

Marianna JACYNA¹, Jakub MURAWSKI, Emilian SZCZEPAŃSKI

Politechnika Warszawska, Wydział Transportu

ul. Koszykowa 75, 00-662 Warszawa

¹ e-mail: maja@it.pw.edu.pl

OPTIMALIZACJA DOSTAW DREWNA W RELACJI NADLEŚNICTWO – ZAKŁAD PRODUKCYJNY Z WYKORZYSTANIEM PAKIETU OOT_1

Streszczenie:

W artykule przedstawiono problem optymalizacji dostaw bezpośrednich w relacji nadleśnictwo-zakłady meblarskie. Sformułowano wieloasortymentowe zadanie optymalizacyjne przy kryterium minimalizacji kosztu dostawy drewna. Aby umożliwić dokładne wyznaczenie planu przewozów dla różnych środków transportu opracowano aplikację komputerową OOT1 dedykowaną pod kątem rozwiązywania zadań związanych z tzw. wieloasortymentowym problemem transportowym. Program OOT_1 stanowi istotne narzędzie wspomagające decyzję w rozwiązaniu rzeczywistych problemów planowania dostaw w relacji nadawca – odbiorca. Uniwersalność aplikacji polega na możliwości obliczania kosztów dostawy nie tylko drewna, ale również innych asortymentów

Słowa kluczowe: optymalizacja dostaw, wieloasortymentowy problem transportowy.

WPROWADZENIE

Projektowanie jest procesem inżynierskim, który wymaga od projektanta podejmowania dobrych decyzji dotyczących sposobów rozwiązania, które tworzą projekt. Najlepszy wariant to taki, który przy minimalnych nakładach zapewnia maksimum korzyści. Kluczem w budowaniu optymalnych rozwiązań jest decyzja. Decyzja nierzadko podejmowana jest metodą prób i błędów, z wykorzystaniem nabytych wcześniej wiedzy i doświadczenia.

Teoria decyzji jest wykorzystywana tam, gdzie podjęcie decyzji jest szczególnie trudne. Przykładowymi przyczynami tych trudności mogą być:

- duża liczba możliwych wariantów;
- skomplikowana sytuacja decyzyjna;
- możliwość wysokich korzyści lub dużych strat (np. finansowych);
- waga problemu decyzyjnego.

Problem optymalizacji dostaw drewna w relacji nadleśnictwo – zakład produkcyjny polega na takim wyznaczeniu planu przewozów, aby łączne koszty były najmniejsze. W praktyce do rozwiązania tego typu problemów można wykorzystywać różnorodne aplikacje komputerowe chociażby WinQSB czy MS Excel z dodatkiem SOLVER. Jednak programy te mają ograniczone zastosowanie. Zatem, aby umożliwić dokładne wyznaczenie planu przewozów zaprojektowano i zbudowano aplikację dedykowaną pod kątem rozwiązywania zadań związanych z tzw. wieloasortymentowym problemem transportowym.

1. SFORMUŁOWANIE PROBLEMU OPTYMALIZACYJNEGO

Na potrzeby matematycznego sformułowania problemu wyznaczania optymalnych dostaw zdefiniowano następujące elementy sieci transportowej oraz ich charakterystyki:

- Zbiór numerów nadawców (dostawców):

$$J = \{1, 2, \dots, j, \dots, \tilde{N}\}$$

gdzie:

j – numer nadawcy;

\tilde{N} – liczba nadawców.

- Zbiór numerów odbiorców:

$$I = \{1, 2, \dots, i, \dots, \tilde{M}\}$$

gdzie:

i – numer odbiorcy;

\tilde{M} – liczba odbiorców.

- Zbiór numerów asortymentów:

$$K = \{1, 2, \dots, k, \dots, \tilde{P}\}$$

gdzie:

k – numer asortymentu;

\tilde{P} – liczba asortymentów.

- Podaż zgłoszona przez nadawców:

$$A = [a_{jk}]_{\tilde{N} \times \tilde{P}} \quad j = 1, \dots, \tilde{N} \quad k = 1, \dots, \tilde{P}$$

- Popyt zgłoszony przez odbiorców:

$$B = [b_{ik}]_{\tilde{M} \times \tilde{P}} \quad i = 1, \dots, \tilde{M} \quad k = 1, \dots, \tilde{P}$$

- Koszt przewozu c_{jik} jednostki ładunku k -tego asortymentu pomiędzy j -tym dostawcą a i -tym odbiorcą:

$$C = [c_{jik}]_{\tilde{N} \times \tilde{M} \times \tilde{P}}$$

Zmienne decyzyjne x_{jik} o interpretacji liczby jednostek ładunku k -tego asortymentu przewożonego pomiędzy j -tym nadawcą a i -tym odbiorcą. Zmienne decyzyjne przedstawiono w postaci macierzy:

$$X = [x_{jik}]_{\tilde{N} \times \tilde{M} \times \tilde{P}}$$

Zadaniem jest ustalenie wartości liczbowych zmiennych decyzyjnych.

Ograniczenia:

- Przyjęto, że podaż a_{jk} , k -tego asortymentu zgłoszona przez j -tego nadawcę będzie wykorzystana, tj.:

$$\sum_{i=1}^{\tilde{M}} x_{jik} = a_{jk} \quad \forall k \in K \quad \forall j \in J$$

- Przyjęto, że popyt b_{ik} , zgłoszony przez i -tych odbiorców na k -ty asortyment musi być zaspokojony, tj.:

$$\sum_{j=1}^{\tilde{N}} x_{jik} = b_{ik} \quad \forall_{k \in K} \quad \forall_{i \in I}$$

- Założono, że wielkość dostaw ładunku k -tego asortymentu pomiędzy j -tym nadawcą a i -tym odbiorcą, nie może być ujemna:

$$x_{jik} \geq 0 \quad \forall_{k \in K} \quad \forall_{j \in J} \quad \forall_{i \in I}$$

Istotą zadania transportowego jest takie zaplanowanie przewozu ładunku k -tego asortymentu, między nadawcami a odbiorcami, aby koszty przewozu były możliwie najmniejsze.

Funkcja kryterium przewozu ładunku k -tego asortymentu, przybiera postać:

$$F(X_k) = \sum_{j=1}^{\tilde{N}} \sum_{i=1}^{\tilde{M}} c_{jik} \cdot x_{jik} \rightarrow \min \quad \forall_{k \in K}$$

W ogólnym przypadku **funkcja kryterium** przyjmuje postać:

$$F(X) = \sum_{k=1}^{\tilde{P}} \sum_{j=1}^{\tilde{N}} \sum_{i=1}^{\tilde{M}} c_{jik} \cdot x_{jik} \rightarrow \min$$

Przypadki wieloasortymentowego problemu transportowego:

- Zadanie zbilansowane – czyli równowaga popytu i podaży. Dla każdego asortymentu całkowita podaż oferowana przez nadawców jest równa całkowitemu popytowi zgłaszanemu przez odbiorców:

$$\sum_{j=1}^{\tilde{N}} a_{jk} = \sum_{i=1}^{\tilde{M}} b_{ik} \quad \forall_{k \in K}$$

- Nadwyżka podaży nad popytem dla przynajmniej jednego asortymentu – przypadek, gdy należy zbilansować zadanie. Istnieje taki k -ty asortyment, dla którego całkowita podaż oferowana przez nadawców przekracza całkowity popyt zgłaszany przez odbiorców. Dla takiego asortymentu należy dodać fikcyjnego odbiorcę, którego popyt jest różnicą całkowitej podaży i całkowitego popytu, na ten asortyment.

$$\sum_{j=1}^{\tilde{N}} a_{jk} > \sum_{i=1}^{\tilde{M}} b_{ik} \rightarrow b_{\tilde{M}+1,k} = \sum_{j=1}^{\tilde{N}} a_{jk} - \sum_{i=1}^{\tilde{M}} b_{ik} \quad \exists_{k \in K}$$

- Nadwyżka popytu nad podażą dla przynajmniej jednego asortymentu – przypadek, gdy należy zbilansować zadanie. Istnieje taki k -ty asortyment, dla którego całkowita podaż oferowana przez nadawców jest mniejsza niż całkowity popyt zgłaszany przez odbiorców. Dla takiego asortymentu należy dodać fikcyjnego nadawcę, którego podaż jest różnicą całkowitego popytu i całkowitej podaży, tego asortymentu.

$$\sum_{j=1}^{\tilde{N}} a_{jk} < \sum_{i=1}^{\tilde{M}} b_{ik} \rightarrow a_{\tilde{N}+1,k} = \sum_{i=1}^{\tilde{M}} b_{ik} - \sum_{j=1}^{\tilde{N}} a_{jk} \quad \exists_{k \in K}$$

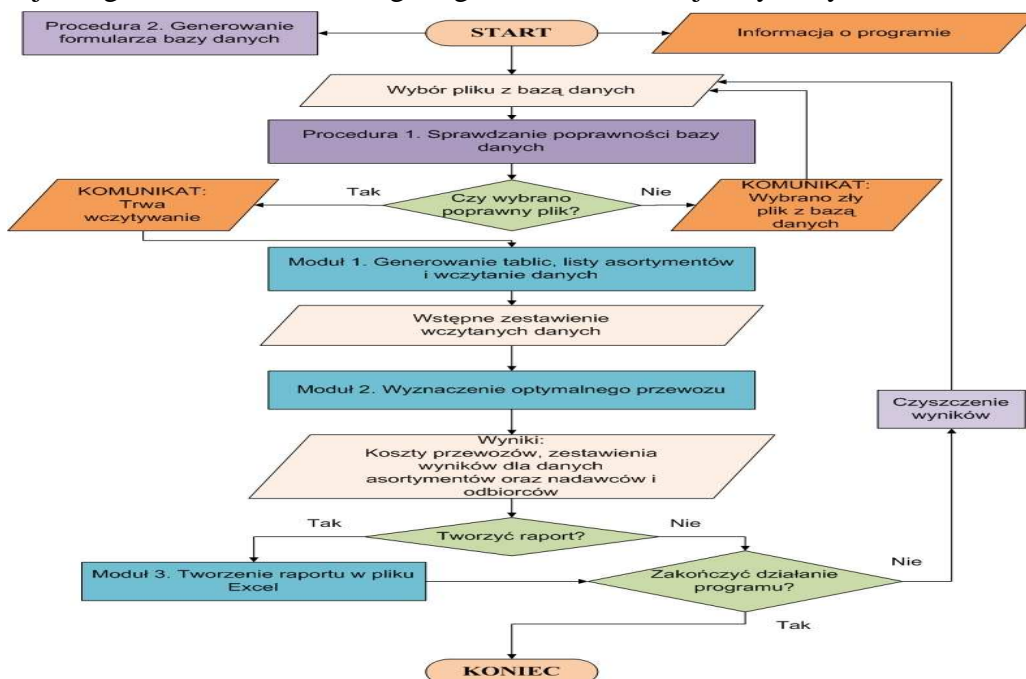
- Zadanie „mieszane” – gdy w problemie wieloasortymentowym występują dwa ostatnie przypadki. Wtedy należy zbilansować zadanie dla każdego asortymentu oddzielnie.

2. ALGORYTM APLIKACJI KOMPUTEROWEJ

Aplikacja OOT_1 została zaimplementowana w środowisku *Delphi*. Na rys. 1 przedstawiono schemat blokowy algorytmu opisywanego programu.

Program składa się z trzech modułów podstawowych:

- moduł wejściowy – wczytywania bazy danych (wraz z procedurą sprawdzającą jej poprawność),
 - moduł obliczeniowy – optymalizacji,
 - moduł wyjściowy – raportowania,
- oraz jednego modułu dodatkowego – generowania nowej bazy danych.



Rys. 1. Ogólny schemat blokowy algorytmu aplikacji OTT_1.

Źródło: opracowanie własne.

3. OPIS SCHEMATÓW BLOKOWYCH POSZCZEGÓLNYCH MODUŁÓW

Moduł wejściowy

Moduł wejściowy to moduł wczytywania danych. Wstępna kontrola danych, jakie użytkownik może wprowadzić do bazy danych jest prowadzona już na etapie jej tworzenia w programie Microsoft Excel. Jeśli weryfikacja jest pomyślna automatycznie rozpoczyna się wczytywanie danych liczbowych wraz z nazwami dostawców, odbiorców oraz asortymentów. Od momentu wybrania pliku, aż do pomyślnego zakończenia działania modułu wejściowego wyświetlany jest komunikat „Trwa wczytywanie...”. Ekran widoczny dla użytkownika po wczytaniu danych przedstawiono na rys. 2.



Rys. 2. Ekran właściwy programu – po operacji wczytywania

Źródło: opracowanie własne.

Moduł obliczeniowy

Najważniejszą częścią programu OTT_1 jest moduł obliczeniowy – optymalizacji. Moduł obliczeniowy opiera się na algorytmie prymalno – dualnym Forda i Fulkersona.

Po zakończeniu działania modułu optymalizacyjnego, aktywne stają się zakładki zawierające wyniki obliczeń. Każda z zakładek przyjmuje nazwę asortymentu. Po wybraniu danej zakładki wyświetla się tablica przepływów dla danego asortymentu. Aby wyświetlić pozostałe wyniki, tj.: koszt przewozu, liczba przewiezionych jednostek oraz liczba pozostałych lub brakujących jednostek danego asortymentu należy wybrać odpowiedni przycisk.

Użytkownik po zakończeniu optymalizacji nadal ma możliwość generowania bazy danych, wyświetlania wczytanej bazy danych, ale dodatkowo może zapisać wyniki w pliku Microsoft Excel. Po wywołaniu tej operacji wykonywany jest moduł wyjściowy czyli zapisu. Istnieje również możliwość nie zapisania wykonanych obliczeń i wczytania innej bazy danych bądź wyjście z programu

Zakładki, na których przedstawione są wyniki dla przykładowego asortymentu, pokazane zostały na rys. 3, 4, 5, 6.

	1. Małpol	2. Strong-Wood	3. Drewnix	4. U.T.B.E.T	5. Stokar	6. Rad.Więc	7. Tom-Bud	8. Dre	Podaż [m3]
1. Biała Podl	37,62	18,5	36,9	39,36	40	38,88	48,1	43	191
2. Bilgoraj	3,8	28,35	33,2	44,59	38	33,4	47,32	43	24
3. Chełm	23,98	16,84	37,81	45,36	38,72	37,62	45,72	43	44
4. Chotyłów	37,98	19,25	38,76	43,04	43,84	42,56	47,16	43	31
5. Gościeradów	19,78	26,04	19,09	44,48	25,74	19,32	42,15	35	11
6. Janów Lub	12,96	28,14	27,3	45,5	32,8	27,72	45,92	40	162
7. Józefów	11,88	17,94	37,62	45,84	37,57	33,2	49,08	44	102
8. Kraśnik	19,25	19,25	35,2	43,4	37,8	35,4	47,71	4	196
9. Kraśnik	17,16	22,88	22,77	44,1	28,14	22,22	44,55	36	164
10. Lubartów	24,64	13,95	30,24	40,8	37,05	35,2	45,78	39	132
11. Łuków	34,39	19,5	34,8	37,26	39,6	38,16	43,54	39	97
12. Międzyrzec	35,15	17,68	35,8	37,74	38,08	39,06	45,11	42	159
13. Mirce	23,54	28,14	41,76	46,92	43,95	41,92	53,76	46	151
14. Parczew	31,08	15,96	34,58	42,4	38,59	38,16	46,8	42	39
15. Puławy	28,14	22,77	19,55	39,06	28,35	24,64	42,72	35	193
16. Radzyń Pod	33,39	14,28	32,13	39,95	37,62	36,1	46,2	40	168
Popyt [m3]	221	221	557	59	82	207	38	16	

Rys. 3. Maska jednostkowych kosztów przewozu

Źródło: opracowanie własne.

	1. Maxpol	2. Strong-Wood	3. Drewnix	4. U.T.B.E.T	5. Stolkar	6. Rad-Więc	7. Tom-Bud	8. Drex	Wysłane
1. Biata Podl	0	0	0	0	0	0	0	0	
2. Bilgoraj	24	0	0	0	0	0	0	24	
3. Chełm	0	0	0	0	0	0	0	0	
4. Chotyłów	0	0	0	0	0	0	0	0	
5. Gościerad	0	0	0	0	0	0	0	0	
6. Janów Lub	95	0	0	0	0	0	0	95	
7. Józefów	102	0	0	0	0	0	0	102	
8. Krasnystaw	0	0	0	0	0	0	0	0	
9. Kraśnik	0	0	0	0	0	0	0	0	
10. Lubartów	0	132	0	0	0	0	0	132	
11. Łuków	0	0	0	0	0	0	0	0	
12. Międzyrzec	0	0	0	0	0	0	0	0	
13. Mirzec	0	0	0	0	0	0	0	0	
14. Parczew	0	0	0	0	0	0	0	0	
15. Puławy	0	0	0	0	0	0	0	0	
16. Radzyń Pod	0	0	0	0	0	0	0	0	
Odebrane	221	221	557	59	82	207	38	16	

Rys. 4. Maska identyfikacji dostawców

Źródło: opracowanie własne.

	1. Maxpol	2. Strong-Wood	3. Drewnix	4. U.T.B.E.T	5. Stolkar	6. Rad-Więc	7. Tom-Bud	8. Drex	Wysłane
1. Biata Podl	0	0	0	0	0	0	0	0	
2. Bilgoraj	91,2	0	0	0	0	0	0	91,2	
3. Chełm	0	0	0	0	0	0	0	0	
4. Chotyłów	0	0	0	0	0	0	0	0	
5. Gościerad	0	0	0	0	0	0	0	0	
6. Janów Lub	1231,2	0	0	0	0	0	0	1231,2	
7. Józefów	1211,76	0	0	0	0	0	0	1211,76	
8. Krasnystaw	0	0	0	0	0	0	0	0	
9. Kraśnik	0	0	0	0	0	0	0	0	
10. Lubartów	0	1841,4	0	0	0	0	0	1841,4	
11. Łuków	0	0	0	0	0	0	0	0	
12. Międzyrzec	0	0	0	0	0	0	0	0	
13. Mirzec	0	0	0	0	0	0	0	0	
14. Parczew	0	0	0	0	0	0	0	0	
15. Puławy	0	0	0	0	0	0	0	0	
16. Radzyń Pod	0	0	0	0	0	0	0	0	
Odebrane	2534,16	2979,4	6091,92	828,36	806,24	2285,6	259,92	74	

Rys. 5. Maska kosztów dostaw

Źródło: opracowanie własne.

Od	Do	Przewieziono [m3]	Koszt [zł]
2. Bilgoraj	1. Maxpol	24	91,2
6. Janów Lub	1. Maxpol	95	1231,2
7. Józefów	1. Maxpol	102	1211,76
10. Lubartów	2. Strong-Wood	132	1841,4
17. Sobibór	2. Strong-Wood	10	142,6
21. Włodawa	2. Strong-Wood	79	995,4
33. Łąck	4. U.T.B.E.T	59	828,36
35. Marcule	3. Drewnix	187	1136,96
46. Radom	3. Drewnix	30	334,8
50. Sokółów Po	3. Drewnix	125	1705
50. Sokółów Po	6. Rad-Więc	16	178,56
54. Barycz	3. Drewnix	15	214,2
57. Jędrzejów	5. Stolkar	54	699,84
60. Ostrowiec	6. Rad-Więc	85	979,2
61. Pińczów	3. Drewnix	26	327,6
65. Starachow	6. Rad-Więc	106	1127,84
68. Suchedniów	3. Drewnix	174	2373,36

Rys. 6. Maska zestawienia nadawcy – odbiorcy

Źródło: opracowanie własne.

Moduł wyjściowy

Moduł wyjściowy odpowiada za tworzenie raportu z wynikami obliczeń. Raport zapisywany jest do pliku w formacie xls. Wyniki obliczeń zapisywane są w poszczególnych arkuszach. Arkusze z nazwami asortymentów zawierają tablice przepływów między nadawcami a odbiorcami, koszty przewozu, liczbę jednostek wysłanych przez

poszczególnych nadawców oraz odebranych przez poszczególnych odbiorców. Arkusze te przedstawiono na rys. 7. Natomiast na rys. 8 zaprezentowano podsumowanie wyników ze względu na nadawców, a na rys. 9 analogicznie dla odbiorców.

Zestawienie wyników dla asortymentu: Sosna

Dla nadawców				Dla odbiorców			
Od	Do	m3	zł	Do	Od	m3	zł
2. Biłgoraj	1. Maxpol	24	91,2	1. Maxpol	2. Biłgoraj	24	91,2
6. Janów Lub	1. Maxpol	95	1231,2	1. Maxpol	6. Janów Lub	95	1231,2
7. Józefów	1. Maxpol	102	1211,76	1. Maxpol	7. Józefów	102	1211,76
10. Lubartów	2. Strong-Wood	132	1841,4	2. Strong-W	10. Lubartów	132	1841,4
17. Sobibór	2. Strong-Wood	10	142,6	2. Strong-W	17. Sobibór	10	142,6
21. Włodawa	2. Strong-Wood	79	995,4	2. Strong-W	21. Włodaw	79	995,4
33. Lack	4. U.T.B.E.T.	59	828,36	3. Drewlux	35. Marcule	187	1136,96
35. Marcule	3. Drewlux	187	1136,96	3. Drewlux	46. Radom	30	334,8
46. Radom	3. Drewlux	30	334,8	3. Drewlux	50. Sokolów	125	1705
60. Sokolów Po	3. Drewlux	125	1705	3. Drewlux	54. Barycz	15	214,2
60. Sokolów Po	6. Rad-Wieć	16	178,56	3. Drewlux	61. Pinczów	26	327,6
64. Barycz	3. Drewlux	15	214,2	3. Drewlux	68. Suchedn	174	2373,36
67. Jedrzejów	5. Stolkar	54	699,84	4. U.T.B.E.T.	33. Lack	59	828,36
69. Ostrowiec	6. Rad-Wieć	85	979,2	5. Stolkar	57. Jedrzejów	54	699,84
61. Pinczów	3. Drewlux	26	327,6	6. Rad-Wieć	70. Zagnańsk	28	106,4
65. Starachowi	6. Rad-Wieć	106	1127,84	6. Rad-Wieć	50. Sokolów	16	178,56
68. Suchedniów	3. Drewlux	174	2373,36	6. Rad-Wieć	60. Ostrowiec	85	979,2
70. Zagnańsk	5. Stolkar	28	106,4	6. Rad-Wieć	65. Staracho	106	1127,84
78. Piotrków T	8. Drew-Bud	195	741	7. Tom-Bud	85. Złoczew	38	259,92
85. Złoczew	7. Tom-Bud	38	259,92	8. Drew-Bud	78. Piotrków	195	741

Rys. 7. Przykładowy raport z wynikami dla wybranego asortymentu

Źródło: opracowanie własne.

Zestawienie wysłanych asortymentów

Nadawca	Jednostka	Sosna	Świerk	Brzoza	Podsumowanie
1. Biłgoraj	m3	0	0	0	0
2. Biłgoraj	m3	24	49	45	118
3. Chelm	m3	0	0	0	0
4. Chotyłów	m3	0	0	0	0
5. Gościerz	m3	0	0	0	0
6. Janów Lub	m3	95	0	0	95
7. Józefów	m3	1231,2	0	0	1231,2
8. Krasny	m3	1211,76	85	979,2	1800
9. Kraśnik	m3	0	0	1190,64	2402,4
10. Lubartów	m3	132	0	0	132
11. Łuków	m3	1841,4	0	0	1841,4
12. Marcule	m3	0	0	0	0
13. Ostrowiec	m3	0	0	0	0
14. Pinczów	m3	0	0	0	0
15. Radom	m3	0	0	0	0
16. Rad-Wieć	m3	0	0	0	0
17. Suchedniów	m3	174	0	0	174
18. Tom-Bud	m3	0	0	0	0
19. Włodawa	m3	0	0	0	0
20. Zagnańsk	m3	0	0	0	0
21. Złoczew	m3	0	0	0	0
22. Piotrków T	m3	0	0	0	0
23. Piotrków W	m3	0	0	0	0
24. Sokolów Po	m3	0	0	0	0
25. Sokolów W	m3	0	0	0	0
26. Stary Dąb	m3	0	0	0	0
27. Stary Dąb	m3	0	0	0	0
28. Stary Dąb	m3	0	0	0	0
29. Stary Dąb	m3	0	0	0	0
30. Stary Dąb	m3	0	0	0	0
31. Stary Dąb	m3	0	0	0	0
32. Stary Dąb	m3	0	0	0	0
33. Stary Dąb	m3	0	0	0	0
34. Stary Dąb	m3	0	0	0	0
35. Stary Dąb	m3	0	0	0	0
36. Stary Dąb	m3	0	0	0	0
37. Stary Dąb	m3	0	0	0	0
38. Stary Dąb	m3	0	0	0	0
39. Stary Dąb	m3	0	0	0	0
40. Stary Dąb	m3	0	0	0	0
41. Stary Dąb	m3	0	0	0	0
42. Stary Dąb	m3	0	0	0	0
43. Stary Dąb	m3	0	0	0	0
44. Stary Dąb	m3	0	0	0	0
45. Stary Dąb	m3	0	0	0	0
46. Stary Dąb	m3	0	0	0	0
47. Stary Dąb	m3	0	0	0	0
48. Stary Dąb	m3	0	0	0	0
49. Stary Dąb	m3	0	0	0	0
50. Stary Dąb	m3	0	0	0	0
51. Stary Dąb	m3	0	0	0	0
52. Stary Dąb	m3	0	0	0	0
53. Stary Dąb	m3	0	0	0	0
54. Stary Dąb	m3	0	0	0	0
55. Stary Dąb	m3	0	0	0	0
56. Stary Dąb	m3	0	0	0	0
57. Stary Dąb	m3	0	0	0	0
58. Stary Dąb	m3	0	0	0	0
59. Stary Dąb	m3	0	0	0	0
60. Stary Dąb	m3	0	0	0	0
61. Stary Dąb	m3	0	0	0	0
62. Stary Dąb	m3	0	0	0	0
63. Stary Dąb	m3	0	0	0	0
64. Stary Dąb	m3	0	0	0	0
65. Stary Dąb	m3	0	0	0	0
66. Stary Dąb	m3	0	0	0	0
67. Stary Dąb	m3	0	0	0	0
68. Stary Dąb	m3	0	0	0	0
69. Stary Dąb	m3	0	0	0	0
70. Stary Dąb	m3	0	0	0	0
71. Stary Dąb	m3	0	0	0	0
72. Stary Dąb	m3	0	0	0	0
73. Stary Dąb	m3	0	0	0	0
74. Stary Dąb	m3	0	0	0	0
75. Stary Dąb	m3	0	0	0	0
76. Stary Dąb	m3	0	0	0	0
77. Stary Dąb	m3	0	0	0	0
78. Stary Dąb	m3	0	0	0	0
79. Stary Dąb	m3	0	0	0	0
80. Stary Dąb	m3	0	0	0	0
81. Stary Dąb	m3	0	0	0	0
82. Stary Dąb	m3	0	0	0	0
83. Stary Dąb	m3	0	0	0	0
84. Stary Dąb	m3	0	0	0	0
85. Stary Dąb	m3	0	0	0	0
86. Stary Dąb	m3	0	0	0	0
87. Stary Dąb	m3	0	0	0	0
88. Stary Dąb	m3	0	0	0	0
89. Stary Dąb	m3	0	0	0	0
90. Stary Dąb	m3	0	0	0	0
91. Stary Dąb	m3	0	0	0	0
92. Stary Dąb	m3	0	0	0	0
93. Stary Dąb	m3	0	0	0	0
94. Stary Dąb	m3	0	0	0	0
95. Stary Dąb	m3	0	0	0	0
96. Stary Dąb	m3	0	0	0	0
97. Stary Dąb	m3	0	0	0	0
98. Stary Dąb	m3	0	0	0	0
99. Stary Dąb	m3	0	0	0	0
100. Stary Dąb	m3	0	0	0	0

Rys. 8. Arkusz kalkulacyjny zawierający podsumowanie wyników dla nadawców

Źródło: opracowanie własne.

Zestawienie odebranych asortymentów

Odbiorca	Jednostka	Sosna	Świerk	Brzoza	Podsumowanie
1. Maxpol	m3	221	49	133	403
2. Strong-W	m3	221	26	164	411
3. Drewlux	m3	2979,4	300,3	2353,4	5633,1
4. U.T.B.E.T.	m3	59	225	12	794
5. Stolkar	m3	8091,92	1242	84,46	7418,4
6. Rad-Wieć	m3	59	125	99	283
7. Tom-Bud	m3	828,36	1614,99	1603,47	4046,82
8. Drew-Bud	m3	38	66	112	216
9. Piotrków T	m3	259,92	409,96	897,04	1566,92
10. Piotrków W	m3	195	10	28	231
11. Piotrków W	m3	741	34,5	114,4	889,9

Rys. 9. Arkusz kalkulacyjny zawierający podsumowanie wyników dla odbiorców

Źródło: opracowanie własne.

4. PRZYKŁAD OBLICZENIOWY DOSTAW DREWNA W RELACJI NADLEŚNICTWO – ZAKŁAD PRODUKCYJNY Z ZASTOSOWANIEM PROGRAMU OOT_1

Weryfikacji opracowanego programu dokonano na przykładzie dostaw drewna z nadleśnictw do zakładów produkcyjnych dla dwóch województw: lubelskiego oraz świętokrzyskiego. Na rys. 10 przedstawiono lokalizację nadawców (nadleśnictw) oraz odbiorców (zakładów przetwórstwa drzewnego).



Rys. 10. Lokalizacja nadleśnictw oraz zakładów przetwórstwa drzewnego w województwie lubelskim i świętokrzyskim

Źródło: opracowanie własne na podstawie www.maps.google.pl.

W województwach świętokrzyskim i lubelskim wybrano po 2 zakłady przetwórstwa drzewnego (tabela 1).

Tabela 1. Zestawienie odbiorców – zakładów produkcyjnych

L.P	Pełna nazwa	Skrócona nazwa	Województwo	Zapotrzebowanie m3		
				Sosna	Świerk	Brzoza
1	Maxpol	Maxpol	Lubelskie	221	49	133
2	Strong-Wood	Strong-Woo	Lubelskie	221	26	164
3	Stolkar	Stolkar	Świętokrzyskie	82	189	86
4	Rad-Więc	Rad-Więc	Świętokrzyskie	207	81	163

Źródło: opracowanie własne.

W tabeli 2 przedstawiono zestawienie nadawców, 39 nadleśnictw na jakie podzielony jest obszar województwa świętokrzyskiego i lubelskiego.

Obliczenia wykonano wykorzystując program OOT_1 dla dwóch wariantów. Wariant 1 – koszty ustalane wg taryfikatora oraz wariant 2 – koszty wg stawek stałych.

Oprócz kosztów, potrzeb i możliwości produkcyjnych nadleśnictw jako dane wprowadzono odległości między nadleśnictwami a zakładami produkcyjnymi oraz parametry techniczne pojazdów wykorzystywanych do przewozu drewna.

Tabela 2. Zestawienie nadawców - nadleśnictw

L.P	Pełna nazwa	Skrócona nazwa	Województwo	Zdolność produkcyjna m3		
				Sosna	Świerk	Brzoza
1	Biała Podlaska	Biała Podl	Lubelskie	191	107	201
2	Biłgoraj	Biłgoraj	Lubelskie	24	151	45
3	Chełm	Chełm	Lubelskie	44	101	122
4	Chotyłów	Chotyłów	Lubelskie	31	186	164
5	Gościeradów	Gościeradów	Lubelskie	11	123	178
6	Janów Lubelski	Janów Lube	Lubelskie	162	82	16
7	Józefów	Józefów	Lubelskie	102	0	166
8	Krasnystaw	Krasnystaw	Lubelskie	196	28	190
9	Kraśnik	Kraśnik	Lubelskie	164	228	201
10	Lubartów	Lubartów	Lubelskie	132	106	165
11	Łuków	Łuków	Lubelskie	0	148	53
12	Międzyrzec Podlaski	Międzyrzec	Lubelskie	159	183	32
13	Mircze	Mircze	Lubelskie	151	197	24
14	Parczew	Parczew	Lubelskie	39	131	138
15	Puławy	Puławy	Lubelskie	193	170	65
16	Radzyń Podlaski	Radzyń Pod	Lubelskie	168	180	139
17	Sobibór	Sobibór	Lubelskie	64	166	20
18	Strzelce	Strzelce	Lubelskie	156	116	143
19	Świdnik	Świdnik	Lubelskie	201	100	28
20	Tomaszów Lubelski	Tomaszów L	Lubelskie	203	144	143
21	Włodawa	Włodawa	Lubelskie	79	161	207
22	Zwierzyniec	Zwierzynie	Lubelskie	120	178	129
23	Barycz	Barycz	Świętokrzyskie	78	160	222
24	Chmielnik	Chmielnik	Świętokrzyskie	230	22	63
25	Daleszyce	Daleszyce	Świętokrzyskie	22	216	161
26	Jędrzejów	Jędrzejów	Świętokrzyskie	225	21	41
27	Kielce	Kielce	Świętokrzyskie	94	0	147
28	Łągów	Łągów	Świętokrzyskie	123	131	185
29	Ostrowiec Świętokrzyski	Ostrowiec	Świętokrzyskie	85	15	171
30	Pińczów	Pińczów	Świętokrzyskie	26	109	220
31	Przedbórz	Przedbórz	Świętokrzyskie/Łódzkie	216	76	100
32	Ruda Maleniecka	Ruda Malen	Świętokrzyskie	62	110	131
33	Skarżysko-Kamienna	Skarżysko-	Mazowieckie/Świętokrzyskie	103	0	28
34	Starachowice	Starachowi	Świętokrzyskie	106	212	196
35	Staszów	Staszów	Świętokrzyskie	122	19	0
36	Stąporków	Stąporków	Świętokrzyskie	22	223	123
37	Suchedniów	Suchedniów	Świętokrzyskie	174	157	40
38	Włoszczowa	Włoszczowa	Świętokrzyskie	114	136	198
39	Zagnańsk	Zagnańsk	Świętokrzyskie	28	140	210

Źródło: opracowanie własne.

W wariantcie 1 obliczenia przeprowadzone dla kosztów zmiennych. Koszty dla każdego przewozu są ustalone w zależności od strefy do jakiej przynależy dana relacja nadawca – odbiorca. W wariantcie 2 obliczenia przeprowadzone dla kosztów wg stawek stałych. Obliczenia przeprowadzono dla kosztów stałych tzn. nie zmieniających się wraz ze zmianą

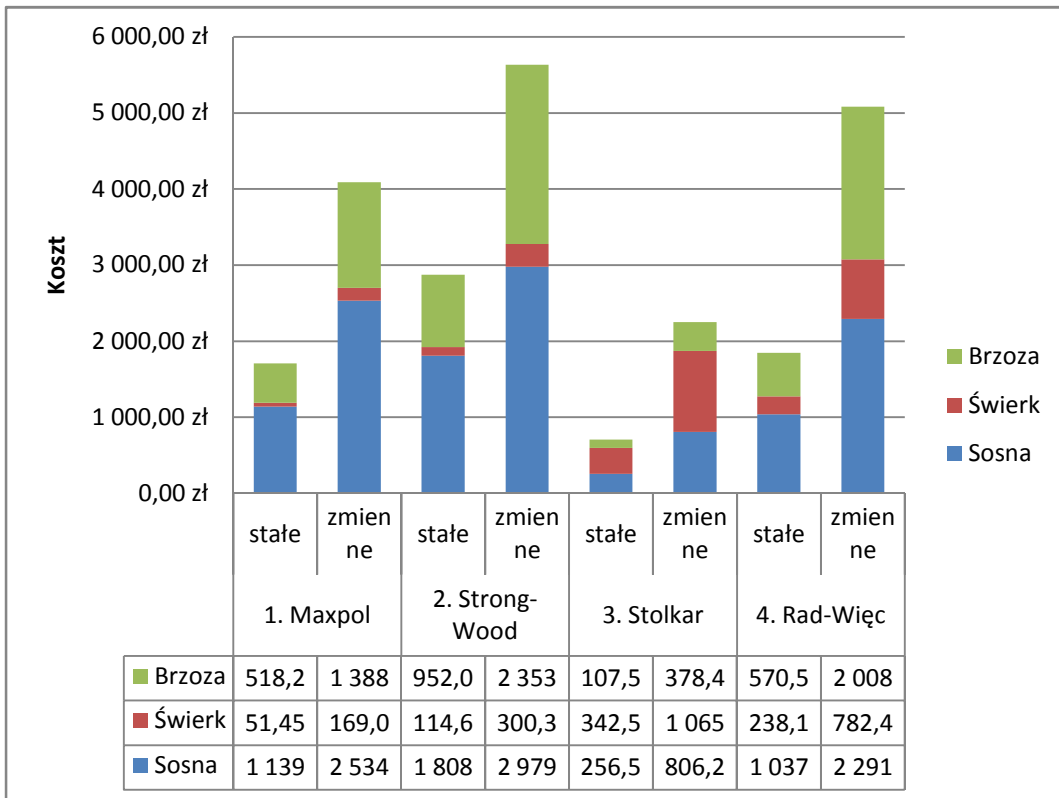
odległości, (stała stawka za 1 km). Zestawienie wyników wysłanych ładunków przez poszczególnych nadawców w obu wariantach przedstawiono w tabeli 3

Tabela 3. Zestawienie wysłanych asortymentów przez nadawców – wariant 1 i 2 (W1, W2)

Nr	Nadawca	Jednostka	Sosna		Świerk		Brzoza		RAZEM	
			W1	W2	W1	W2	W1	W2	W1	W2
2	Biłgoraj	m3	24	24	49	49	45	45	118	118
		zł	91,2	26,4	169,05	51,45	198	56,25	458,25	134,1
6	Janów Lub.	m3	95	-	0	-	0	-	95	-
		zł	1231,2	-	0	-	0	-	1231,2	-
7	Józefów	m3	102	77	0	0	88	0	190	77
		zł	1211,76	559,02	0	0	1190,64	0	2402,4	559,02
10	Lubartów	m3	132	103	0	0	0	0	132	103
		zł	1841,4	1019,7	0	0	0	0	1841,4	1019,7
14	Parczew	m3	-	39	-	26	-	138	-	203
		zł	-	180,18	-	114,66	-	724,5	-	1019,34
17	Sobibór	m3	10	-	0	-	0	-	10	-
		zł	142,6	-	0	-	0	-	142,6	-
21	Włodawa	m3	79	79	26	0	164	26	269	105
		zł	995,4	608,3	300,3	0	2353,4	227,5	3649,1	835,8
22	Zwierzynie	m3	-	120	-	0	-	88	-	208
		zł	-	554,4	-	0	-	462	-	1016,4
26	Jędrzejów	m3	54	-	2	-	0	-	56	-
		zł	699,84	-	23,76	-	0	-	723,6	-
29	Ostrowiec	m3	85	85	0	0	0	0	85	85
		zł	979,2	598,4	0	0	0	0	979,2	598,4
34	Starachowice	m3	106	106	128	81	163	163	397	350
		zł	1127,84	326,48	1341,29	238,14	2008,16	570,5	4477,29	1135,12
37	Suchedniów	m3	16	70	0	49	0	0	16	119
		zł	184,32	338,36	0	195,51	0	0	184,32	533,87
39	Zagnańsk	m3	28	28	140	140	86	86	254	254
		zł	106,4	30,8	483	147	378,4	107,5	967,8	285,3
	RAZEM	m3	731	731	345	345	546	546	1622	1622
		zł	8611,16	4242,04	2317,4	746,76	6128,6	2148,25	17057,16	7137,05

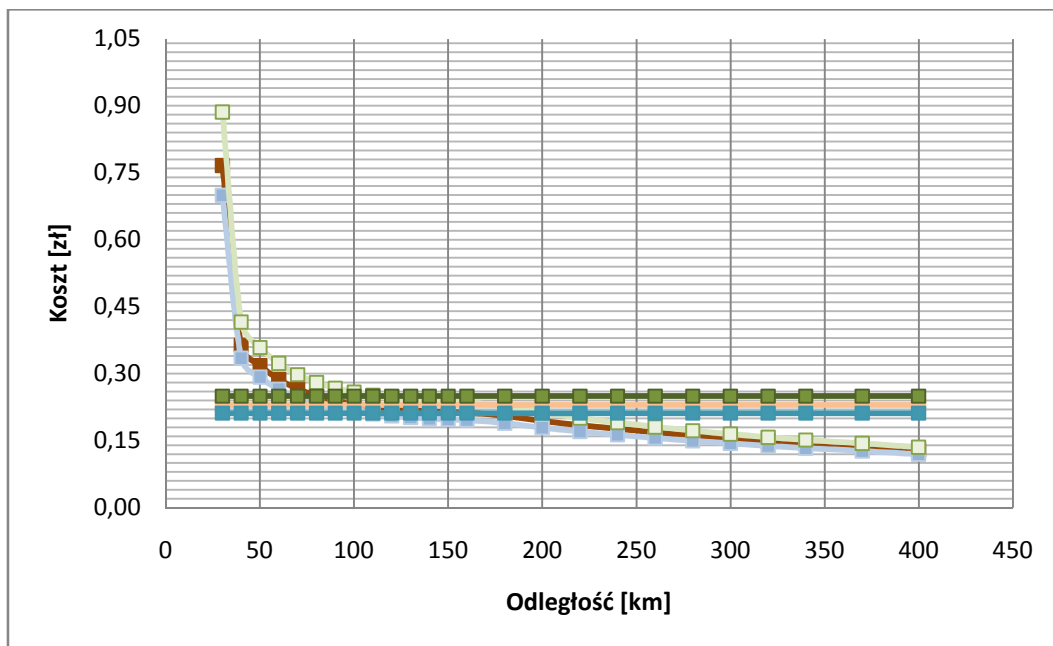
Źródło: opracowanie własne.

Porównanie kosztów zmiennych i stałych z punktu widzenia sumy ładunku odebranego przez danych odbiorców pokazano na rys. 11. Na rys. 12 przedstawiono natomiast wykres kosztów w zależności od odległości, widać na nim że dla małego kilometrażu koszty zmienne maleją wykładniczo, ale są wielokrotnie wyższe od stałych. Wartością graniczną dla której koszty zmienne są niższe od stałych jest odległość około 100 km po której koszty maleją już liniowo.



Rys. 11. Porównanie kosztów odbioru wg taryfikatora i wg stawek

Źródło: opracowanie własne.



Rys. 12. Porównanie kosztów

Źródło: opracowanie własne

5. WNIOSKI

Program OOT_1 stanowi wymierny efekt pracy. Może on stanowić istotne narzędzie wspomagające decyzję w rozwiązaniu rzeczywistych problemów planowania dostaw w relacji nadawca – odbiorca.

Warto zaznaczyć uniwersalność omawianej aplikacji. Może ona służyć do obliczania kosztów przewozu nie tylko drewna, ale również innych asortymentów. Ze względu na swoją specyfikę aplikacja ma zastosowanie przede wszystkim w przypadku ładunków masowych oraz sztukowym luzem. Uwarunkowane jest to jednak faktem, że ładunek przewożony w danym pojeździe musi być jednorodny, tj. na danym środku transportu może znajdować się tylko jeden typ asortymentu. Biorąc pod uwagę powyższe ograniczenie opracowana metoda idealnie nadaje się do optymalizacji przewozu towarów takich jak zboża, węgiel, czy paliwa płynne. Jednak po pewnych modyfikacjach mogłaby ona być wykorzystywana do optymalizacji planów przewozowych innych rodzajów ładunków (np. jednostek ładunkowych paletowych).

Kolejną zaletą aplikacji OOT_1 jest praca z dużą liczbą zmiennych decyzyjnych. W przypadku opracowanej metody, na chwilę obecną, praktycznie nie istnieje górna granica liczby obsługiwanych zmiennych decyzyjnych. Poziom złożoności rozwiązywanego zadania jest ograniczony jedynie przez parametry obliczeniowe komputera. Z programistycznego punktu widzenia rzeczywista liczba zmiennych decyzyjnych może wynosić nawet 2^{32} dla każdego z asortymentów.

Niewątpliwą zaletą aplikacji stworzonej na podstawie omawianego algorytmu jest możliwość tworzenia wielu różnorodnych analiz. Implementacja komputerowa umożliwia podejmowanie decyzji dotyczących planowania i organizacji przewozów. Program pozwala m.in. na symulację przewozów z uwzględnieniem zarówno kosztów wg stawki stałej jak i kosztów zmiennych ustalanych na podstawie taryfikatora. Omawiana metoda umożliwia również dobór środków transportowych jakie powinny być zastosowane w określonym przypadku, czy też sprawdzenie jak na koszty transportu wpływają czynniki takie jak rodzaj asortymentu, jego liczba oraz odległość między nadawcą a odbiorcą. W oparciu o uzyskane wyniki można zweryfikować korzyści jakie przynosi współpraca z danym odbiorcą, opłacalność przewozu określonego produktu lub czy opłacalność eksploatacji określonych punktów pozyskania lub składowania surowców.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Glinka M.: *Elementy badań operacyjnych w transporcie*. Wyd. Politechnika Radomska, Radom 2009.
- [2] Harris S., Ross J., *Algorytmy od podstaw*. Helion, Gliwice 2006.
- [3] Michalkiewicz Z., *Algorytmy genetyczne + struktury danych = programy ewolucyjne*. WNT, Warszawa 2003.
- [4] Sebyła A.: *Algorytmy matematyczne w języku Basic i Turbo Pascal*. Wyd. PLJ, Warszawa 1993.
- [5] Steenbrink P. A.: *Optymalizacja sieci transportowych*. WKŁ, Warszawa 1978.
- [6] Sysło M., Deo N., Kowalik S.: *Algorytmy optymalizacji dyskretnej*. PWN, Warszawa 1999.
- [7] Jacyna M. „Wybrane zagadnienia modelowania systemów transportowych”, Wydawnictwo Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2009r.,
- [8] Jacyna M. „Modelowanie i ocena systemów transportowych”, Wydawnictwo Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2009r.,

WOOD DELIVERY OPTIMIZATION IN RELATION BETWEEN FORESTRY COMMISSION AND PRODUCTION COMPANY WITH USAGE OF COMPUTER PACKAGE OOT_1

Abstract:

The article presents direct delivery optimization problem in relation between forestry commission and furniture factory. Multi-assortment optimization task with the criteria of wood delivery costs minimization was formulated. To allow an accurate designation of transportation plans for different types of vehicles, the computer application designed for solving multi-assortment transportation problem was developed. OOT_1 is an important tool supporting decision making in solving real life problems of delivery planning between sender and recipient. Application versatility allows it to calculate not only wood delivery costs but also delivery costs of other assortments.

Key words: delivery optimization, multi-assortment transportation problem.