Optymalizacja struktury produkcji na przykładzie kopalni

Beata TRZASKUŚ-ŻAK[1)], Dorota ŁOCHAŃSKA[1)], Andrzej ŻAK[1)], Tomasz STARZYKIEWICZ[2)]

[1)] Dr hab inż.; Wydział Górnictwa i Geoinżynierii, AGH University of Science and Technology, Kraków, Mickiewicza 30, 30-059, Poland; tel.: +48 12 617 21 00, email: t-zak@agh.edu.pl
[2)] Dr inż.; Wydział Górnictwa i Geoinżynierii, AGH University of Science and Technology, Kraków, Mickiewicza 30, 30-059, Poland
[3)] Dr hab; Wydział Górnictwa i Geoinżynierii, AGH University of Science and Technology, Kraków, Mickiewicza 30, 30-059, Poland
[4)] Mgr inż.; Absolwent Wydziału Górnictwa i Geoinżynierii, AGH University of Science and Technology, Kraków, Mickiewicza 30, 30-059, Poland

Streszczenie

W artykule poruszono problem optymalizacji struktury produkcji na przykładzie kopalni odkrywkowej surowców skalnych. Opracowano dwa modele optymalizacyjne, które uwzględniały koszt jednostkowy produkcji w poszczególnych miesiącach, jednostkowy koszt magazynowania, popyt oraz zdolności produkcyjne kopalni i uzyskano rozwiązania za pomocą metody programowania liniowego i programu LP-Solve. Otrzymane rozwiązania w czytelny sposób ilustrują jaki rodzaj asortymentu i w jakiej ilości powinna kopalnia produkować i magazynować w poszczególnych miesiącach, przy jednoczesnym pokryciu zapotrzebowania, aby zminimalizować całkowity koszt produkcji i magazynowania. W modelach programowania liniowego można uwzględnić również inne, dodatkowe uwarunkowania, niż przyjęte i na tej podstawie zmodyfikować już opracowane i przedstawione w niniejszym artykule modele.

Słowa kluczowe: optymalizacja, programowanie liniowe, struktura produkcji

Wprowadzenie

Podejmowanie decyzji ekonomicznych jest przede wszystkim procesem wyboru, uwarunkowanym możliwością wyznaczenia jednego z wielu możliwych rozwiązań. Podejmowanie racjonalnych decyzji ekonomicznych wymaga przeprowadzenia rachunków optymalizacyjnych. Rachunki te umożliwiają rozstrzygnięcie, która z możliwych decyzji jest najlepsza. Należy się przy tym posłużyć odpowiednim kryterium, uwzględnienie którego pozwoli ocenić i porównać skutki podjęcia poszczególnych decyzji. Metodami umożliwiających wyznaczenie optymalnych decyzji ekonomicznych są metody programowania optymalnego [2].

Istota metod programowania optymalnego

Istotą programowania optymalnego jest wykorzystanie metod matematycznych do wyznaczania optymalnych rozwiązań różnorodnych problemów decyzyjnych występujących w przedsiębiorstwie. Zastosowanie metod programowania optymalnego umożliwia obiektywne odzwierciedlenie w postaci modeli matematycznych, zjawisk i procesów gospodarczych występujących w przedsiębiorstwie (kopalni odkrywkowej surowców skalnych w analizowanym przypadku). Metody te stwarzają obiektywne przesłanki do podjęcia racjonalnych decyzji, zaś modele programowania optymalnego mogą być wykorzystane do opisu różnych sytuacji decyzyjnych. Do metod programowania optymalnego służących rozwiązywaniu problemów optymalizacyjnych można zaliczyć metody programowania marginalnego lub programowania liniowego. W niniejszym artykule zastosowano metodę programowania liniowego do rozwiązania problemu optymalizacji struktury produkcji kopalni odkrywkowej surowców skalnych [1–6].

Ogólna postać liniowego modelu optymalizacji struktury produkcji analizowanej kopalni

Liniowy model optymalizacyjny, nazywany również zagadnieniem programowania liniowego charakteryzuje analizowane zjawisko za pomocą funkcji oraz równań i nierówności liniowych.

Przedsiębiorstwa produkcyjne (kopalnie) muszą podejmować decyzje jakie wyroby wytwarzać i sprzedawać oraz jaka powinna być wielkość produkcji poszczególnych wyrobów. Każda decyzja dotycząca struktury asortymentowej i wielkości produkcji znajduje odzwierciedlenie w ponoszonych kosztach i osiąganych przychodach, a w konsekwencji w zrealizowanych zyskach. Przedsiębiorstwa (kopalnie) zainteresowane są produkcją takiego asortymentu wyrobów i sprzedażą w takich ilościach, aby osiągnięty zysk ze sprzedaży był jak największy. Określając strukturę asortymentową i wielkość produkcji kopalnia musi również uwzględnić różnego typu uwarunkowania prowadzonej działalności w analizowanym przypadku m.in. koszty produkcji, sezonowość produkcji i sprzedaży, koszty magazynowania, popyt, zdolność produkcyjną kopalni.

Analizowane przedsiębiorstwo to kopalnia produkująca surowce skalne tj. grysy, klińce i mieszanki. Analizowanej kopalni zależy na wytwarzaniu i sprzedaży wyrobów w takich ilościach, aby całkowity koszt produkcji był jak najniższy, w związku z czym w konsekwencji wzrośnie również zysk przedsiębiorstwa.

Celem przeprowadzonych obliczeń jest stworzenie modelu matematycznego minimalizującego łączny koszt produkcji i magazynowania produkowanych asortymentów, przy jednoczesnym pokryciu zapotrzebowania w każdym miesiącu na kruszywo, oraz uwzględnieniu zdolności produkcyjnej kopalni.

W tym celu wykorzystany został model programowania liniowego.

W artykule przyjęto następujące oznaczenia dla analizowanego roku X:

g_j – ilość produkcji grysów w poszczególnych miesiącach roku Y, j= 1,…, 12,

k_j – ilość produkcji klińców w poszczególnych miesiącach roku Y, j= 1,…, 12,

m_j – ilość produkcji mieszanek w poszczególnych miesiącach roku Y, j= 1,…, 12.

Asortyment 1 (grysy):

$a_{g,j}$: jednostkowy koszt produkcji grysu w miesiącu *j*

$z_{g,j}$: ilość magazynowanego grysu w miesiącu *j*

$b_{g,j}$: jednostkowy koszt magazynowania grysu w miesiącu *j*

$p_{g,j}$: zapotrzebowanie (popyt) na grysy w miesiącu *j*

Asortyment 2 (klińce):

$a_{k,j}$: jednostkowy koszt produkcji klińca w miesiącu *j*

$z_{k,j}$: ilość magazynowanego klińca w miesiącu *j*

$b_{k,j}$: jednostkowy koszt magazynowania kamienia w miesiącu *j*

$p_{k,j}$: zapotrzebowanie (popyt) na kliniec w miesiącu j

Asortyment 3 (mieszanki):

$a_{m,j}$: jednostkowy koszt produkcji mieszanek w miesiącu *j*

$z_{m,j}$: ilość magazynowanych mieszanek w miesiącu *j*

$b_{m,j}$: jednostkowy koszt magazynowania mieszanek w miesiącu *j*

$p_{m,j}$: zapotrzebowanie (popyt) na mieszanki w miesiącu j

oraz

w_j : maksymalna (minimalna), produkcja asortymentów (grysów, klińców i mieszanek) w miesiącu *j*.

W analizowanym przypadku problem programowania liniowegoprzyjmuje następującą postać:

$$\begin{aligned}
K_c &= a_{g,1}g_1 + a_{g,2}g_2 + \ldots \\
&+ a_{g,12}g_{12} + b_{g,1}z_{g,1} + b_{g,2}z_{g,2} + \ldots \\
&+ b_{g,12}z_{g,12} + a_{k,1}k_1 + a_{k,2}k_2 + \ldots \\
&+ a_{k,12}k_{12} + b_{k,1}z_{k,1} + b_{k,2}z_{k,2} + \ldots \\
&+ b_{k,12}z_{k,12} + + a_{m,1}m_1 + a_{m,2}m_2 + . \\
&+ a_{m,12}m_{12} + b_{m,1}z_{m,1} + b_{m,2}z_{m,2} + . \\
&+ b_{m,12}z_{m,12} \rightarrow \min
\end{aligned} \tag{1}$$

Przyjęte ograniczenia:

$$\begin{aligned}
&z_{g,0} + g_1 - p_{g,1} = z_{g,1} \\
&z_{g,1} + g_2 - p_{g,2} = z_{g,2} \\
&\ldots \\
&z_{g,11} + g_{12} - p_{g,12} = z_{g,12}
\end{aligned} \tag{2}$$

$$\begin{aligned}
&z_{k,0} + k_1 - p_{k,1} = z_{k,1} \\
&z_{k,1} + k_2 - p_{k,2} = z_{k,2} \\
&\ldots \\
&z_{k,11} + k_{12} - p_{k,12} = z_{k,12}
\end{aligned} \tag{3}$$

$$\begin{aligned}
&z_{m,0} + m_1 - p_{m,1} = z_{m,1} \\
&z_{m,1} + m_2 - p_{m,2} = z_{m,2} \\
&\ldots \\
&z_{m,11} + m_{12} - p_{m,12} = z_{m,12}
\end{aligned} \tag{4}$$

$$\begin{aligned}
&g_{1,\ \ldots,\ 12} \leq w_{g\ max} \\
&k_{1,\ \ldots,\ 12} \leq w_{k\ max} \\
&m_{1,\ \ldots,12} \leq w_{m\ max}
\end{aligned} \tag{5}$$

$$\begin{aligned}
&g_1 + k_1 + m_1 \geq w_{min} \\
&g_2 + k_2 + m_2 \geq w_{min} \\
&\ldots \\
&g_{12} + k_{12} + m_{12} \geq w_{min}
\end{aligned} \tag{6}$$

Tab. 1. Wyniki rozwiązania opracowanego modelu I programowania liniowego optymalizacji struktury produkcji kopalni odkrywkowej surowców skalnych, Mg [źródło: opracowanie własne]

Tab. 1. The results of the developed model I of linear programming of the production structure optimization in the open-cast mine of rock and raw materials, Mg

L.p.	Produkcja grysów, g_j	Produkcja klińców, k_j	Produkcja mieszanek, m_j	Zapasy grysów, z_{gj}	Zapasy klińców, z_{kj}	Zapasy mieszanek, z_{mj}
1	15740	42157	137	0	0	0
2	26810	41197	930	0	0	0
3	28868	47392	237	0	0	0
4	24883	41760	5018	0	0	0
5	54006	45958	12268	2044	2909	0
6	60000	44499	20000	12388	12644	0
7	60000	50423	20000	21192	24831	0
8	60000	90000	0	7 530	4669	35027
9	60000	15333	20000	0	0	0
10	60000	51170	20000	774	5561	0
11	60000	84128	4061	17622	2214	34674
12	17845	0	0	0	0	0

$$g_1, \dots, g_{12}, k_1, \dots, k_{12}, m_1, \dots, m_{12}, z_{g,1}, \dots, z_{g,12}, z_{k,1}, \dots, z_{k,12}, z_{m,1}, \dots, z_{m,12} \geq 0 \qquad (7)$$

Funkcja celu (1) przedstawia łączny koszt produkcji i magazynowania asortymentów analizowanej kopalni. Ograniczenia (2a), (2b) i (2c) obrazują sposób w jaki zmieniają się ilości produkowanego, sprzedawanego i magazynowanego asortymentu w danym miesiącu (m.in. zapewniają, że jest pokryte zapotrzebowanie odpowiednio na grysy (2a), klińce (2b) i mieszanki (2c) w każdym miesiącu analizowanego roku Y.

Biorąc pod uwagę ograniczenie $z_{g,1} + g_2 - p_{g,2} = z_{g,2}$, kolejne składniki oznaczają:
$z_{g,1}$ – ilość grysu jaką kopalnia magazynuje po 1 miesiącu,
g_2 – ilość wyprodukowanego grysu w 2 miesiącu (lutym) analizowanego roku Y,
$p_{g,2}$ – popyt (sprzedaż) na grysy w 2 miesiącu (lutym) analizowanego roku Y,
$z_{g,2}$ – ilość grysu jaka zostaje zmagazynowana w 2 miesiącu analizowanego roku Y.

Tak więc ilość grysu jaką dysponujemy w 2 miesiącu to $z_{g,1} + g_2$. Po sprzedaży części pokrywającej zapotrzebowanie $p_{g,2}$ w magazynie pozostaje $z_{g,2}$ Mg grysu.

Z kolei ograniczenia (3) określają maksymalną i minimalną (4) i (5) miesięczną zdolność produkcyjną sumy trzech produkowanych przez kopalnię asortymentów.

Na podstawie danych analizowanej kopalni, czyli ilości wytworzonej produkcji, ilości sprzedaży oraz jednostkowego kosztu wytworzenia każdego z trzech rodzajów asortymentów, dla poszczególnych miesięcy w analizowanym roku Y, przy założeniu, że koszt magazynowania 1 Mg zapasu dla każdego asortymentu wynosi 1,5 zł/Mg, utworzono funkcję celu, zamieszczoną poniżej. Funkcja ta posłużyła do rozwiązania analizowanego problemu, czyli optymalizacji struktury produkcji w poszczególnych miesiącach w celu obniżenia kosztów produkcji i magazynowania, co przełoży się również na wzrost zysku kopalni.

I model optymalizacji struktury produkcji analizowanej kopalni

W pierwszym opracowanym modelu jako zapotrzebowanie na dany asortyment w określonym miesiącu uwzględniono wielkość jego sprzedaży w tymże miesiącu. Natomiast za ograniczenie na łączną wielkość produkcji w każdym miesiącu przyjęto największą miesięczną wielkość produkcji, dla każdego z trzech analizowanych asortymentów w badanych 12 miesiącach.

W opracowanym modelu I przyjęto następujący maksymalny miesięczny poziom produkcji dla poszczególnych asortymentów:

– grysy – 60000 Mg/m-c,
– klińce – 90000 Mg/m-c,
– mieszanki – 20000 Mg/m-c.

Przy przyjętych założeniach opracowany model matematyczny (przygotowany do rozwiązania w programie LP-Solve) ma postać:

$$min: 16,52g_1 + 13,03g_2 + 14,44g_3 + 14,96g_4 +$$
$$11,03g_5 + 11,04g_6 + 12,83g_7 + 11,94g_8 + 12,41g_9 +$$
$$+11,71g_{10} + 12.26g_{11} + 16.50g_{12} + 1,5z_{g,1} + 1,5z_{g,2} +$$
$$1,5z_{g,3} + 1,5z_{g,4} + 1,5z_{g,5} + 1,5z_{g,6} + 1,5z_{g,7} +$$
$$+1,5z_{g,8} + 1,5z_{g,9} + 1,5z_{g,10} + 1,5z_{g,11} + 1,5z_{g,12} + 10,24k_1 +$$
$$9,93k_2 + 10,53k_3 + 11,36k_4 + 9,00k_5 +$$
$$+10,06k_6 + 9,3k_7 + 8,63k_8 + 11,83k_9 + 8,59k_{10} + 9,32k_{11} +$$
$$14,24k_{12} + 1,5z_{k,1} + 1,5z_{k,2} + +1,5z_{k,3} +$$
$$+1,5z_{k,4} + 1,5z_{k,5} + 1,5z_{k,6} + 1,5z_{k,7} + 1,5z_{k,8} + 1,5z_{k,9} +$$
$$1,5z_{k,10} + 1,5z_{k,11} + 1,5z_{k,12} + 14,13m_1 + 13,45m_2 +$$
$$+13,59m_3 + +14,01m_4 + 12,31m_5 + 6,80m_6 + 6,22m_7 +$$
$$17,19m_8 + 10,35m_9 + 11,61m_{10} + 13,75m_{11} + 21,26m_{12} +$$
$$+1,5z_{m,1} + 1,5z_{m,2} + 1,5z_{m,3} + 1,5z_{m,4} + 1,5z_{m,5} + 1,5z_{m,6} +$$
$$1,5z_{m,7} + 1,5z_{m,8} + 1,5z_{m,9} + 1,5z_{m,10} + 1,5z_{m,11} + 1,5z_{m,12};$$

Przyjęte ograniczenia:

– grysy:

$$g_1 - z_{g,1} = 15740;$$
$$z_{g,1} + g_2 - z_{g,2} = 26810;$$
$$z_{g,2} + g_3 - z_{g,3} = 28868;$$
$$z_{g3} + g_4 - z_{g4} = 24883;$$
$$z_{g4} + g_5 - z_{g5} = 51962;$$
$$z_{g5} + g_6 - z_{g6} = 49656;$$
$$z_{g6} + g_7 - z_{g7} = 51196;$$
$$z_{g7} + g_8 - z_{g8} = 73662;$$
$$z_{g8} + g_9 - z_{g9} = 67530;$$
$$z_{g9} + g_{10} - z_{g10} = 59226;$$
$$z_{g10} + g_{11} - z_{g11} = 43152;$$
$$z_{g11} + g_{12} - z_{g12} = 35467;$$
$$z_{g0} = 0;$$

– klińce:

$$k_1 - z_{k,1} = 42157;$$
$$z_{k1} + k_2 - z_{k2} = 41197;$$
$$z_{k2} + k_3 - z_{k3} = 47392;$$
$$z_{k3} + k_4 - z_{k4} = 41760;$$
$$z_{k4} + k_5 - z_{k5} = 45958;$$
$$z_{k5} + k_6 - z_{k6} = 44499;$$
$$z_{k6} + k_7 - z_{k7} = 50423;$$
$$z_{k7} + k_8 - z_{k8} = 54973;$$
$$z_{k8} + k_9 - z_{k9} = 50360;$$
$$z_{k9} + k_{10} - z_{k10} = 51170;$$
$$z_{k10} + k_{11} - z_{k11} = 49454;$$
$$z_{k11} + k_{12} - z_{k12} = 34674;$$
$$z_{k0} = 0;$$

– mieszanki:

$$m_1 - z_{m1} = 137;$$
$$z_{m1} + m_2 - z_{m2} = 930;$$
$$z_{m2} + m_3 - z_{m3} = 237;$$
$$z_{m3} + m_4 - z_{m4} = 5018;$$
$$z_{m4} + m_5 - z_{m5} = 9359;$$
$$z_{m5} + m_6 - z_{m6} = 10265;$$
$$z_{m6} + m_7 - z_{m7} = 7813;$$
$$z_{m7} + m_8 - z_{m8} = 20162;$$
$$z_{m8} + m_9 - z_{m9} = 24669;$$
$$z_{m9} + m_{10} - z_{m10} = 14439;$$
$$z_{m10} + m_{11} - z_{m11} = 7408;$$
$$z_{m11} + m_{12} - z_{m12} = 2214;$$
$$z_{m,0} = 0;$$

Poziomy zdolności produkcyjnych dla trzech analizowanych asortymentów zostały przyjęte na następujących poziomach:

- grysy:
  $g_{1,2, \dots, 12} <= 60000;$
- klińce:
  $k_{1,2, \dots, 12} <= 90000;$
- mieszanki:
  $m_{1,2, \dots, 12} <= 20000.$

Wyniki uzyskane po rozwiązaniu modelu w programie LP_Solve zostały zamieszczone w tabeli 1.

Całkowity koszt produkcji i magazynowania w modelu I, wyznaczony przez program LP-Solve w analizowanym roku Y wyniósł 13 248,43 tys. zł. Jak widać w niektórych miesiącach (w tych, w których koszt produkcji jest niższy) opłaca się wyprodukować więcej asortymentu niż zapotrzebowanie, mimo że kopalnia ponosi koszty późniejszego jego magazynowania. Dla porównania przy miesięcznej produkcji wynoszącej dokładnie tyle ile zapotrzebowanie na asortymenty analizowana kopalnia poniosłaby koszt 13 582,85 tys. zł.

Na uwagę zwraca fakt, że w opracowanym modelu w grudniu najlepiej byłoby wyprodukować tylko 17845 Mg grysów, a produkcja mieszanek i klińców powinna zostać zawieszona. Model sugeruje aby, w listopadzie wyprodukować odpowiednio większą ilość asortymentów, tak aby zgromadzone zapasy pokryły zapotrzebowanie grudniowe. Taki paradoks wynika prawdopodobnie ze specyfiki księgowania kosztów, która powoduje sztuczne ich podwyższenie w miesiącu grudniu.

II model optymalizacji struktury produkcji analizowanej kopalni

Tab. 2. Wyniki rozwiązania opracowanego modelu II programowania liniowego optymalizacji struktury produkcji kopalni odkrywkowej surowców skalnych, Mg [źródło: opracowanie własne]

Tab. 2. The results of the developed model II of linear programming of the production structure optimization in the open-cast mine of rock and raw materials, Mg

L.p.	**Produkcja grysów, g_j**	**Produkcja klińców, k_j**	**Produkcja mieszanek, m_j**	**Zapasy grysów, z_{gj}**	**Zapasy klińców, z_{kj}**	**Zapasy mieszanek, z_{mj}**
1	15740	42157	137	0	0	0
2	26810	41197	930	0	0	0
3	28868	47392	237	0	0	0
4	24883	41760	5018	0	0	0
5	54006	45958	12268	2044	2909	0
6	60000	44499	20000	12388	12644	0
7	60000	50423	20000	21192	24831	0
8	60000	90000	0	7 530	4669	35027
9	60000	15333	20000	0	0	0
10	60000	51170	20000	774	5561	0
11	60000	84128	4061	17622	2214	34674
12	17845	0	0	0	0	0

Z uwagi na fakt że, utrzymanie produkcji na wyższym poziomie w miesiącu grudniu może być zalecane, ze względu na prawidłowe funkcjonowanie kopalni, tak jak i w każdym z pozostałych miesięcy analizowanego roku, w opracowanym modelu II założono minimalny, sumaryczny poziom produkcji dla analizowanych trzech asortymentów w wysokości 50000 Mg w każdym miesiącu.

Założenia przyjęte w modelu II, w poszczególnych miesiącach analizy:

a) maksymalny poziom produkcji w każdym miesiącu analizowanego roku Y;

- grysy – 60000 Mg,
- klińce – 90000 Mg,
- mieszanki – 20000 Mg,

b) minimalny poziom produkcji w każdym miesiącu analizowanego roku Y dla sumy produkcji trzech asortymentów – 50000 Mg, czyli ($g_1,\ldots,_{12}+k_1,\ldots,_{12}+m_1,\ldots,_{12}) \geq 50000$ Mg.

Po zastosowaniu programu LP_Solve, otrzymano następujące wyniki dla opracowanego modelu II, zamieszczone w tabeli 2.

Na podstawie wyników otrzymanych po rozwiązaniu modelu II otrzymano, że całkowity koszt produkcji i magazynowania, wyniósł 13345,69 tys. zł i okazał się wyższy o 97251,84 zł w porównaniu z modelem I, w którym nie założono minimalnych poziomów produkcji analizowanych asortymentów.

Podsumowanie

W artykule przedstawiono kilka aspektów, na podstawie których można wykorzystać metodę programowania optymalnego do optymalizacji struktury produkcji w przedsiębiorstwie. W analizowanym przykładzie kopalni odkrywkowej surowców skalnych, w najprostszym podejściu do tego problemu, miesięczna produkcja byłaby równa dokładnie miesięcznemu popytowi na produkowane asortymenty (grysy, klińce i mieszanki), czyli bez ponoszenia kosztów magazynowania. W takim przypadku, całkowity koszt produkcji wyniósłby 13582,85 tys. zł.

Okazuje się, że w opracowanych dwóch modelach pomimo ponoszenia dodatkowych miesięcznych kosztów magazynowania w wysokości 1,5 zł/Mg, całkowity koszt produkcji i magazynowania jest niższy o 334412,74 zł w modelu I i o 237160,90 zł w modelu II.

Paradoks ten wynika z faktu, że w niektórych miesiącach jednostkowy koszt produkcji jest niższy. Opłaca się zatem zwiększyć produkcję w tych właśnie miesiącach i częściowo ją magazynować. Zjawisko to wykryły i wykorzystały opracowane modele optymalizacji struktury produkcji.

W modelach programowania liniowego można uwzględnić również inne, dodatkowe uwarunkowania, niż przyjęte i na tej podstawie zmodyfikować już opracowane i przedstawione w niniejszym artykule modele.

Publikację wykonano w AGH w Krakowie w 2016 roku w ramach badań statutowych, umowa nr: 11.11.100.693, zadanie 5.

Literatura – References

1. Gass S. I., Programowanie liniowe: metody i zastosowania, PWN, Warszawa 1980.
2. Nowak E., Zaawansowana rachunkowość zarządcza, Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa 2009
3. Trzaskuś-Żak B., Żak A., Binarne programowanie liniowe w zarządzaniu należnościami kopalni, Archiwum Górnictwa vol. 58 no. 3, s. 941–952, Wydawnictwo Instytutu Mechaniki Górotworu PAN, Kraków 2013
4. Trzaskuś-Żak B., Czopek K, Optymalizacja zarządzania należnościami w kopalni z wykorzystaniem programowania liniowego, Archiwum Górnictwa, vol. 58 no. 2, s. 541–550, Wyd. Instytutu Mechaniki Górotworu PAN, Kraków 2013
5. Radzikowski W., Programowanie liniowe i nieliniowe w organizacji i zarządzaniu, Wydawnictwo Uniwersytetu Warszawskiego 1979
6. Wagner H. M., Badania operacyjne. Zastosowania w zarządzaniu, PWE, Warszawa 1980

Optimizing of Production Structure on an Example of Mine

This article presents the problem of production structure optimizing based on an example of the opencast mine of the raw and rock materials. There is developed two models of optimization, which take into account the unit cost of production in individual months, the unit cost of storage, demand and production capacity of the mine and the results were found using linear programming method and the LP-Solve. The obtained results clearly illustrate what kind of assortment and in what amount should be produce and storage in individual months, while demand coverage, to minimize the total cost of production and storage.

Keywords: optimization, linear programming, the structure of production