

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 2[®]

The concept of improving supply chain management in the Biedronka supply chain based on the original diagnostic tool – Part 2[®]

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 materiału oraz chęć przedstawienia przykładowego działania narzędzia diagnostycznego, autor postanowił podzielić artykuł na dwie części.

W części pierwszej artykułu autor 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.

OPTIMALIZACJA ZARZĄDZANIA ŁAŃCUCHEM DOSTAW SIECI BIEDRONKA W OPARCIU O AUTORSKIE NARZĘDZIE DIAGNOSTYCZNE

Model matematyczny z pierwszej części artykułu został zaimplementowany do arkusza kalkulacyjnego Microsoft Excel 2010. Następnie zadanie optymalizacyjne zostało rozwiązane za pomocą narzędzia do rozwiązywania problemów optymalizacyjnych typu *solver*. W wyniku rozwiązania powstał raport wyników oraz raport wrażliwości. Raport wyników składa się z dwóch części: raportu wyników zmiennych decyzyjnych oraz raportu wyników ograniczeń. Pierwszy z nich został zaprezentowany w Tabeli 1.

Punktem początkowym w analizie był stan obecny sieci dystrybucji. W wyniku optymalizacji sieci za pomocą narzędzia diagnostycznego koszty obejmujące przewóz towaru pomiędzy centrami dystrybucji a skupiskami spadły z poziomu 813575 (przed modyfikacją sieci) do poziomu 765775 (po modyfikacji sieci). Zmienne decyzyjne: X_{11} (zaopatrywanie skupiska Warszawy przez centrum dystrybucji w Wyszkowie), $X_{7,12}$ (zaopatrywanie skupiska Częstochowy przez centrum dystrybucji w Sieradzu) oraz $X_{8,13}$ (zaopatrywanie skupiska Kielc przez centrum dystrybucji w Mszconowie) zostały zastąpione przez X_{81} (zaopatrywanie skupiska Warszawy przez centrum dystrybucji w Mszconowie), $X_{11,12}$ (zaopatrywanie skupiska Częstochowy przez centrum dystrybucji w Rudzie Śląskiej), $X_{12,13}$ (zaopatrywanie skupiska Kielc przez centrum dystrybucji w Krakowie). Raport wyników ograniczeń został przedstawiony w Tabeli 2.

Tabela 1. Raport wyników zmiennych decyzyjnych

Table 1. Decision variables report

Komórka celu (Min)				
Komórka	Nazwa	Wartość początkowa	Wartość końcowa	
SDS1	Funkcja celu	813575	765775	
Komórki zmiennych				
Komórka	Nazwa	Wartość początkowa	Wartość końcowa	Całkowite
SBS2	X_{11}	1	0	Ciągłe
SBS3	X_{12}	1	1	Ciągłe
SBS4	X_{17}	0	0	Ciągłe
SBS5	X_{114}	0	0	Ciągłe
SBS6	X_{115}	0	0	Ciągłe
SBS7	X_{23}	1	1	Ciągłe
SBS8	X_{25}	0	0	Ciągłe
SBS9	X_{26}	0	0	Ciągłe
SBS10	X_{34}	1	1	Ciągłe
SBS11	X_{35}	1	1	Ciągłe
SBS12	X_{36}	0	0	Ciągłe
SBS13	X_{37}	0	0	Ciągłe
SBS14	X_{38}	0	0	Ciągłe
SBS15	X_{44}	0	0	Ciągłe
SBS16	X_{45}	0	0	Ciągłe
SBS17	X_{46}	1	1	Ciągłe
SBS18	X_{47}	1	1	Ciągłe
SBS19	X_{48}	1	1	Ciągłe
SBS20	X_{59}	1	1	Ciągłe
SBS21	X_{510}	0	0	Ciągłe
SBS22	X_{516}	0	0	Ciągłe
SBS23	X_{66}	0	0	Ciągłe
SBS24	X_{68}	0	0	Ciągłe
SBS25	X_{69}	0	0	Ciągłe
SBS26	X_{610}	1	1	Ciągłe
SBS27	X_{611}	0	0	Ciągłe
SBS28	X_{616}	0	0	Ciągłe

SBS29	X_{78}	0	0	Ciągłe
SBS30	X_{710}	0	0	Ciągłe
SBS31	X_{711}	1	1	Ciągłe
SBS32	X_{712}	1	0	Ciągłe
SBS33	X_{713}	0	0	Ciągłe
SBS34	X_{714}	0	0	Ciągłe
SBS35	X_{716}	0	0	Ciągłe
SBS36	X_{717}	0	0	Ciągłe
SBS37	X_{81}	0	1	Ciągłe
SBS38	X_{811}	0	0	Ciągłe
SBS39	X_{812}	0	0	Ciągłe
SBS40	X_{813}	1	0	Ciągłe
SBS41	X_{814}	1	1	Ciągłe
SBS42	X_{815}	0	0	Ciągłe
SBS43	X_{91}	0	0	Ciągłe
SBS44	X_{914}	0	0	Ciągłe
SBS45	X_{915}	1	1	Ciągłe
SBS46	X_{919}	0	0	Ciągłe
SBS47	X_{1012}	0	0	Ciągłe
SBS48	X_{1016}	1	1	Ciągłe
SBS49	X_{1112}	0	1	Ciągłe
SBS50	X_{1116}	0	0	Ciągłe
SBS51	X_{1117}	1	1	Ciągłe
SBS52	X_{1118}	0	0	Ciągłe
SBS53	X_{1212}	0	0	Ciągłe
SBS54	X_{1213}	0	1	Ciągłe
SBS55	X_{1214}	0	0	Ciągłe
SBS56	X_{1217}	0	0	Ciągłe
SBS57	X_{1218}	1	1	Ciągłe
SBS58	X_{1219}	0	0	Ciągłe
SBS59	X_{1313}	0	0	Ciągłe
SBS60	X_{1318}	0	0	Ciągłe
SBS61	X_{1319}	1	1	Ciągłe

Źródło: Opracowanie własne na podstawie [2, 3, 4, 5]

Source: Own study based on [2, 3, 4, 5]

Tabela 2. Raport wyników ograniczeń

Table 2. Limit results report

Ograniczenia					
Komórka	Nazwa	Wartość komórki	Formuła	Stan	Zapas czasu
SFS10	$X_{34}+X_{44}$	1	SFS10=1	Wiążące	0
SFS11	$X_{25}+X_{35}+X_{45}$	1	SFS11=1	Wiążące	0
SFS12	$X_{26}+X_{36}+X_{46}+X_{66}$	1	SFS12=1	Wiążące	0
SFS13	$X_{17}+X_{37}+X_{47}$	1	SFS13=1	Wiążące	0
SFS14	$X_{38}+X_{48}+X_{68}+X_{78}$	1	SFS14=1	Wiążące	0
SFS15	$X_{59}+X_{69}$	1	SFS15=1	Wiążące	0
SFS16	$X_{510}+X_{610}+X_{710}$	1	SFS16=1	Wiążące	0
SFS17	$X_{611}+X_{711}+X_{811}$	1	SFS17=1	Wiążące	0
SFS18	$X_{712}+X_{812}+X_{1012}+X_{1112}+X_{1212}$	1	SFS18=1	Wiążące	0
SFS19	$X_{713}+X_{813}+X_{1213}+X_{1313}$	1	SFS19=1	Wiążące	0
SFS20	$X_{14}+X_{714}+X_{814}+X_{914}+X_{1214}$	1	SFS20=1	Wiążące	0
SFS21	$X_{15}+X_{815}+X_{915}$	1	SFS21=1	Wiążące	0
SFS22	$X_{516}+X_{616}+X_{716}+X_{1016}+X_{1116}$	1	SFS22=1	Wiążące	0
SFS23	$X_{717}+X_{1117}+X_{1217}$	1	SFS23=1	Wiążące	0
SFS24	$X_{1118}+X_{1218}+X_{1318}$	1	SFS24=1	Wiążące	0
SFS25	$X_{919}+X_{1219}+X_{1319}$	1	SFS25=1	Wiążące	0
SFS7	$X_{11}+X_{81}+X_{91}$	1	SFS7=1	Wiążące	0
SFS8	X_{12}	1	SFS8=1	Wiążące	0
SFS9	X_{23}	1	SFS9=1	Wiążące	0

Źródło: Opracowanie własne na podstawie [2, 3, 4, 5]

Source: Own study based on [2, 3, 4, 5]

Raport wyników ograniczeń informuje, że narzędzie optymalizacyjne uwzględni warunki obsługi skupiska przez dokładnie jedno centrum dystrybucji. Raport wrażliwości

zmiennych decyzyjnych również składa się z dwóch części: raportu wrażliwości zmiennych decyzyjnych oraz raportu wrażliwości ograniczeń. Pierwszy z nich prezentuje Tabela 3.

Tabela 3. Raport wrażliwości zmiennych decyzyjnych

Table 3. Sensitivity report of decision variables

Komórki zmiennych						
Komórka	Nazwa	Wartość końcowa	Koszt zmniejszony	Współczynnik funkcji celu	Dopuszczalny wzrost	Dopuszczalny spadek
SBS2	X_{11}	0	30000	120000	1E+30	30000
SBS3	X_{12}	1	0	75900	1E+30	1E+30
SBS4	X_{17}	0	18200	65800	1E+30	18200
SBS5	X_{114}	0	21600	60300	1E+30	21600
SBS6	X_{115}	0	100050	115000	1E+30	100050
SBS7	X_{23}	1	0	116000	1E+30	1E+30
SBS8	X_{25}	0	74550	93450	1E+30	74550
SBS9	X_{26}	0	81000	130950	1E+30	81000
SBS10	X_{34}	1	0	11500	113850	1E+30
SBS11	X_{35}	1	0	18900	50400	1E+30
SBS12	X_{36}	0	62775	112725	1E+30	62775
SBS13	X_{37}	0	11200	58800	1E+30	11200
SBS14	X_{38}	0	49875	80750	1E+30	49875
SBS15	X_{44}	0	113850	12350	1E+30	113850
SBS16	X_{45}	0	50400	69300	1E+30	50400
SBS17	X_{46}	1	0	49950	26325	1E+30
SBS18	X_{47}	1	0	47600	11200	1E+30
SBS19	X_{48}	1	0	30875	31825	1E+30
SBS20	X_{59}	1	0	19125	56950	1E+30
SBS21	X_{510}	0	170275	197225	1E+30	170275
SBS22	X_{516}	0	39525	94350	1E+30	39525
SBS23	X_{66}	0	26325	76275	1E+30	26325
SBS24	X_{68}	0	31825	62700	1E+30	31825
SBS25	X_{69}	0	56950	76075	1E+30	56950
SBS26	X_{610}	1	0	26950	170275	1E+30
SBS27	X_{611}	0	99450	153850	1E+30	99450
SBS28	X_{616}	0	161925	216750	1E+30	161925
SBS29	X_{78}	0	60800	91675	1E+30	60800
SBS30	X_{710}	0	197225	224175	1E+30	197225
SBS31	X_{711}	1	0	54400	28050	1E+30
SBS32	X_{712}	0	6300	38150	1E+30	6300
SBS33	X_{713}	0	15000	44000	1E+30	15000
SBS34	X_{714}	0	48600	87300	1E+30	48600
SBS35	X_{716}	0	144075	198900	1E+30	144075
SBS36	X_{717}	0	80275	86925	1E+30	80275
SBS37	X_{81}	1	0	90000	30000	1E+30
SBS38	X_{811}	0	28050	82450	1E+30	28050
SBS39	X_{812}	0	28350	60200	1E+30	28350
SBS40	X_{813}	0	11500	40500	1E+30	11500
SBS41	X_{814}	1	0	38700	19350	1E+30
SBS42	X_{815}	0	98900	113850	1E+30	98900
SBS43	X_{91}	0	250000	340000	1E+30	250000
SBS44	X_{914}	0	19350	58050	1E+30	19350

SBS45	$X_{9,15}$	1	0	14950	98900	1E+30
SBS46	$X_{9,19}$	0	37200	76800	1E+30	37200
SBS47	$X_{10,12}$	0	17500	49350	1E+30	17500
SBS48	$X_{10,16}$	1	0	54825	39525	1E+30
SBS49	$X_{11,12}$	1	0	31850	6300	1E+30
SBS50	$X_{11,16}$	0	175950	230775	1E+30	175950
SBS51	$X_{11,17}$	1	0	6650	31350	1E+30
SBS52	$X_{11,18}$	0	71100	80100	1E+30	71100
SBS53	$X_{12,12}$	0	17850	49700	1E+30	17850
SBS54	$X_{12,13}$	1	0	29000	3000	1E+30
SBS55	$X_{12,14}$	0	38250	76950	1E+30	38250
SBS56	$X_{12,17}$	0	31350	38000	1E+30	31350
SBS57	$X_{12,18}$	1	0	9000	56700	1E+30
SBS58	$X_{12,19}$	0	30400	70000	1E+30	30400
SBS59	$X_{13,13}$	0	3000	32000	1E+30	3000
SBS60	$X_{13,18}$	0	56700	65700	1E+30	56700
SBS61	$X_{13,19}$	1	0	39600	30400	1E+30

Źródło: Opracowanie własne na podstawie [2, 3, 4, 5]

Source: Own study based on [2, 3, 4, 5]

Raport wrażliwości zmiennych decyzyjnych informuje o ile mogą zwiększyć się lub zmniejszyć koszty, ażeby zmienna decyzyjna (zmienna wyjaśniająca jak zaopatrywane są j-te skupiska przez i-te centra dystrybucji) była w optimum. Przykładowo koszty przewozu towarów z centrum dystrybucji w Grudziądzu do skupiska w Bydgoszczy (zmienna decyzyjna X_{46}) mogą wzrosnąć o 26325. Taki wzrost kosztów nie

spowoduje zmiany struktury sieci (skupisko Bydgoszczy nadal będzie obsługiwane przez CD w Grudziądzu). W przypadku wyższych kosztów, skupisko Bydgoszczy będzie obsługiwane przez inne centrum dystrybucji np. w Koszalinie, Gdańsku lub Kostrzynie. Raport wrażliwości ograniczeń prezentuje Tabela 4.

Tabela 4. Raport wrażliwości ograniczeń

Table 4. Limit sensitivity report

Ograniczenia						
Komórka	Nazwa	Końcowa wartość	Cena dualna	Prawa strona ograniczenia	Dopuszczalny wzrost	Dopuszczalny spadek
SFS10	$X_{34}+X_{44}$	1	11500	1	1E+30	1
SFS11	$X_{25}+X_{35}+X_{45}$	1	18900	1	1E+30	1
SFS12	$X_{26}+X_{36}+X_{46}+X_{66}$	1	49950	1	1E+30	1
SFS13	$X_{17}+X_{37}+X_{47}$	1	47600	1	1E+30	1
SFS14	$X_{38}+X_{48}+X_{68}+X_{78}$	1	30875	1	1E+30	1
SFS15	$X_{59}+X_{69}$	1	19125	1	1E+30	1
SFS16	$X_{5,10}+X_{6,10}+X_{7,10}$	1	26950	1	1E+30	1
SFS17	$X_{8,11}+X_{7,11}+X_{8,11}$	1	54400	1	1E+30	1
SFS18	$X_{7,12}+X_{8,12}+X_{10,12}+X_{11,12}+X_{12,12}$	1	31850	1	1E+30	1
SFS19	$X_{7,13}+X_{8,13}+X_{12,13}+X_{13,13}$	1	29000	1	1E+30	1
SFS20	$X_{1,14}+X_{7,14}+X_{8,14}+X_{9,14}+X_{12,14}$	1	38700	1	1E+30	1
SFS21	$X_{1,15}+X_{8,15}+X_{9,15}$	1	14950	1	1E+30	1
SFS22	$X_{5,16}+X_{6,16}+X_{7,16}+X_{10,16}+X_{11,16}$	1	54825	1	1E+30	1
SFS23	$X_{7,17}+X_{11,17}+X_{12,17}$	1	6650	1	1E+30	1
SFS24	$X_{11,18}+X_{12,18}+X_{13,18}$	1	9000	1	1E+30	1
SFS25	$X_{9,19}+X_{12,19}+X_{13,19}$	1	39600	1	1E+30	1
SFS7	$X_{11}+X_{81}+X_{91}$	1	90000	1	1E+30	1
SFS8	X_{12}	1	75900	1	1E+30	1
SFS9	X_{23}	1	116000	1	1E+30	1

Źródło: Opracowanie własne na podstawie [2, 3, 4, 5]

Source: Own study based on [2, 3, 4, 5]

Raport wrażliwości ograniczeń informuje, że założenie o obsłudze każdego skupiska przez dokładnie jedno centrum dystrybucji było jak najbardziej zasadne. Dodatnia cena dualna przy wszystkich ograniczeniach wskazuje, że każdy wzrost liczby obsługiwanych skupień przez dane centrum dystrybucji prowadzi do wzrostu kosztów obsługi sieci. Przykładowo, jeżeli prawa strona pierwszego ograniczenia wzrośnie o jeden (centrum dystrybucji w Wyszkwowie będzie mogło obsługiwać dwa skupiska), to koszt obsługi sieci dystrybucji wzrośnie o 11500. Wynikiem optymalizacji sieci dystrybucji Biedronki jest zmodyfikowana mapa regionów (sieć połączeń w pięciu regionach uległa modyfikacji). Zostało to przedstawione na Rysunku 1.



Rys. 1. Optymalna sieć dystrybucji Biedronki.
Fig. 1. Biedronka distribution network in optimum.

Źródło: Opracowanie własne na podstawie [2, 3, 4, 5]
Source: Own study based on [2, 3, 4, 5]

W celu osiągnięcia minimalnych kosztów przewozu pomiędzy poszczególnymi skupiskami i centrami dystrybucji narzędzie diagnostyczne sugeruje zmianę struktury sieci. Regiony Wyszkowa i Sieradza powierzchniowo ulegną zmniejszeniu. Natomiast regiony Rudy Śląskiej, Krakowa i Mszczonowa ulegną powiększeniu. Modyfikacja sieci dystrybucji w obrębie pięciu regionów spowoduje spadek kosztów obsługi całej sieci o 47800 jednostek w skali roku.

MODYFIKACJE NARZĘDZIA DIAGNOSTYCZNEGO

Najsilniejszą stroną autorskiego narzędzia diagnostycznego jest jego elastyczność oraz prostota dodawania modyfikacji. Modyfikacje narzędzia diagnostycznego mogą obejmować następujące obszary sieci dystrybucji:

1. **Koszty funkcjonowania centrów dystrybucji** – narzędzie diagnostyczne uwzględniało jedynie koszty zaopatrywania skupisk przez centra dystrybucji. Narzędzie nie uwzględniało kosztów, które generują centra np. koszty zatrudnienia pracowników, koszty magazynowania towarów, koszty amortyzacji maszyn, koszty zużytych zasobów. Koszty te mogą mieć następujące oznaczenie:

Ccd_i – koszty i – tego centrum dystrybucji

Po dodaniu kosztów funkcjonowania centrów dystrybucji do funkcji kryterium przedstawionej w poprzednim artykule otrzymamy wzór 1:

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

Po uwzględnieniu wartości liczbowych we wzorze 1, otrzymamy następującą postać funkcji celu:

$$\begin{aligned} & x_{11} \cdot \frac{d_1}{v} \cdot 60 + x_{12} \cdot \frac{d_2}{v} \cdot 138 + x_{17} \cdot \frac{d_7}{v} \cdot 188 + x_{14} \cdot \frac{d_{14}}{v} \cdot 134 + \\ & x_{15} \cdot \frac{d_{15}}{v} \cdot 200 + x_{23} \cdot \frac{d_3}{v} \cdot 160 + x_{25} \cdot \frac{d_5}{v} \cdot 178 + x_{26} \cdot \frac{d_6}{v} \cdot 194 + \\ & \dots x_{1212} \cdot \frac{d_{12}}{v} \cdot 142 + x_{1213} \cdot \frac{d_{13}}{v} \cdot 116 + x_{1214} \cdot \frac{d_{14}}{v} \cdot 171 + x_{1217} \cdot \\ & \frac{d_{17}}{v} \cdot 80 + x_{1218} \cdot \frac{d_{18}}{v} \cdot 10 + x_{1219} \cdot \frac{d_{19}}{v} \cdot 175 + x_{1313} \cdot \frac{d_{13}}{v} \cdot 128 + \\ & x_{1318} \cdot \frac{d_{18}}{v} \cdot 73 + x_{1319} \cdot \frac{d_{19}}{v} \cdot 99 + Ccd_1(x_{11} + x_{12} + x_{17} + x_{14} + x_{15}) + \\ & Ccd_{13}(x_{1313} + x_{1318} + x_{1319}) \rightarrow MIN \end{aligned}$$

Ograniczenia pozostaną niezmienione. Koszty funkcjonowania centrów dystrybucji mogą w istotny sposób wpłynąć na sieć dystrybucji Biedronki. Po ich uwzględnieniu może okazać się, że w długim okresie bardziej opłacalne jest zlikwidowanie części centrów i przypisanie skupisk do innych regionów.

2. **Podaż centrów dystrybucji** – każde z centrów dystrybucji ma na swoim stanie ograniczoną liczbę towarów, która znajduje się w magazynach. Centrum nie jest w stanie zaopatrzyć skupisk w większą ilość dóbr, niż posiada na składzie. Dodając podaż centrów dystrybucji do modelu można przyjąć następujące oznaczenie:

Scd_i – podaż i – tego centrum dystrybucji
 d_j – popyt j – tego skupiska

Uwzględniając podaż centrów dystrybucji należy dodać warunek o niemożliwości przetransportowania z i -tego centrum do j -tego skupiska towarów, których jest więcej niż możliwości magazynowe i -tego centrum. Uwzględnienie warunków spowoduje powstanie trzynastu nowych ograniczeń, które zostały zaprezentowane poniżej:

$$Scd_1 > d_1 + d_2 + d_7 + d_{14} + d_{15}$$

$$Scd_2 > d_3 + d_5 + d_6$$

$$Scd_3 > d_4 + d_5 + d_6 + d_7 + d_8$$

$$Scd_4 > d_4 + d_5 + d_6 + d_7 + d_8$$

$$Scd_5 > d_9 + d_{10} + d_{16}$$

$$Scd_6 > d_6 + d_8 + d_9 + d_{10} + d_{11} + d_{16}$$

$$Scd_7 > d_8 + d_{10} + d_{11} + d_{12} + d_{13} + d_{14} + d_{16} + d_{17}$$

$$Scd_8 > d_1 + d_{11} + d_{12} + d_{13} + d_{14} + d_{15}$$

$$Scd_9 > d_1 + d_{14} + d_{15} + d_{19}$$

$$Scd_{10} > d_{12} + d_{16}$$

$$Scd_{11} > d_{12} + d_{16} + d_{17} + d_{18}$$

$$Scd_{12} > d_{12} + d_{13} + d_{14} + d_{17} + d_{18} + d_{19}$$

$$Scd_{13} > d_{13} + d_{18} + d_{19}$$

Powyższe ograniczenia będą kolejnymi wśród już istniejących ograniczeń o: nieujemności, obsłudze każdego skupiska przez dokładnie jedno centrum dystrybucji oraz ograniczenia o charakterze binarnym zmiennych decyzyjnych.

3. **Problem taboru** – oddzielnym zagadnieniem jest problem taboru. Autor artykułu założył, że cała sieć wykorzystuje samochody ciężarowe o jednakowej ładowności 20 ton. Tabor sieci Biedronka jest zróżnicowany – występują w nim jednostki o różnej ładowności. W modelu nie została również uwzględniona ograniczona liczba samochodów, która przypada na poszczególne centrum dystrybucji (autor przyjął, że sieć posiada nieograniczoną flotę samochodów).
4. **Problem komiwojażera** – jeżeli będzie się rozpatrywało sklepy należące do sieci z perspektywy poszczególnych sklepów, a nie ich skupisk, to powstaje problem komiwojażera. Komiwojażer to osoba, która musi odwiedzić określoną liczbę miast i wrócić do miasta z którego rozpoczęła podróż. Problemem jest takie wyznaczenie trasy aby dystans był jak najmniejszy [1, s. 65]. Problem komiwojażera w przypadku sieci Biedronka pojawia się z punktu widzenia pojazdu zaopatrującego sklepy należące do skupisk. Dane jest n sklepów Biedronka jakie samochód dostawczy musi zaopatrzyć oraz odległość pomiędzy nimi, czas podróży i koszty podróży. Celem jest takie zoptymalizowanie trasy samochodu aby odległość, czas podróży i jej koszt były jak najniższe.

WNIOSKI

Autorskie narzędzie diagnostyczne, którego konstrukcja i sposób działania został zaprezentowany w serii dwóch artykułów, umożliwia optymalizację sieci dystrybucji Biedronki z perspektywy kryterium kosztowego. Rezultatem optymalizacji sieci dystrybucji jest zmodyfikowana sieć, w której znacząco spadły koszty obsługi.

Skonstruowane przez autora artykułu narzędzie diagnostyczne nie przyjęło formy ostatecznej. Dzięki swojej wysokiej elastyczności można je znacząco modyfikować i rozbudowywać o kolejne elementy tak, aby uzyskać potrzebne w danym momencie informacje. Autor artykułu zasugerował kierunki ewentualnych modyfikacji, które można zaimplementować do narzędzia. Ich zastosowanie pozwoli zoptymalizować sieć z perspektywy nowych kryteriów.

LITERATURA

- [1] KLIMEK M. 2005. „Sieci Hopfielda dla Problemu Komiwojażera”. *Zagadnienia Techniczno – Ekonomiczne* 1: 65.
- [2] PIĄTKOWSKI A. 2017. „Koncepcja usprawnienia zarządzania łańcuchem dostaw w sieci Biedronka w oparciu o autorskie narzędzie diagnostyczne – Część 1”. *Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego* 1: 157.
- [3] Jeronimo Martins – Poznaj nas, <http://karierawjm.pl/poznaj-nas/>, Stan na: 14.IV.2014 r.
- [4] Lista sklepów według producentów i miast, <http://www.promoceny.pl/sklepy/>, Stan na: 25.IV.2014 r.
- [5] Biedronka – nasze sklepy, <http://www.biedronka.pl/pl/sklepy,city>, Stan na: 27.IV.2014 r.