ZENON MUSZYŃSKI

Zastosowanie programowania liniowego do rejonizacji spedycji drewna ze składnic do zakładów odbiorczych

Применение линейного программирования для районизации вывозки древесины со складов на предприятия-потребители

The application of linear programming to the regional distribution of timber dispatching from depots to woodworking plants

Przewozy ładunków drewna ze składnic spedycyjnych do zakładów odbiorczych nie zawsze przebiegają według najmniejszego nakładu środków. Składa się na to wiele przyczyn często niezależnych od decyzji podejmowanych przez kierownictwo składnic. W związku z tym chciałbym wskazać sposoby, za pomocą których określa się optymalne wielkości tych czynników, które można we własnym zakresie, w odpowiednich granicach kształtować. Zależy nam przede wszystkim na uniknięciu zbyt dalekich przerzutów surowca i o dalszą, bardziej wnikliwą analizę rejonizacji dostaw ładunków opartą o kryteria minimalizacji ogólnej liczby tonokilometrów.

Zagadnienie to ma istotne znaczenie w gospodarstwie leśnym ze względu na niedobór środków transportowych, który można w pewien sposób złagodzić przez zwiększenie rotacji pojazdów, a więc przez skrócenie ich przebiegu po sieci dróg kołowych i żelaznych. Należy podkreślić, że w bieżącym pięcioleciu przerób drewna na składnicach osiągnie poziom 7,5 mln m^3 (3).

W organizowaniu i planowaniu dostaw ładunków drewna ze składnic do zakładów odbiorczych zasadniczo kierujemy się doświadczeniem z lat ubiegłych, rutyną planistów i długoletnią praktyką pracowników inżynieryjno-technicznych. Nie mamy jednak, w odniesieniu do ustalonych kierunków dostaw, tego przeświadczenia, że określony plan spedycji jest optymalny, i że jego wskaźniki ekonomiczne są maksymalne.

W tej sytuacji istnieje potrzeba zastosowania rachunku ekonomicznego opartego na stosunkowo prostych i praktycznie przydatnych analizach matematycznych. Mam tu na myśli programowanie liniowe, na którego praktyczne zastosowanie chciałbym zwrócić uwagę leśników.

Teoria programowania liniowego, powstała w ostatnim dwudziestoleciu. Znajduje ona coraz to szersze zastosowanie w badaniach techniczno-ekonomicznych przy rozwiązywaniu różnych problemów, dających się ująć w odpowiedni model matematyczny o alternatywnych możliwościach podejmowania decyzji w warunkach istnienia ściśle określonych ograniczeń, które pozostają niezmienne przy maksymalizowaniu lub minimalizowaniu pewnych wielkości.

Zagadnienia programowania liniowego wiążą się z efektywnym wykorzystaniem lub rozmieszczeniem ograniczonych środków, tak aby spełnić określone wymagania (4). Dzięki rozwojowi techniki obliczeniowej opartej o elektronowe maszyny rachunkowe, możliwe jest już dziś dokładne i szybkie rozwiązywanie wielu skomplikowanych i uciążliwych zadań.

Programowanie liniowe jest wykorzystywane przy rozwiązywaniu różnych problemów życia gospodarczego, a szczególnie w tzw. zagadnieniach transportowych, jeżeli istnieją możliwości alternatywnego podejmowania decyzji i gdy wyznaczony jest cel działania oraz warunki umożliwiające jego optymalizację.

W literaturze jest wiele prac poświęconych konstruowaniu modeli matematycznych programowania liniowego oraz ich rozwiązywaniu. Praktyczne zastosowanie programowania liniowego, podawane w piśmiennictwie, dotyczą przede wszystkim działalności produkcyjnej zakładów przemysłowych (1, 2, 4—7). Sporadycznie można spotkać pozycje w literaturze omawiające zastosowania programowania liniowego w leśnictwie (8).

W praktyce spotykamy się z licznymi metodami programowania liniowego, które są ciagle udoskonalane dzięki czemu coraz bardziej rozszerza się zakres ich zastosowania.

Rozpatrzmy poniżej praktyczne zastosowanie jednej z metod programowania liniowego, zwaną metodą rozmieszczeń (albo metodą przekątnej rogu północno-zachodniego, albo metodą kąta północno-zachodniego, albo metodą dystrybucji) na przykładzie: $m = 5$ składnic, spediujących a_i drewna do $n = 3$ zakładów odbiorczych, do których dostarcza się b_j jednostek tego samego sortymentu.

Zadanie nasze będzie polegało na ustaleniu optymalnego planu transportu ładunków z 5 składnic spediujących 20, 30, 40, 50 i 15 tys. ton drewna do 3 zakładów odbierających 60, 35 i 60 tys. ton drewna.

Zakładamy, że całkowita ilość drewna $\sum_{i=1}^{m} a_i = 155$ tys. ton, znajdująca się na składnicach, jest równa sumie zapotrzebowań zakładów odbiorczych, czyli że:

$$\sum_{i=1}^{m} a_i = \sum_{j=1}^{n} b_j \tag{1}$$

Jeżeli przez x_{ij} oznaczymy liczbę spediowanego drewna z poszczególnych składnic (S) do odpowiednich zakładów odbiorczych (Z) to powyższą współzależność możemy przedstawić za pomocą tabeli 1.

Tabela 1

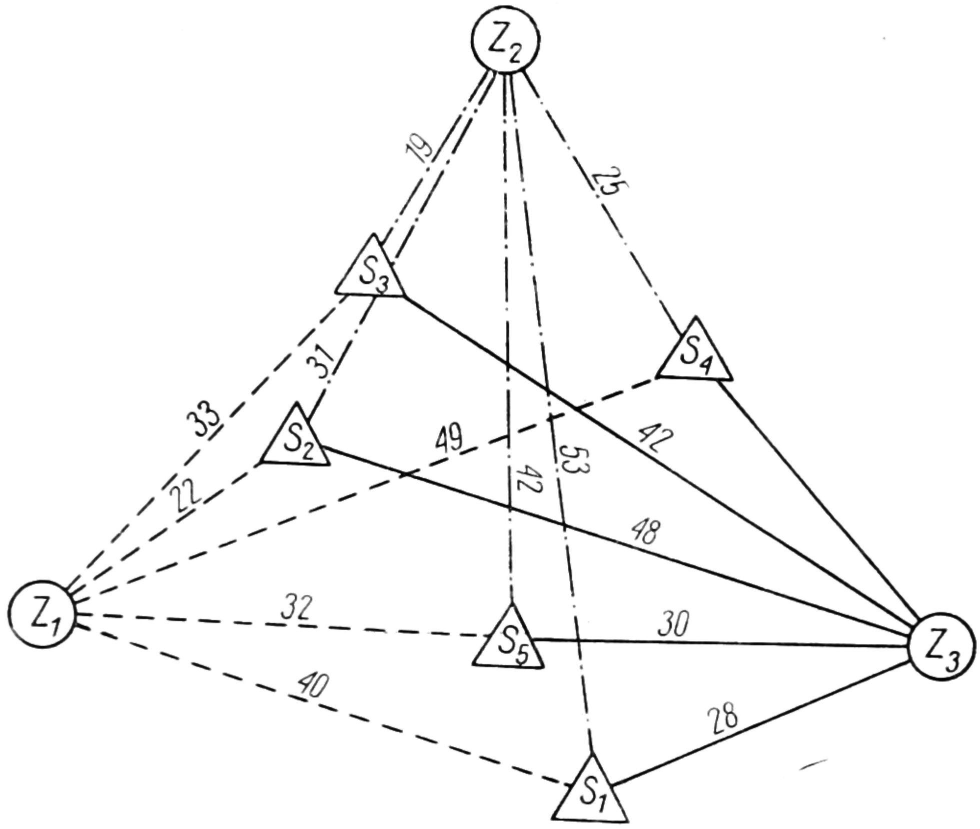
Składnice		Zakłady odbiorcze			Ilość spediowanego drewna	
		Z_1	Z_2	Z_3	oznaczenie	tys. ton
S_1		x_{11}	x_{12}	x_{13}	a_1	20
S_2		x_{21}	x_{22}	x_{23}	a_2	30
S_3		x_{31}	x_{32}	x_{33}	a_3	40
S_4		x_{41}	x_{42}	x_{43}	a_4	50
S_5		x_{51}	x_{52}	x_{53}	a_5	15
Ilość otrzymywanego drewna	oznaczenie	b_1	b_2	b_3		
	tys. ton	60	35	60		

Jeżeli przez l_{ij} oznaczymy odległość pomiędzy składnicami i zakładami odbiorczymi, to powyższą współzależność dla wszystkich możliwych rozwiązań naszego przykładu możemy przedstawić za pomocą tabeli 2.

Tabela 2

Składnice	Zakłady odbiorcze					
	Z_1		Z_2		Z_3	
	oznaczenie	km	oznaczenie	km	oznaczenie	km
S_1	l_{11}	40	l_{12}	53	l_{13}	28
S_2	l_{21}	22	l_{22}	31	l_{23}	48
S_3	l_{31}	33	l_{32}	19	l_{33}	42
S_4	l_{41}	49	l_{42}	25	l_{43}	26
S_5	l_{51}	32	l_{52}	42	l_{53}	30

Schemat maksymalnej liczby bezpośrednich połączeń składnic z zakładami odbiorczymi przedstawiono na ryc. 1.



Ryc. 1. Schemat maksymalnej liczby bezpośrednich połączeń składnic (S) z zakładami odbiorczymi (Z) oraz ich odległości w kilometrach.

Rozwiązanie rozpatrywanego przykładu metodą programowania liniowego sprowadza się do znalezienia minimum funkcji:

$$\sum_{i=1}^{m} \sum_{j=1}^{n} l_{ij} \, x_{ij} = \text{minimum} \tag{2}$$

czyli, że:

$$l_{11}x_{11} + l_{12}x_{12} + l_{13}x_{13} + l_{21}x_{21} + l_{22}x_{22} + l_{23}x_{23} + l_{31}x_{31} + l_{32}x_{32} + $$
$$+ l_{33}x_{33} + l_{41}x_{41} + l_{42}x_{42} + l_{43}x_{43} + l_{51}x_{51} + l_{52}x_{52} + l_{53}x_{53} = \text{minimum},$$

która spełnia następujące ograniczenia:

$$\begin{aligned}
&x_{11} + x_{12} + x_{13} = 20\,000\\
&x_{21} + x_{22} + x_{23} = 30\,000\\
&x_{31} + x_{32} + x_{33} = 40\,000\\
&x_{41} + x_{42} + x_{43} + 50\,000\\
&x_{51} + x_{52} + x_{53} + 15\,000\\
&x_{11} + x_{21} + x_{31} + x_{41} + x_{51} = 60\,000\\
&x_{12} + x_{22} + x_{32} + x_{42} + x_{52} = 35\,000\\
&x_{13} + x_{23} + x_{33} + x_{43} + x_{53} = 60\,000
\end{aligned} \tag{3}$$

przy

$$m + n - 1 = 5 + 3 - 1 \tag{4}$$

elementów liczbowych.

Oznacza to, że dla powyższego przykładu zmierzającego do określenia minimalnej liczby tono-kilometrów spediowanych ładunków ze składnic do zakładów odbiorczych może występować tylko 7 dróg dostaw drewna na łączną liczbę mn = 15.

Z ogólnej liczby bezpośrednich połączeń pomiędzy składnicami i zakładami odbiorczymi jest (m—1) · (n—1) = 8 dróg, tzw. zerowych, po

Tabela 3

Składnice	Zakłady odbiorcze						Tys. ton
	Z_1		Z_2		Z_3		
	km	tys. ton	km	tys. ton	km	tys. ton	
S_1	40	20	53		28		20
S_2	22		31	30	48		30
S_3	33		19	5	42	35	40
S_4	49	25	25		26	25	50
S_5	32	15	42		30		15
		60		35		60	155

których nie przewiduje się przewozu dostaw drewna w optymalnym modelu rejonizacji spedycji ładunków.

Do rozwiązania zadania przygotowujemy tabelę 3 i umieszczamy w niej odpowiednie wartości x w dowolnych polach rozpoczynając od lewego górnego rogu, kończąc na prawym dolnym, mając na uwadze spełnienie warunków określonych w równaniach 1, 3 i 4. Jeżeli przyporządkujemy x_{11} wartość równą 20 000 ton drewna, to w kolumnie pierwszej (zakład odbiorczy Z_1) możemy wpisać w następnych kolejnych wierszach tylko 40 000 ton, natomiast ze składnicy S_1 nie możemy wysłać do zakładów Z_2 i Z_3 żadnych ładunków, ponieważ całkowitą masę drewna skierowaliśmy do zakładu Z_1. W przypadku wypełnienia pola drugiego wiersza drugiej kolumny liczbą 30 000 ton, wykluczamy możliwość spedycji drewna ze składnicy S_2 do zakładów Z_1 i Z_3 ze względu na konieczność utrzymania zgodności wewnętrznej planu przewozów. Podobnie przewożąc ze składnicy S_3 do zakładu Z_2 — 5 000 ton oraz do zakładu Z_3 — 35 000 ton drewna wyłączamy z dalszych rozważań rozmieszczenie ładunków składnicy S_3 oraz przewóz drewna do zakładu Z_2. Postępując w podobny sposób wypełniamy tabelę 3 lokalizując wszystkie dostawy na odpowiednich drogach wiodących do zakładów odbiorczych.

Przy wypełnianiu tabeli 3 należy zwracać również uwagę na możliwość przeprowadzenia linii zamkniętej od poszczególnych pól zerowych przez pola węzłowe (tj. pola, którym przyporządkowano odpowiednie liczby ładunków drewna) do odpowiednich pól zerowych, według zasady, która będzie szerzej omówiona w dalszej części artykułu.

Liczba tono-kilometrów (P) dla pierwszego planu rejonizacji przewozu drewna wynosi:

$P_1 = l_{11}x_{11} + l_{22}x_{22} + l_{32}x_{32} + l_{33}x_{33} + l_{41}x_{41} + l_{43}x_{43} + l_{51}x_{51}$

czyli, że:

$P_1 = 1\,000\,(40 \cdot 20 + 31 \cdot 30 + 19 \cdot 5 + 42 \cdot 35 + 49 \cdot 25 + 26 \cdot 25 +$
$+ 32 \cdot 15$

$P_1 = 5\,650$ tys. tono-kilometrów.

Kolejnym etapem w metodzie rozmieszczeń programowania liniowego jest ulepszanie planu wyjściowego (tab. 3) przez stopniowe zbliżanie się (iterację) do optymalnego rozwiązania.

W tym celu przeprowadza się analizę (m—1) · (n—1) pól zerowych, tj. pól dotychczas nie obsadzonych. Dla każdego z nich istnieje tylko jeden zamknięty obwód mający swój początek i koniec w polu zerowym. Tok postępowania jest następujący.

Pole zerowe w tym samym wierszu łączymy z polem węzłowym, po czym przeciągamy linię z pola węzłowego do następnych pól węzłowych w kolumnie, potem w wierszu i znowu w kolumnie itd., aż do uzyskania połączenia z punktem wyjściowym pola zerowego.

Dla pola zerowego x_{12} (tab. 3) otrzymamy obwód zamknięty łącząc następujące pola węzłowe: w wierszu x_{12}—x_{11}, w kolumnie x_{11}—x_{41}, w wierszu x_{41}—x_{43}, w kolumnie x_{43}—x_{33}, w wierszu x_{33}—x_{32}, w kolumnie x_{32}—x_{12} (tab. 4).

Tabela 4

	Z_1	Z_2	Z_3
S_1	20		
S_2		30	
S_3		5	35
S_4	25		25
S_5	15		

Niekiedy dla zamknięcia obwodu wystarczą tylko cztery pola, jak to ma miejsce dla x_{13}, gdzie obwód zamknięty otrzymujemy z połączeń x_{13}—x_{11}—x_{41}—x_{43} (tab. 4).

Dla pól zerowych zamkniętych odpowiednim obwodem sporządzamy tabelę z sum algebraicznych odległości, przy czym poszczególnym wartościom liczbowym, zaczynając zawsze od pola zerowego, przyporządkowujemy na przemian znak dodatni i ujemny (tab. 5).

Dalszym krokiem w metodzie rozmieszczeń jest analizowanie obwodów zamkniętych dla poszczególnych pól zerowych. Do poprawienia planu rejonizacji dostaw drewna wybieramy tylko obwody ujemne, a z nich jeden o maksymalnej wartości bezwzględnej. W obwodzie tym znajdujemy najmniejszą wielkość ładunku drewna występującą ze znakiem ujemnym, którą z kolei dodajemy do ładunków drewna zalegających we wszystkich dodatnich polach danego obwodu i odejmujemy od wszystkich wartości ujemnych pól. Oznacza to, że poza zmianą wielkości ładunków drewna w odpowiednich polach obwodu, dotychczas wolne pole zerowe otrzymało pewien ładunek drewna o wielkości pola z najmniejszą ujemną wartością liczbową, które z kolei stało się polem zerowym. W ten sposób doszliśmy do nowego planu rozmieszczeń spediowanych ładunków drewna ze składnic do zakładów odbiorczych.

W planie tym została zmniejszona liczba tono-kilometrów o iloczyn

Tabela 5

Pole zerowe		Pola węzłowe												Suma
+		—		+		—		+		—				
s	km	s	km	s	km	s	km	s	km	s	km			
x_{12}	53	x_{11}	40	x_{41}	49	x_{43}	26	x_{33}	42	x_{32}	19			+59
x_{13}	28	x_{11}	40	x_{41}	49	x_{43}	26							+11
x_{21}	22	x_{22}	31	x_{32}	19	x_{33}	42	x_{43}	26	x_{41}	49			—55
x_{23}	48	x_{22}	31	x_{32}	19	x_{33}	42							— 7
x_{31}	33	x_{33}	42	x_{43}	26	x_{41}	49							—32
x_{42}	25	x_{43}	26	x_{33}	42	x_{32}	19							+22
x_{52}	42	x_{51}	32	x_{41}	49	x_{43}	26	x_{33}	42	x_{32}	19			+56
x_{53}	30	x_{51}	32	x_{41}	49	x_{43}	26							+21

s = symbol

przemieszczanego ładunku drewna i jego sumy odległości zamkniętego obwodu.

Dla przykładu podaje się, że w tabeli 3 największą bezwzględną wartość (—55) z liczb ujemnych ma obwód zaczynający się od zerowego pola o symbolu x_{21}. Natomiast najmniejszą ujemną wartość liczbową ładunku drewna w tym obwodzie posiada pole x_{41}, który wynosi 25 000 ton drewna. Stosownie do przyjętej metodyki przemieszczania ładunków w pole oznaczone symbolem x_{21} wpisujemy 25 000 i następnie naprzemian odejmujemy i dodajemy powyższą wartość od kolejnych pól x_{22}, x_{32}, x_{33}, x_{43}, x_{41} (tab. 6). W ten sposób doszliśmy do nowego planu bardziej zbliżonego od poprzedniego do rozwiązania optymalnego, które nazwiemy II iteracją (tab. 6).

Rozmieszczenie ładunków w każdym nowym planie musi być zgodne z podanymi w równaniach 1, 3 i 4 ograniczeniami.

Liczba tono-kilometrów (P) dla drugiego planu rejonizacji przewozu drewna wynosi:

$$P_2 = l_{11}x_{11} + l_{21}x_{21} + l_{22}x_{22} + l_{32}x_{32} + l_{33}x_{33} + l_{43}x_{43} + l_{51}x_{51}$$

P_2 = 4 275 000 tono-kilometrów.

Różnica pomiędzy planem I i II iteracji wynosi:

P_1—P_2 = 5 650 000 — 4 275 000 = 1 375 000 tono-kilometrów.

Liczbę tę otrzymamy również z iloczynu sumy odległości (—55, tab. 5) obwodu zamkniętego pola zerowego x_{21} o największej bezwzględnej ujemnej wartości i przemieszczanego w tym obwodzie ładunku drewna (25 000 ton, pole x_{41}, tab. 6).

Tabela 6

Składnice	Zakłady odbiorcze						Tys. ton
	Z_1		Z_2		Z_3		
	km	tys. ton	km	tys. ton	km	tys. ton	
S_1	40	20	53		28		20
S_2	22	25	31	5	48		30
S_3	33		19	30	42	10	40
S_4	49		25		26	50	50
S_5	32	15	42		30		15
		60		35		60	155

W celu dalszego ulepszenia planu II iteracji postępujemy według metody podanej dla planu wyjściowego, tj.:

a) przeprowadzamy analizę $(m—1) \cdot (n—1)$ pól tzw. zerowych sporządzając tabelę ich zamkniętych obwodów (tab. 7),

b) jeżeli wystąpią wartości ujemne w sumach obwodów pól zerowych, wówczas do dalszej analizy wybieramy tylko jeden obwód o największej ujemnej wartości bezwzględnej (—44, tab. 7),

c) sporządzamy następnie nowy plan rozmieszczeń ładunków drewna (tab. 8), przemieszczając w analizowanym obwodzie zamkniętego pola zerowego ładunek drewna o najmniejszej wartości liczbowej pola ujemnego, który dodajemy do ładunków drewna umieszczonych w polach dodatnich i odejmujemy od ujemnych pól odnośnego obwodu,

Tabela 7

Pole zerowe		Pola węzłowe										Suma
+		—		+		—		+		—		
s	km	s	km	s	km	s	km	s	km	s	km	
x_{12}	53	x_{11}	40	x_{21}	22	x_{22}	31					+ 4
x_{13}	28	x_{11}	40	x_{21}	22	x_{22}	31	x_{32}	19	x_{33}	42	—44
x_{23}	48	x_{22}	31	x_{32}	19	x_{33}	42					— 6
x_{31}	33	x_{32}	19	x_{22}	31	x_{21}	22					+22
x_{41}	49	x_{43}	26	x_{33}	42	x_{32}	19	x_{22}	31	x_{21}	22	+55
x_{42}	25	x_{43}	26	x_{33}	42	x_{32}	19					+22
x_{52}	42	x_{51}	32	x_{21}	22	x_{22}	31					+ 1
x_{53}	30	x_{51}	32	x_{21}	22	x_{22}	31	x_{32}	19	x_{33}	42	—34

Tabela 8

Składnice	Zakłady odbiorcze						Tys. ton
	Z_1		Z_2		Z_3		
	km	tys. ton	km	tys. ton	km	tys. ton	
S_1	40	15	53		28	5	20
S_2	22	30	31		48		30
S_3	33		19	35	42	5	40
S_4	49		25		26	50	50
S_5	32	15	42		30		15
		60		35		60	155

d) dalszy tok postępowania powtarza się od pkt. a. Rozwiązanie danego zadania uważamy za zakończone, jeżeli poszczególne sumy zamkniętych obwodów pól zerowych osiągną wartość dodatnią. Oznacza to, że otrzymany plan jest rozwiązaniem optymalnym.

Z tabeli 7 wynika, że plan zawarty w tabeli 6 nie jest optymalnym rozwiązaniem, ponieważ trzy jego obwody zamknięte pól zerowych (x_{13}, x_{23} i x_{33}) mają sumy ujemne. Do poprawienia powyższego planu bierzemy pod uwagę zamknięty obwód pola zerowego x_{13}, z którego najmniejszą wartość liczbową pola ujemnego (5 000 ton, pole x_{22}, tab. 7) przenosimy do odpowiednich pól według znanej nam już zasady. Otrzymujemy w ten sposób nowe rozwiązanie o zmniejszonej liczbie tono-kilometrów o 5 000 · 44 = 220 000.

Kolejny plan, który nazwiemy III iteracją (tab. 8) wynosi:

$P_3 = l_{11}x_{11} + l_{13}x_{13} + l_{21}x_{21} + l_{32}x_{32} + l_{33}x_{33} + l_{43}x_{43} + l_{51}x_{51}$

$P_3 = 4\,055\,000$ tono-kilometrów.

Różnica pomiędzy planem II i III iteracji wynosi:

$P_2—P_3 = 4\,275\,000 — 4\,055\,000 = 220\,000$ tono-kilometrów.

W celu stwierdzenia, czy III iteracja zawarta w tabeli 8 stanowi optymalne rozwiązanie, sporządzamy tabelę zamkniętych obwodów pól zerowych (tab. 9).

Z tabeli 9 wynika, że III iteracja nie jest planem optymalnym, ponieważ suma zamkniętego obwodu pola zerowego x_{31} jest ujemna.

W celu poprawienia powyższego planu przenosimy 5 000 ton, tj. najmniejszy ładunek drewna znajdujący się w ujemnym polu obwodu zerowego x_{31} dodając go do wszystkich pól dodatnich tego obwodu oraz odejmując od pól ujemnych.

Otrzymane kolejne rozwiązanie jest IV iteracją (tabela 10), dla którego liczba tono-kilometrów wynosi:

$P_4 = l_{11}x_{11} + l_{13}x_{13} + l_{21}x_{21} + l_{31}x_{31} + l_{32}x_{32} + l_{43}x_{43} + l_{51}x_{51}$

$P_4 = 3\,950\,000$ tono-kilometrów.

Dla IV iteracji (tab. 10), podobnie jak w poprzednich przypadkach przeprowadzamy analizę (m—1) · (n—1) pól zerowych sporządzając tabelę ich zamkniętych obwodów (tab. 11).

Z tabeli 11 wynika, że sumy wszystkich obwodów zamkniętych pól

Tabela 9

Pole zerowe		Pola węzłowe												Suma
+		—		+		—		+		—				
s	km	s	km	s	km	s	km	s	km	s	km			
x_{12}	53	x_{13}	28	x_{23}	42	x_{22}	19							+48
x_{22}	31	x_{21}	22	x_{11}	40	x_{13}	28	x_{33}	42	x_{32}	19			+44
x_{23}	48	x_{21}	22	x_{11}	40	x_{13}	28							+38
x_{31}	33	x_{33}	42	x_{13}	28	x_{11}	40							—21
x_{41}	49	x_{43}	26	x_{13}	28	x_{11}	40							+11
x_{42}	25	x_{43}	26	x_{33}	42	x_{32}	19							+32
x_{52}	42	x_{51}	32	x_{11}	40	x_{13}	28	x_{33}	42	x_{32}	19			+45
x_{53}	30	x_{51}	32	x_{11}	40	x_{13}	28							+10

Tabela 10

Składnice	Zakłady odbiorcze						Tys. ton
	Z_1		Z_2		Z_3		
	km	tys. ton	km	tys. ton	km	tys. ton	
S_1	40	10	53		28	10	20
S_2	22	30	31		48		30
S_3	33	5	19	35	42		40
S_4	49		25		26	50	50
S_5	32	15	42		30		15
		60		35		60	155

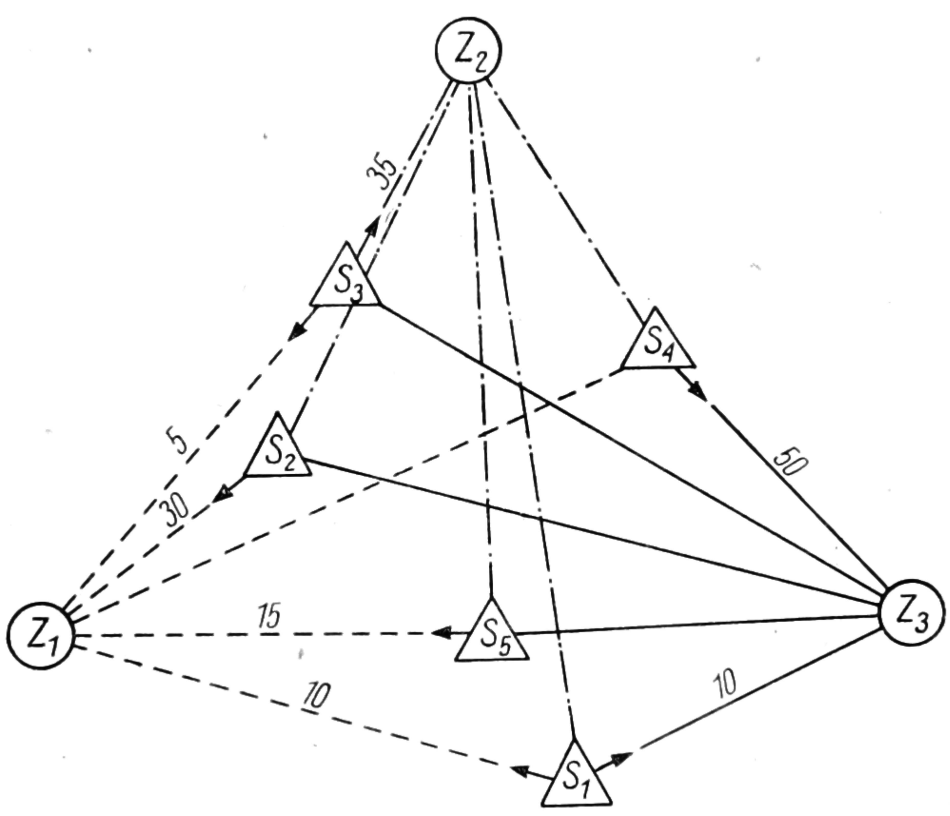
zerowych są dodatnie. Oznacza to, że w IV iteracji osiągnięto najkorzystniejsze rozmieszczenie spedycji drewna. Schemat najwłaściwszej rejonizacji dostaw drewna ze składnic spedycyjnych do zakładów odbiorczych przedstawiono na ryc. 2.

Z przeprowadzonej analizy wyników uzyskanych za pomocą programowania liniowego wynika, że w drodze kolejnych przybliżeń do rozwiązania optymalnego uzyskano ostatecznie obniżenie liczby tono-kilometrów o 30% w odniesieniu do planu wyjściowego.

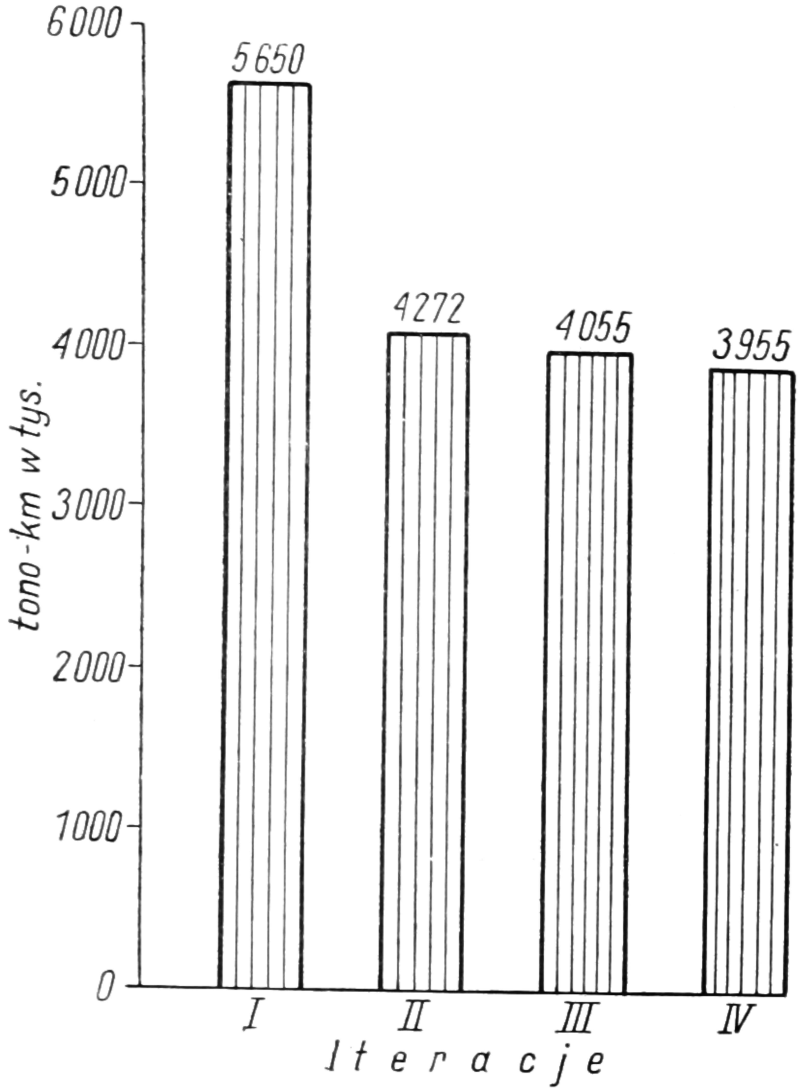
Dla lepszego zobrazowania korzyści wypływających ze stosowania rachunku programowania liniowego, otrzymane wyniki przedstawiono graficznie na ryc. 3 i 4, z których między innymi wynika, że każdy następny plan ma korzystniejsze od poprzedniego rozwiązanie.

Tabela 11

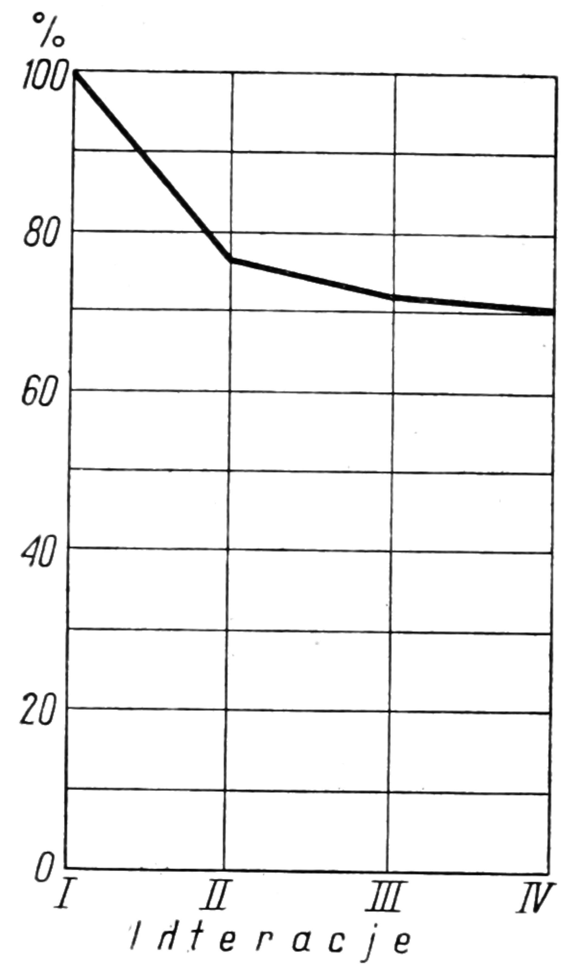
Pole zerowe		Pola węzłowe												Suma
+		—		+		—		+		—		
s	km	s	km	s	km	s	km	s	km	s	km	
x_{12}	53	x_{11}	40	x_{31}	33	x_{32}	19					+27
x_{22}	31	x_{21}	22	x_{31}	33	x_{32}	19					+23
x_{23}	48	x_{21}	22	x_{11}	40	x_{13}	28					+38
x_{33}	42	x_{31}	33	x_{11}	40	x_{13}	28					+21
x_{41}	49	x_{43}	26	x_{13}	28	x_{11}	40					+11
x_{42}	25	x_{43}	26	x_{13}	28	x_{11}	40	x_{31}	33	x_{32}	19	+ 1
x_{52}	42	x_{51}	32	x_{31}	33	x_{32}	19					+24
x_{53}	30	x_{51}	32	x_{11}	40	x_{13}	28					+10



Ryc. 2. Optymalne rozwiązanie kierunków dostaw i wielkości ładunków drewna w tysiącach ton spediowanych ze składnik (S) do zakładów odbiorczych (Z).



Ryc. 3. Ogólna liczba tono-kilometrów kolejnych planów rejonizacji spedycji drewna ze składnic do zakładów odbiorczych.



Ryc. 4. Procentowy udział tono-kilometrów poszczególnych rozwiązań, według metody programowania liniowego, w stosunku do planu wyjściowego.

Omówiona w artykule metoda rozmieszczeń może być również stosowana przy ustalaniu optymalnych rozwiązań przewozu drewna z lasu do składnic lub bezpośrednio do zakładów odbiorczych oraz w innych dziedzinach nie tylko związanych z problemem transportu drewna.

LITERATURA

1. Barasow A. S. — Co to jest programowanie liniowe. Warszawa, 1961.
2. Czerwiński Z. — Wstęp do teorii programowania liniowego z elementami algebry wyższej. Poznań 1961.
3. Fromer R., Kamiński E. — Rozwój postępu technicznego w państwowym gospodarstwie leśnym w latach 1961—1965. „Sylwan", nr 5, 1961.
4. Habr J. — Programowanie liniowe. Warszawa 1964.
5. Kantorowicz L. — Rachunek ekonomiczny optymalnego wykorzystania zasobów. Warszawa 1961.
6. Sadowski W. — Teoria podejmowania decyzji. Warszawa 1960.
7. Novotný M. — Matematické metody v řízeni lesniho hospodářstvi. Lesnicka Práce, nr 9, 1963.

8. Schmidt Kh. — Zur Antwendung von Methoden der linearen Programmierung in der Planung der Staatlichen Forstwirtschaftsbetriebe. Die Sozialistische Forstwirtschaft, nr 6, 1962.

Praca wpłynęła do Komitetu Redakcyjnego 15 sierpnia 1964 r.

Краткое содержание

Перевозки грузов древесины с нижних складов к предприятиям-потребителям не всегда проходят способом, учитывающим принцип минимальных капиталовложений, а также не всегда основываются на экономическом расчёте, подтверждающим, что определённый план вывозки даёт оптимальное решение.

Для дальнейшего, более внимательного анализа районизации поставок грузов древесины, основанного на критерии минимализации общего числа тонно-километров, представлена возможность применения одного из методов линейного программирования, называемого методом распределений.

В работе даётся методика размещения математического примера линейного программирования, а также способ его решения на примере m — складов, отправдяющих a_i древесины на n предприятия — потребители, которым поставляется b_j единиц одних и техже сортиментов.

Из приведённого анализа результатов полученных при помощи линейного программирования вытекает, что путём очередных приближений к оптимальному решению в приведённом примере было получено снижение числа тонно-километров на 30%, по сравнению с первоначальным планом (рис. 3 и 4).

Полученные результаты указывают на пригодность метода распределений для установления соответствующей районизации вывозки древесины со складов на предприятия-потребители.

Описанная методика оптимализации решений при помощи линейного программирования может найти применение также и в других отраслях лесного хозяйства, где существуют возможности альтернативного принятия решений.

Summary

Wood load transport from expeditionary depots to woodworking factories is not always concordant with the method observing the principle of the least expenditure of means. It is not based also upon economic account stating that the definite dispatch plan yields an optimal solution. For the sake of further, keener analysis of regional distribution of wood load supplies, based upon the criterion of the minimization of the total number of ton-kilometers, there was presented the possibility of the application of one of linear programming methods, called spacing method.

In the paper a method for mathematic model lay-out for linear programming is given as well as the way of its solution on an example of m depots dispatching a_1 wood to n woodworking plants, to which b_j units of the same assortments are being delivered.

From carried out analysis of results obtained with the aid of linear programming it results that on the way of successive approximations to the optimum solution there was reached in the cited example the reduction in ton-kilometre number by 30% when compared with an initial plan (fig. 3 and 4).

Obtained results indicate the usability of the spacing method for the determination of proper regional distribution of wood dispatch from depots to woodworking factories.

Described method of optimum solutions with the aid of linear programming may be also applied in other fields of forest management, in which there exist possibilities of alternative decisions.