Lublin									45 km	161 km						74 km			
Kostrzyn						113 km		132 km	179 km	22 km	181 km					170 km			
Sieradz								193 km		183 km	64 km	109 km	176 km	194 km		156 km	183 km		
Mszczonów	45 km										97 km	172 km	162 km	86 km	198 km				
Lubartów	170 km													129 km	26 km				192 km
Brzeg												141 km				43 km			
Ruda Śląska												91 km				181 km	14 km	89 km	
Kraków												142 km	116 km	171 km			80 km	10 km	175 km
Wojnicz													128 km					73 km	99 km

Źródło: Opracowanie własne na podstawie [9, 10, 11, 12]

Source: Own study based on [9, 10, 11, 12]

$$\begin{aligned}
& x_{11} \cdot \frac{d_1}{v} \cdot 60 + x_{12} \cdot \frac{d_2}{v} \cdot 138 + x_{17} \cdot \frac{d_7}{v} \cdot 188 + \\
& x_{114} \cdot \frac{d_{14}}{v} \cdot 134 + x_{115} \cdot \frac{d_{15}}{v} \cdot 200 + x_{23} \cdot \frac{d_3}{v} \cdot 160 + \\
& x_{25} \cdot \frac{d_5}{v} \cdot 178 + x_{26} \cdot \frac{d_6}{v} \cdot 194 + \dots x_{1212} \cdot \frac{d_{12}}{v} \cdot 142 + \\
& x_{1213} \cdot \frac{d_{13}}{v} \cdot 116 + x_{1214} \cdot \frac{d_{14}}{v} \cdot 171 + x_{1217} \cdot \frac{d_{17}}{v} \cdot 80 + \\
& x_{1218} \cdot \frac{d_{18}}{v} \cdot 10 + x_{1219} \cdot \frac{d_{19}}{v} \cdot 175 + x_{1313} \cdot \frac{d_{13}}{v} \cdot 128 + \\
& x_{1318} \cdot \frac{d_{18}}{v} \cdot 73 + x_{1319} \cdot \frac{d_{19}}{v} \cdot 99 \rightarrow \text{MIN}
\end{aligned}$$

Zmienne decyzyjne podlegają pewnym ograniczeniom. Pierwsze ograniczenie dotyczy nieujemności zmiennych decyzyjnych:

$$x_{11}, x_{12}, x_{16}, x_{17}, x_{18}, x_{113}, x_{114}, x_{115}, \dots, x_{1313}, x_{1318}, x_{1319} \geq 0$$

Drugie ograniczenie dotyczy obsługi każdego skupiska przez dokładnie jedno centrum dystrybucji:

$$\begin{aligned}
x_{11} + x_{81} + x_{91} &= 1 \\
x_{12} &= 1 \\
x_{23} &= 1 \\
x_{34} + x_{44} &= 1 \\
x_{25} + x_{35} + x_{45} &= 1 \\
x_{26} + x_{36} + x_{46} + x_{66} &= 1 \\
x_{17} + x_{37} + x_{47} &= 1 \\
x_{38} + x_{48} + x_{68} + x_{78} &= 1 \\
x_{59} + x_{69} &= 1 \\
x_{510} + x_{610} + x_{710} &= 1 \\
x_{611} + x_{711} + x_{811} &= 1 \\
x_{712} + x_{812} + x_{1012} + x_{1112} + x_{1212} &= 1 \\
x_{713} + x_{813} + x_{1213} + x_{1313} &= 1 \\
x_{114} + x_{714} + x_{814} + x_{914} + x_{1214} &= 1 \\
x_{115} + x_{815} + x_{915} &= 1 \\
x_{516} + x_{616} + x_{716} + x_{1016} + x_{1116} &= 1 \\
x_{717} + x_{1117} + x_{1217} &= 1 \\
x_{1118} + x_{1218} + x_{1318} &= 1 \\
x_{919} + x_{1219} + x_{1319} &= 1
\end{aligned}$$

Ostatnie ograniczenie dotyczy charakteru zmiennych binarnych, które przyjmują wartości zero-jedynkowe.

$$x_{11}, x_{12}, x_{16}, x_{17}, x_{18}, x_{113}, x_{114}, x_{115}, \dots, x_{1313}, x_{1318}, x_{1319} \in \{0, 1\}$$

WNIOSKI

Powyższy artykuł dotyczy analizy sieci dystrybucji organizacji Biedronka z perspektywy badań operacyjnych. Do analizy zostało wykorzystane programowanie liniowe, w którym warunki ograniczające oraz funkcja celu są funkcjami liniowymi [8]. Wynikiem tej analizy jest opis formalny autorskiego narzędzia diagnostycznego. Narzędzie umożliwia optymalizację sieci dystrybucji Biedronki z perspektywy kryterium kosztowego obranego przez autora niniejszego artykułu. Rezultat optymalizacji sieci dystrybucji Biedronki zostanie zaprezentowany w kolejnej części artykułu.

LITERATURA

- [1] **AMIRTEIMOORI A. 2011.** "An extended transportation problem: a DEA-based approach". Central European Journal of Operations Research. vol. 19, issue 4: 513.
- [2] **ANTILL J. M., R. W. WOODHEAD. 1990.** Critical Path Methods in Construction Practice. John Wiley & Sons Ltd, West Sussex.
- [3] **CORMEN T. H., C. E. LEISERSON, R. L. RIVEST, C. STEIN. 2009.** Introduction to Algorithms. The MIT Press, Cambridge.
- [4] **GAJDA J. B. 2001.** Prognozowanie i symulacja a decyzje gospodarcze. Warszawa: Wydawnictwo C.H. BECK.
- [5] **GUO X., X. LIU, Z. ZHAO. 2012.** „Study on Logistics Center Site Selection of Jilin Province”. Journal of Software. vol. 7, nr. 8: 1799.
- [6] **HUTSON K. R., D. R. SHIER. 2005.** "Bounding Distributions for the Weight of a Minimum Spanning Tree in Stochastic Networks". Operations Research. vol. 53, nr. 5: 879.
- [7] **KRAMARZ M. 2011.** „Sieci dostaw jako droga do wzrostu innowacyjności usług w sektorze dystrybucji”. Współczesne Zarządzanie. nr 4: 109.
- [8] **KUKUŁA K. (red.) 2016.** Badania operacyjne w przykładach i zadaniach. Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN.
- [9] Jeronimo Martins – Poznaj nas, <http://karierawjm.pl/poznaj-nas/>, Stan na: 14.IV.2014r.
- [10] Lista sklepów według producentów i miast, <http://www.promoceny.pl/sklepy/>, Stan na: 25.IV.2014r.
- [11] Obliczanie odległości dla dwóch punktów na całym świecie, <http://www.dystans.org/>, Stan na: 25.IV.2014r.
- [12] Biedronka – nasze sklepy, <http://www.biedronka.pl/pl/sklepy,city>, Stan na: 27.IV.2014r.