

Jerzy Szkutnik

Politechnika Częstochowska

WYKORZYSTANIE ALGORYTMÓW ZADAŃ TRANSPORTOWYCH DO OPTIMALIZACJI DYSTRYBUCJI ENERGII ELEKTRYCZNEJ

1. Wstęp

Zagadnienie transportowe jest często wykorzystywane do opracowania optymalnych rozwiązań dla różnorodnych segmentów działalności gospodarczej. Niniejszy referat jest próbą zastosowania tego rozwiązania do sektora energetycznego – w procesie tworzenia rejonów obsługi¹, metodologii powszechnie znanej w zarządzaniu logistycznym. Do tej oceny wykorzystuje się metodologię procesu tworzenia rejonów obsługi, a w nim wyróżnia się następujące trzy fazy:

- wstępne utworzenie rejonów,
- wyznaczanie rejonów na podstawie analizy logistycznej,
- interwencyjne zmiany w obsłudze klientów,

Metodologię tę przystosowano do sektora dystrybucji energii elektrycznej, wprowadzając do analiz najbardziej reprezentatywne parametry mające decydujące znaczenie w procesie dostawy energii elektrycznej do klientów. Obliczenia z wykorzystaniem metod z zakresu badań operacyjnych przeprowadzono w stosunku do skonsolidowanych grup energetycznych na podstawie zestawu danych nie będących odbiciem rzeczywistości. Chodzi tutaj o podanie pewnych zasad obliczeniowych, wyboru strategii. Prezentowane badania mają za zadanie przedstawienie pewnych propozycji systemowych dla sektora dystrybucji energii elektrycznej w Polsce. Punktem wyjścia analiz są utworzone rejony energetyczne – grupy energetyczne, stanowiące skonsolidowane obszary, w których do niedawna funkcjonowały samodzielne spółki dystrybucyjne. Powstanie grup energetycznych zostało podyktowane koniecznością stworzenia silnych przedsiębiorstw energetycznych, mogących z powodzeniem konkurować na zliberalizowanym rynku energii elektrycznej.

¹ S. Krawczyk, *Zarządzanie procesami logistycznymi*, PWE, Warszawa 2001.

2. Analizy optymalizacyjne

Pogłębiona analizę rozmieszczenia terytorialne obszarów dystrybucji energii elektrycznej przeprowadzono na podstawie Grupy Energetycznej ENION, Grupa ta składa się z 5 zakładów energetycznych, a te z kolei są podzielone na kilka rejonów energetycznych. Dane te zestawiono w tab. 1.

Tabela 1. Rozmieszczenie terytorialne obszarów dystrybucji energii elektrycznej w Grupie Energetycznej ENION

Strefa dystrybucji	Centrum dystrybucji	Klienci – odbiorcy
I ZE Kraków	A Kraków	A1 – RE Śródmieście A2 – RE Nowa Huta A3 – RE Podgórze A4 – RE Krowodrza A5 – RE Zakopane A6 – RE Nowy Targ A7 – RE Limanowa A8 – RE Nowy Sącz
II ZE Będzin	B Będzin	B1 – RE Sosnowiec B2 – RE Będzin B3 – RE Dąbrowa Górnicza B4 – RE Jaworzno B5 – RE Siersza B6 – RE Zawiercie B7 – RE Mysłowice
III ZE Częstochowa	C Częstochowa	C1 – RE Częstochowa Miasto C2 – RE Częstochowa Teren C3 – RE Myszków C4 – RE Lubliniec C5 – RE Kłobuck
IV ZE Tarnów	D Tarnów	D1 – RE Tarnów Miasto D2 – RE Tarnów Teren D3 – RE Bochnia D4 – RE Dębica D5 – RE Dąbrowa Tarnowska
V ZE Bielsko-Biała	E Bielsko-Biała	E1 – RE Bielsko-Biała E2 – RE Kęty E3 – RE Cieszyn E4 – RE Wadowice E5 – RE Żywiec

Źródło: opracowanie własne na podstawie: S. Krawczyk, wyd. cyt.

W kolejnej tabeli (tab. 2) zestawiono koszty dostawy energii elektrycznej z poszczególnych centrów dystrybucji do obszarów bezpośredniego zużycia, jakimi są rejony energetyczne. Obliczenia przeprowadzono na podstawie kosztów przesyłu w poszczególnych zakładach energetycznych (dane przykładowe).

Tabela 2. Koszty dostawy energii elektrycznej pomiędzy centrami dystrybucyjnymi a klientami [zł/MWh]

	A	B	C	D	E
A1	192,17	265,96	306,22	273,08	255,88
A2	198,92	273,57	306,22	273,08	253,13
A3	198,92	273,57	306,22	273,08	256,88
A4	198,92	273,57	306,22	273,08	256,88
A5	273,92	333,68	381,49	313,73	268,15
A6	252,92	318,48	363,24	291,01	264,40
A7	243,93	318,48	355,64	253,14	290,69
A8	266,42	341,30	378,45	249,35	305,73
B1	255,15	211,93	260,60	321,30	245,62
B2	262,67	209,13	256,87	328,88	253,13
B3	251,42	215,74	253,00	317,52	253,13
B4	243,92	223,35	268,21	317,53	238,10
B5	247,67	215,74	253,01	325,09	253,13
B6	251,43	227,15	245,39	321,30	268,15
B7	258,93	227,16	272,01	332,66	234,35
C1	296,41	249,98	204,34	279,65	301,96
C2	296,41	249,98	211,18	355,39	301,96
C3	266,42	234,77	233,99	325,09	279,43
C4	307,66	253,79	230,19	378,11	294,45
C5	315,16	269,01	222,58	375,08	313,23
D1	259,92	345,11	359,44	207,70	328,26
D2	255,17	341,30	367,05	211,49	335,77
D3	217,67	299,45	329,03	241,78	286,93
D4	292,66	367,94	382,25	234,21	358,31
D5	266,42	341,30	355,64	215,27	335,77
E1	262,67	261,40	313,83	336,45	200,54
E2	247,67	257,59	302,42	336,45	208,05
E3	292,66	280,43	321,43	366,75	223,08
E4	229,92	257,59	310,02	302,37	230,59
E5	258,92	276,62	325,23	328,88	211,81

Źródło: opracowanie własne na podstawie: S. Krawczyk, wyd. cyt.

Koszty w tabeli obliczono z uwzględnieniem różnic w koszcie zakupu w poszczególnych centrach dystrybucji; koszty przesyłu przyjęto na średnim poziomie, w odniesieniu do wszystkich centrów jednakowo. W obliczeniach uwzględniono także wydłużenie linii w stosunku do odległości pomiędzy centrami; przyjęto je na

poziomie $k_k = 1,486$. Jest to wartość uśredniona względem wszystkich poziomów napięciowych².

W tab. 3 przedstawiono zapotrzebowanie klientów oraz rezerwę zdolności przesyłowej sieci w poszczególnych centrach dystrybucyjnych.

Tabela 3. Zapotrzebowanie klientów i rezerwa zdolności przesyłowej w sieci w centrach dystrybucji

Klient	Zapotrzebowanie [GWh]	Centrum dystrybucji	Graniczna podaż [GWh]
A1	700,65	A	5470,11
A2	583,87		
A3	467,10		
A4	583,85		
A5	468,20		
A6	817,43		
A7	490,45		
A8	560,56		
B1	648,12	B	3551,17
B2	650,24		
B3	432,23		
B4	358,23		
B5	287,67		
B6	289,45		
B7	367,23		
C1	1089,45	C	3721,68
C2	622,12		
C3	467,23		
C4	467,12		
C5	454,76		
D1	564,23	D	2659,25
D2	347,45		
D3	348,89		
D4	620,34		
D5	349,34		
E1	859,45	E	3024,99
E2	396,78		
E3	387,23		
E4	342,12		
E5	587,34		

Źródło: opracowanie własne na podstawie: S. Krawczyk, wyd. cyt.

² J. Horak, *Sieci elektryczne, cz. 2: Sieć rozdzielcza jako zbiór elementów*, Politechnika Częstochowska, Częstochowa 1978, s. 86.

Rezerwa zdolności przesyłowej w centrach dystrybucyjnych jest związana z możliwościami dodatkowego przesyłu energii sieciami dystrybucyjnymi przy zachowaniu dotychczasowych parametrów jakościowych dostarczanej energii elektrycznej. Rezerwę tę można porównać przy dystrybucji innych towarów do niezbędnego zapasu w centrum dystrybucji.

Analiza zasadnego przyporządkowania klientów do centrum dystrybucji – z logistycznego punktu widzenia – polega na analizie dostawy energii elektrycznej przy zachowaniu minimum kosztów przesyłania do klientów. Jak wiadomo, odległość od punktu zasilania do odbiorcy w dużym stopniu wpływa na poziom kosztów dostawy. Zakładając, że podaż jest równa popytowi, otrzymuje się do rozwiązania typowe zagadnienie transportowe, w którym funkcją kryterialną jest funkcja kosztów, a podstawowa postać jest następująca³:

Dane są punkty odprawy S_1, S_2, \dots, S_m i punkty odbioru D_1, D_2, \dots, D_n . Przypuśćmy, że w punkcie S_i znajduje się p_i jednostek pewnego artykułu P i że koszt transportu jednej jednostki z punktu S_i do punktu D_j wynosi c_{ij} ($i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n$). Przypuśćmy dalej, że w punkcie D_j istnieje zapotrzebowanie na q_j jednostek artykułu P , przy czym oczywiście

$$\sum_i p_i = \sum_j q_j. \quad (1)$$

Zagadnienie polega na wyznaczeniu ilości x_{ij} , którą należy przetransportować z punktu S_i do punktu D_j , aby ogólny koszt transportu wszystkich jednostek do punktu odbioru był minimalny. Matematycznie zagadnienie to można ująć w następujący sposób: należy znaleźć m, n nieujemnych liczb całkowitych x_{ij} , takich że

$$\sum_j x_{ij} = p_i, \quad \sum_i x_{ij} = q_j. \quad (2)$$

T przypiera wartość minimalną, gdzie

$$T = \sum_{i,j} x_{ij} \times c_{ij}. \quad (3)$$

W tab. 4 przedstawiono wyniki analiz, które pozycjonują sposób zasilania odbiorców. Zasilanie to należy zweryfikować w odniesieniu do trzech przypadków, a mianowicie:

³ L.S. Goddard, *Metody matematyczne w badaniach operacyjnych*, PWN, Warszawa 1966.

- część odbiorców RE Nowy Sącz ze względu na mniejsze koszty dostawy może być zasilana z ZE Tarnów;
- część dotychczasowych odbiorców RE Bochnia powinna być zasilana z ZE Kraków;
- część odbiorców z RE Wadowice należałoby przełączyć na zasilanie z ZE Kraków.

Tabela 4. Optymalne dostawy

	A	B	C	D	E
A1	700,65				
A2	583,87				
A3	467,10				
A4	583,85				
A5	468,20				
A6	817,43				
A7	490,45				
A8	476,45			84,11	
B1		648,12			
B2		650,24			
B3		432,23			
B4		358,23			
B5		287,67			
B6		289,45			
B7		367,23			
C1			1089,45		
C2			622,12		
C3			467,23		
C4			467,12		
C5			454,76		
D1				89,32	
D2				564,23	
D3	89,32			347,45	
D4				259,57	
D5				620,34	
				349,34	
E1					859,45
E2					396,78
E3					387,23
E4	34,45				307,67
E5					587,34

Źródło: opracowanie własne na podstawie: S. Krawczyk, wyd. cyt.

Proponowane korekty w zmianie rejonów obsługi są jednym z elementów podnoszenia efektywności dystrybucji – ze względu na zmniejszanie kosztów dostawy energii elektrycznej – a także podnoszenia sprawności sieci ze względu na zmniejszanie strat w sieciach rozdzielczych.

3. Podsumowanie

Analizy optymalizacyjne przeprowadzone na jednej z grup energetycznych prezentują możliwości algorytmu zadania transportowego dotyczącego optymalnego rozłożenia dostawy energii elektrycznej do odbiorców w poszczególnych jednostkach dystrybucyjnych. Powstanie grup energetycznych takich jak ENION, stanowiących jedno przedsiębiorstwo, pozwala na wdrożenie przedstawionej wyżej metodologii zmierzającej do obniżenia sumarycznych kosztów dostawy energii elektrycznej. W analizowanym przypadku uzyskano oszczędności rzędu 3,5%. Redukcja tych kosztów stanowi podstawę ewentualnej korekty taryf na energię elektryczną; jest to działanie skierowane na wszystkich odbiorców. Przedstawiona metodologia jest więc elementem wielopłaszczyznowej działalności zmierzającej do poprawy efektywności działalności przedsiębiorstwa dystrybucyjnego.

Literatura

- [1] Goddard L.S., *Metody matematyczne w badaniach operacyjnych*, PWN, Warszawa 1966
- [2] Horak J., *Sieci elektryczne, cz. 2: Sieć rozdzielcza jako zbiór elementów*, Politechnika Częstochowska, Częstochowa 1978.
- [3] Krawczyk S., *Zarządzanie procesami logistycznymi*, PWE, Warszawa 2001.
- [4] Szkutnik J., *Logistics and Management of Electrical Energy in a Distribution Company*, [w:] M. Nowicka-Skowron, R. Lescroart, P. Pachura, *Technology & Economy in Industrial Reconversion*, ISI Pierrard, HEC du Luxembourg, Virton 2004, s. 382-386.
- [5] *The Model of the Management of the Efficiency in the Network of Distribution Energy-group*, [w:] *Technical and Economic Aspect of Modern Technology Transfer in Context of Integration with European Union*, red. J. Szkutnik, M. Kolcun, Mercury – Smekal Publishing House, Košice 2004, s. 125-131.
- [6] *Zarządzanie energią w spółce dystrybucyjnej*, VII Konferencja Naukowa „Prognozowanie w elektroenergetyce”, Częstochowa-Poraj-Jastrząb, wrzesień 2004, Politechnika Częstochowska, Częstochowa 2004, s. 203-208.

UTILIZATION OF THE TRANSPORT PROBLEM ALGORITHMUS TO THE OPTIMIZATION AT THE ELECTRIC ENERGY DISTRIBUTION

Summary

The paper presents the analysis of the electric energy supply cost to the regions. The analysis of this cost is being based on the algorithms of the transport problem. The obtained effects in the supply of the particular distributive companies allow to decrease the electric energy transmission cost on the area of the being analysed energy Group (which consists of several Distribution companies). Some further researches in this field are being planned; they aim to increase the electric energy distribution affectivity in the Distributive Companies.