ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1994
Seria: GÓRNICTWO z. 219 Nr kol. 1234

Stanisław **KOWALIK**,
Zygmunt **KORBAN**
Katedra Organizacji i Ekonomiki Górnictwa
Politechniki Śląskiej

PODEJMOWANIE DECYZJI EKONOMICZNYCH DOTYCZĄCYCH OPTYMALNEJ WIELKOŚCI ZAMÓWIENIA W WARUNKACH NIEPEWNOŚCI

Streszczenie. Praca dotyczy obliczenia optymalnej wielkości zamówienia towaru w warunkach niepewności popytu, który jest zmienną losową. Obliczenia przeprowadzono w dwóch wariantach

a) gdy wielkość popytu jest zmienną losową o równomiernym rozkładzie prawdopodobieństwa

b) gdy popyt jest nieznany, ale ograniczony.

MAKING ECONOMIC DECISIONS CONCERNING THE OPTIMUM ORDER QUANTITY IN UNCERATAIN CONDITIONS

Summary. The paper deals with calculating the optimum order quantity when demand is uncertain. The demand is treated as a random variable. The calculations have been made in two variants:

a) when the amount of demand is a random variable with a uniform probability distribution,

b) when demand is indefinite but limited.

ПРИНЯТИЕ ЭКОНОМИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ КАСАЮЩИХСЯ ОПТИМАЛЬНОЙ ВЕЛИЧИНЫ ЗАКАЗА В УСЛОВИЯХ НЕУВЕРНОСТИ

Резюме. Работа касается разчета оптимальной величины заказа товара в условиях неуверенности относительно спроса, который является случайной переменной. Расчеты проводились в двух вариантах:

а) когда величина спроса является случайной переменной с равномерным распределением вероятности,

б) когда спрос является неопределенным, но ограниченым.

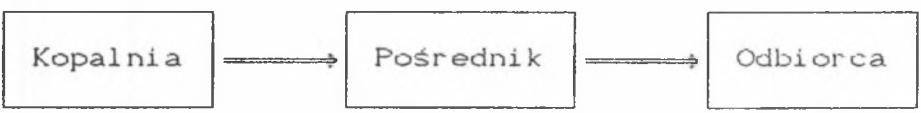
1. WSTĘP

Zagadnienie podejmowania decyzji ekonomicznych jest szeroko omawiane w literaturze. Poszukuje się decyzji optymalnych z wielu punktów widzenia. Wykorzystuje się do tego metody matematyczne. Tworzy się różne modele matematyczne sytuacji gospodarczych i ekonomicznych. Przytoczymy na wstępie tematy związane z podejmowaniem decyzji ekonomicznych najczęściej opisywane w literaturze:
- programowanie liniowe [2; 3; 4; 5; 8; 9];
- programowanie nieliniowe [9];
- programowanie dynamiczne [3; 4; 5; 8];
- teoria masowej obsługi [4; 5; 8];
- zagadnienie transportu [4; 5; 8];
- teoria gier [3; 8];
- zastosowanie rachunku prawdopodobieństwa [2; 5; 6];
- symulacja cyfrowa [3; 8];
- prognozowanie [1; 4];
- analiza korelacji [2; 6];
- optymalizacja wielokryterialna [7].

Przytoczone tematy nie wyczerpują zagadnienia, dają jednak obraz, w jak dużym zakresie metody matematyczne są wykorzystywane w zagadnieniach ekonomicznych.

My w swojej pracy skupimy się na małym wycinku tych zagadnień, związanym z podejmowaniem decyzji dotyczących określania optymalnej wielkości zamówienia w warunkach niepewności. Niepewność wynika tutaj z faktu, że popyt będziemy traktowali jako zmienną losową. Przykłady będą związane z górnictwem.

Istota popytu i podaży, jak również związków pomiędzy nimi zachodzących, jest wciąż aktualna. Pojęcia te mają także odniesienie do przemysłu wydobywczego w ogóle i przemysłu wydobywczego węgla kamiennego w szczególności. Z uwagi na ogromne znaczenie wydobycia węgla kamiennego, a co za tym idzie - produkcji energii elektrycznej dla funkcjonowania gospodarki kraju, konieczne jest okresowe analizowanie bilansu paliwowo-energetycznego tak w skali mikro, jak i makro. Ma to na celu ustalenie zarówno aktualnych jaki i przyszłych potrzeb w zakresie produkcji węgla kamiennego. W państwach stojących wysoko w hierarchii rozwoju gospodarczo-ekonomicznego jednostki opracowujące bilans paliwowo-energetyczny dokonują gruntownej analizy zebranych danych celem sporządzenia daleko idących wniosków na przyszłość. W ramach rozważań, które będziemy przeprowadzać, możemy przyjąć, że wielkość popytu jest zmienną losową o określonym rozkładzie prawdopodobieństwa f(x). Jeżeli założymy, że zamówione zostało y ton węgla na początku danego okresu, przy czym całkowity koszt nabycia jednej tony wynosi k jednostek pieniężnych, a cena jej sprzedaży p jednostek pieniężnych, możemy postawić pytanie, jaka powinna być optymalna wielkość zamówienia y_{opt}, którą należy złożyć dla poszczególnych okresów, przyjmując za kryterium optymalności zysk ze sprzedaży.



Rys.1. Układ kopalnia-pośrednik-odbiorca w sprzedaży węgla
Fig.1. The mine-agent-consumer system of the coal sale

Nasze rozważania dotyczą sprzedaży węgla w układzie jak na rysunku 1.

Model matematyczny rozpatrywanego zagadnienia tworzymy dla pośrednika występującego na rysunku 1. Tak więc model ten możemy przedstawić jak na rysunku 2.

Zagadnienie polega na tym, aby na podstawie znajomości następujących wielkości:

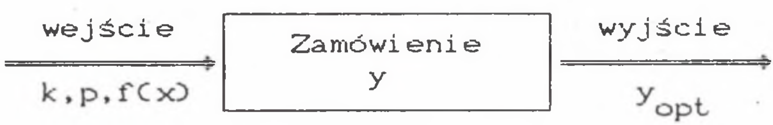
k - całkowity koszt nabycia jednej tony węgla,

p - cena sprzedaży jednej tony węgla,

f(x) - funkcja gęstości prawdopodobieństwa reprezentująca aktualny popyt na węgiel;

określić optymalną wielkość zamówienia y_{opt}, aby otrzymany zysk był największy.

Wyraźnie należy zaznaczyć, że wielkość k nie oznacza ceny nabycia jednej tony węgla, lecz całkowity koszt nabycia tony węgla. Oznacza to, ze nie interesuje nas, jakim transportem węgiel zostanie dostarczony. Jeżeli kopalnia dostarczy nam węgiel własnym transportem, nie pobierając za to żadnych opłat, to dla nas jest lepiej. Koszt k jednej tony węgla będzie mniejszy. Jeżeli kopalnia każe sobie zapłacić za transport, to koszt k wzrośnie. Jeżeli własnym transportem sprowadzimy węgiel, to w koszcie nabycia należy uwzględnić oprócz ceny węgla także koszty transportu, tj. paliwo i amortyzację środków transportu. W koszt k nabycia tony węgla wliczamy także wszelkie dodatkowe opłaty związane z zakupem węgla. Pomijamy też aspekt spraw związanych z faktem, z których i od ilu kopalń kupujemy węgiel. Jeżeli będziemy mieli n dostawców, to przez koszt k rozumiemy średni koszt nabycia jednej tony węgla od n dostawców. Przy zakupie kierujemy się jedynie zasadą, aby ten średni koszt k był możliwie mały. Tak więc wielkość k jest dla nas jedna liczbą. To samo dotyczy ceny sprzedaży p jednej tony węgla. Jest to jedna liczba oznaczająca średnia cenę, po jakiej sprzedajemy węgiel. Wielkości k i p są więc ostatecznymi liczbami (po uwzględnieniu wszelkich dodatkowych kosztów) wchodzącymi w skład danych wejściowych rozpatrywanego modelu przedstawionego na rysunku 2.



Rys.2. Schemat modelu zagadnienia
Fig.2. The diagram of the problem model

W celu dalszych rozważań wprowadzimy następujące oznaczenia:

X - zmienna losowa reprezentująca ilość sprzedanych ton węgla kamiennego w usta lonym okresie,

x - wartość zmiennej losowej X,

Y - zmienna losowa reprezentująca wielkość (ilość ton) zamówienia,

y - wartość zmiennej losowej Y,

Z - zmienna losowa reprezentująca zysk uzyskany ze sprzedaży węgla w ustalonym okresie,

z - wartość zmiennej losowej Z.

Wykorzystując powyższe oznaczenia możemy wyróżnić dwie możliwe do wystąpienia sytuacje. I tak:

- z sytuacją nr 1 mamy do czynienia, gdy $y > x$, tzn. jeżeli zamówiono więcej ton węgla niż sprzedano go, a zysk w związku z tym wyniesie

$$z_1(x) = px - ky, \tag{1}$$

- z sytuacją nr 2 mamy do czynienia, gdy $y \le x$, a zysk w związku z tym wyniesie

$$z_2(x) = py - ky = (p - k)y. \tag{2}$$

Ponieważ zgodnie z tym, co zostało podane wcześniej, tj., że wielkość sprzedaży Y jest zmienną losową, wartość oczekiwanego zysku Z jest sumą wartości oczekiwanych zmiennych losowych Z_1 i Z_2, których realizacje wynoszą odpowiednio z_1 i z_2.
Tak więc wartość oczekiwana zysku równa się

$$E(z) = E(z_1) + E(z_2). \tag{3}$$

2. WYZNACZENIE OPTYMALNEJ DECYZJI DOTYCZĄCEJ WIELKOŚCI ZAMÓWIENIA

2.1. Określenie zamówienia w przypadku popytu o rozkładzie równomiernym

Wielkość popytu X jest zmienną losową o równomiernym rozkładzie prawdopodobieństwa, tzn.

$$f(x) = 1/m \quad \text{dla} \quad 0 \le x \le m. \tag{4}$$

Poniżej zamieszczono rysunek 3 przedstawia funkcję gęstości prawdopodobieństwa f(x). Dla x reprezentującego popyt, mniejszego od wielkości zamówienia y, zysk wynosi z_1. Wartość oczekiwana tego zysku $E(Z_1)$ wynosi

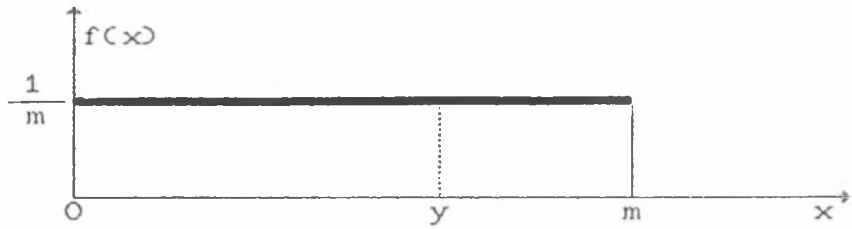
$$E(Z_1) = \int_0^y z_1(x) f(x) dx. \tag{5}$$

Gdy $y \le x$, wówczas zysk wynosi z_2, natomiast wartość oczekiwana tego zysku jest

$$E(Z_2) = \int_y^m z_2(x) f(x) dx. \tag{6}$$

Wartość oczekiwaną zysku E(Z) możemy więc przedstawić w następującej rozwiniętej postaci

$$E(Z)=\int_{0}^{y} z_1(x)f(x)dx+\int_{y}^{m} z_2(x)f(x)dx. \tag{7}$$



Rys.3. Funkcja gęstości prawdopodobieństwa f(x) popytu X o rozkładzie równomiernym
Fig.3. Probability density function f(x) of demand X with a uniform distribution

Wykorzystując wzory (1) i (2) można wyrażenie (7) przedstawić w następującej postaci

$$E(Z)=\int_{0}^{y}(px-ky)f(x)dx+\int_{y}^{m}(p-k)yf(x)dx=$$

$$=p\int_{0}^{y}xf(x)dx-ky\int_{0}^{y}f(x)dx+py\int_{y}^{m}f(x)dx-ky\int_{y}^{m}f(x)dx=$$

$$=p\int_{0}^{y}xf(x)dx-ky\int_{0}^{y}[f(x)dx+\int_{y}^{m}f(x)dx]+py\int_{y}^{m}f(x)dx. \tag{8}$$

Mając na uwadze, że

$$\int_{0}^{y}f(x)dx+\int_{y}^{m}f(x)dx=\int_{0}^{m}f(x)dx)=1 \tag{9}$$

można wartość oczekiwaną zysku E(Z) przedstawić w następującej postaci

$$E(Z) = p\int_0^y xf(x)dx + py\int_y^m f(x)dx - ky. \tag{10}$$

Wykorzystując fakt, że wielkość popytu X jest zmienną losową o równomiernym rozkładzie prawdopodobieństwa (co zostało wcześniej założone, wzór 4), możemy wartość oczekiwaną zysku zapisać jako

$$E(Z) = p\int_0^y x\frac{1}{m}dx + py\int_y^m \frac{1}{m}dx - ky = p\frac{1}{m}\frac{x^2}{2}\Bigg|_0^y + py\frac{1}{m}x\Bigg|_y^m - ky = \tag{11}$$

$$\frac{py^2}{2m} + py - \frac{py^2}{m} - ky = (p-k)y - \frac{py^2}{2m}.$$

W celu określenia wartości optymalnej y_{opt} obliczamy pochodną

$$\frac{dE(Z)}{dy} = (p-k) - \frac{py}{m}. \tag{12}$$

Po przyrównaniu pochodnej do zera otrzymujemy

$$y = y_{opt} = \frac{(p-k)m}{p}. \tag{13}$$

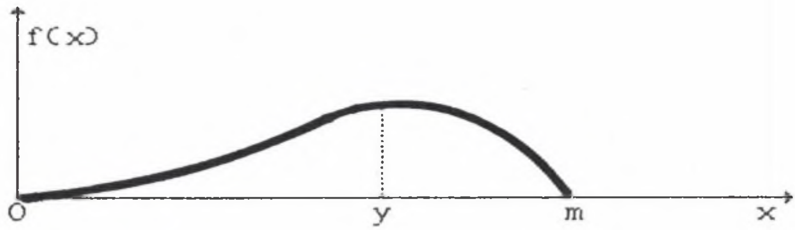
Wartość y_{opt} przedstawiona wzorem (13) maksymalizuje wielkość E(Z), ponieważ druga pochodna wartości oczekiwanej zysku jest stale ujemna

$$\frac{d^2E(Z)}{dy^2} = -\frac{p}{m} < 0. \tag{14}$$

Pochodna ta jest ujemna dla wszystkich y, gdyż p i m są dodatnie. Tak więc, gdy mamy do czynienia z równomiernym rozkładem popytu, optymalna wielkość zamówienia powinna wynosić y_{opt} (wzór 13) ton węgla na dany okres.

2.2. Określenie zamówienia w przypadku popytu o nieznanym rozkładzie prawdopodobieństwa

Zakładamy, że wielkość popytu jest zmienna losowa o nieznanym rozkładzie, ale wiadomo, że $0 \leq x \leq m$ (rysunek 4). Nie znając postaci funkcji f(x), nie możemy uzyskać prostej postaci końcowego wyniku. Do dalszych obliczeń wykorzystamy wzór (10) na wartość oczekiwana zysku E(Z). Ponieważ y jest wielkością zmienną, to zachodzą następujące związki:



Rys.4. Funkcja gęstości prawdopodobieństwa f(x) popytu X o rozkładzie dowolnym
Fig.4. Problability density function f(x) of demand X with an indefinite distribution

$$\frac{d}{dy}\left[\int_0^y xf(x)dx\right] = yf(y), \tag{15}$$

$$\frac{d}{dy}\left[\int_y^m f(x)dx\right] = -f(y) \quad \text{dla m=const.} \tag{16}$$

Obliczamy pochodną wartości oczekiwanej zysku

$$\frac{dE(Z)}{dy} = p\frac{d}{dy}\left[\int_0^y xf(x)dx\right] + p\int_y^m f(x)dx + py\frac{d}{dy}\left[\int_y^m f(x)dx\right] - k =$$
$$pyf(x) + p\int_y^m f(x)dx - pyf(x) - k = p\int_y^m f(x)dx - k. \tag{17}$$

Następnie przyrównujemy ją do zera

$$\frac{dE(Z)}{dy} = p\int_y^m f(x)dx - k = 0. \tag{18}$$

Ze wzoru (18) wynika, że

$$\int_{y}^{m} f(x)dx = \frac{k}{p}. \tag{19}$$

Wykorzystując wzór (9) otrzymujemy

$$\int_{y}^{m} f(x)dx = 1 - \int_{0}^{y} f(x)dx = \frac{k}{p}. \tag{20}$$

Przekształtając wzór (20) otrzymujemy

$$\int_{0}^{y} f(x)dx = 1 - \frac{k}{p} = \frac{p-k}{p} \tag{21}$$

Wynik ten ma następująca interpretację ekonomiczną: stosunek zysku ze sprzedaży do oceny sprzedaży jest równy części popytu X, jaka powinna być zaspokojona ze sprzedaży y jednostek towaru, aby zoptymalizować planowaną wartość oczekiwaną zysku. Innymi słowy, całka określona wzorem (21) podaje nam, jaką część popytu X zaspokoimy wielkością y jednostek zamówionego towaru.

3. PRZYKŁADY OKREŚLANIA OPTYMALNEGO ZAMÓWIENIA NA DOSTAWĘ SUROWCA, JAKIM JEST WĘGIEL KAMIENNY

Przykład 1

Podmiot gospodarczy A trudniący się pośrednictwem w handlu węglem kamiennym wchodzi na nie rozeznany przez siebie rynek. Zamówienia na węgiel składa się co miesiąc. Przyjmujemy następujące wielkości:

p = 750 tys. zł/tonę,
k = 600 tys. zł/tonę,
m = 1000.

a) Przypadek , gdy popyt jest zmienna losową o rozkładzie równomiernym. Funkcja gęstości prawdopodobieństwa f(x) wyraża się wzorem

$$f(x) = 1/1000 \qquad \text{dla} \qquad 0 \le x \le 1000. \tag{22}$$

Korzystając ze wzoru (13) mamy

$$y_{opt} = \frac{(p-k)m}{m} = \frac{(750-600)1000}{750} = 200. \tag{23}$$

Oznacza to, że podmiot gospodarczy powinien zamówić 200 ton węgla.

b) Przypadek, gdy popyt jest nieznany, ale ograniczony

Korzystając ze wzoru (21) mamy

$$\int_0^y f(x)dx = \frac{p-k}{p} = \frac{750-600}{750} = \frac{1}{5}. \tag{24}$$

Oznacza to, że średnio zamówionych y ton węgla wystarczy na pokrycie zaopatrzenia przez 6 dni w cyklu zamówienia wynoszącym 1 miesiąc (30 dni).

Przykład 2

Górniczy zakład wydobywczy A eksploatujący węgiel kamienny otrzymuje ofertę sprzedaży 8500 ton wydobywanego przez siebie surowca. W tablicy 1 przedstawiono charakterystykę eksploatowanego przez zakład węgla.

Tablica 1

Charakterystyka eksploatowanego węgla

Typ węgla	Wyróżnik	Ciepło spalania [kcal/kg]	Zawartość siarki całkow. [%]	Zawartość popioł. [%]	Zawartość wilgoci całk. [%]
Węgiel płomienny	31.1	6800	0.8	9	18
Węgiel płomienny	31.2	7450	0.8	12	8
Węgiel gazowo-płomienny	32.1	7450	0.8	12	6
Węgiel gazowo-płomienny	32.2	7450	0.8	9	2
Węgiel gazowy	33.0	7100	0.8	10	2

Odbiorcę B interesuje węgiel o sortymencie miałowym 0÷20 mm o określonych parametrach jakościowych. Parametry te zawarto w tablicy 2.

Tablica 2

Parametry jakościowe węgla

Parametr jakościowy	Węgiel energetyczny
Wartość opałowa Qw [kcal/kg]	7000
Zawartość siarki Sc [%]	1.5
Zawartość popiołu A [%}	10
Zawartość wilgoci Wc [%]	10

Z uwagi na fakt, że obecnie nie ma praktycznie żadnych trudności natury technicznej, aby produkować koncentraty węglowe o określonych parametrach jakościowych, producent w miarę swoich możliwości dąży do ustalenia tychże parametrów na poziomie oczekiwanym przez klienta.

Należy jednocześnie pamiętać, że w handlu węglem kamiennym nie występują wolne ceny, lecz standaryzacja jakościowa węgla poprzez określenia tzw. węgla wskaźnikowego o parametrach jakościowych, które uznane są za wzorcowe. Dla węgli kamiennych energetycznych parametry te przedstawiono tablicy 3.

Tablica 3

Parametry jakościowe węgla wskaźnikowego

Parametr jakościowy	Węgiel energetyczny
Wartość opałowa Q_W [kcal/kg]	6000 (min. 5700)
Zawartość siarki S_C [%]	poniżej 1.0
Zawartość popiołu A [5]	średnio 12
Zawartość wilgoci W_C [%]	średnio 8

Jakiekolwiek zmiany wyżej wymienionych parametrów oferowanego węgla w stosunku do parametrów węgla standardowego znajdują odbicie w uzyskiwanej cenie zgodnie ze wzorem formy sprzedażnej dla warunków krajowych (wzór 25).

$$S_c = r_e \cdot W_e \cdot C_e^b \cdot \left(\frac{Q_w^r}{25120.8} - \frac{S_t^r - 1}{10} - \frac{A^r - 12}{100} \right) \tag{25}$$

gdzie:

S_c - cena węgla energetycznego [zł/t],

r_e - wskaźnik relacji cen pomiędzy sortymentami,

We - wskaźnik obniżający cenę w zależności od przedziału zapopielenia,

C_e^b - cena węgla wskaźnikowego [zł],

Q_w^r - wartość opałowa w stanie roboczym [kJ/kg],

S_t^r - zawartość siarki całkowitej w stanie roboczym [%].

Przy obliczeniu ceny węgla według formuły sprzedażnej należy korzystać z następujących zasad:

1) wartość opałowa zostaje zaokrąglona w dół do pełnych tysięcy w przedziale $10000 \div 32\,000$ [kJ/kg],
2) zawartość popiołu zostaje zaokrąglona w górę do pełnego procentu w przedziale $5 \div 45$ [%],
3) zawartość siarki zaokrąglona zostaje w górę do pełnych wielkości co 0.2 [%] w przedziale $0.4 \div 4.0$ [%],
4) cena węgla zostaje zaokrąglona do pełnych setek [zł].

Korzystając ze wzoru (25) oraz z podwyższonych zasad można obliczyć cenę zakupu jednej tony węgla przyjmując następujące wartości wskaźników:

$C_e^b = 1200000$ [zł]	$Q_w^r = 29000$ [kJ/kg],	$S_t^r = 1.6$ [%],
$r_e = 1.0$	$W_e = 1.0$	$A = 10$ [%]

$$S_c = 1200000(1.154 - 0.06 + 0.02) = 1336800 \text{ [zł/t.]} \tag{26}$$

Do dalszych obliczeń przyjmujemy następujące wielkości:
$k = 1336800$ [zł/t], $p = 1550000$ [zł/t].

Ponieważ nie znamy dokładnie funkcji gęstości prawdopodobieństwa popytu, więc dalsze nasze obliczenia będą przeprowadzone według wzorów omawianych w rozdziale 2.2. Mamy więc

$$\int_0^y f(x)dx = \frac{p-k}{p} = \frac{1550000 - 1336800}{1550000} \cong \frac{1}{7} \tag{27}$$

Wynik ten możemy zinterpretować w następujący sposób: zakładając, że zakład górniczy A jest jedynym dostawcą węgla do odbiorcy, średnio zamówionych y ton węgla wystarczy na pokrycie zapotrzebowania na 4 dni w cyklu zamawiania wynoszącym jeden miesiąc (30 dni).

4. WNIOSKI

a) W przypadku prowadzenia określonej działalności gospodarczo-handlowej (np. dystrybucji węgla kamiennego) właściwa prognoza chłonności rynku jest czynnikiem niezmiernie ważnym przy określaniu ewentualnych pociągnięć danego podmiotu gospodarczego na przyszłość.
b) Prawidłowo wykonana przez określony podmiot gospodarczy analiza popytu na surowiec, jakim jest np. węgiel kamienny, sprzyja optymalnemu zaspokajaniu potrzeb rynku przy jednocześnie minimalnych poniesionych kosztach własnych przez wymienioną instytucję.

LITERATURA

[1] Czerwiński Z., Guzik B.: Prognozowanie ekonometryczne. PWE, Warszawa 1980.
[2] Hagemejer W., Hellwig Z., Przelaskowski W., Vielrose.: Zagadnienia matematyki stosowanej w ekonomii. Zakład Narodowy im. Ossolińskich, Wrocław 1966.
[3] Kantorowicz L., Gorstko A.: Optymalne decyzje ekonomiczne. PWE, Warszawa 1976.
[4] Kozdrój M., Przybyła H.: Teoria organizacji i zarządzania. Część III. Modele matematyczne w organizacji produkcji górniczej. Zesz. Nauk. Pol. Śl. ser. Górnictwo, z. 1272, Gliwice 1986.
[5] Kryński H., Badach A.: Zastosowanie matematyki do podejmowania decyzji ekonomicznych. PWN, Warszawa 1976.
[6] Mothes J.: Sytuacje niepewne a podejmowanie decyzji w przemyśle. WNT, Warszawa 1972.
[7] Peschel M. Riedel C.: Polioptymalizacja: Metody podejmowania decyzji kompromisowych w zagadnieniach inżynieryjno-technicznych. WNT, Warszawa 1979.
[8] Potocki C., Przybyła H.: Badania operacyjne w górnictwie. Zesz. Nauk. Pol. Śl., ser. Górnictwo z. 906, Gliwice 1980.
[9] Radzikowski W.: Programowanie liniowe i nieliniowe dla ekonomistów. PWE, Warszawa 1971.

Recenzent: Prof. dr hab. Jadwiga **ORYLSKA**

Wpłynęło do Redakcji w grudniu 1993 r.

Abstract

The problem of making economic decisions is widely discussed in professional literature. The optimum decisions from different points of view are loked for. Various mathematical methods are ysed for this purpose and various mathematical models of economic situations are made. The most frequently described subject areas connected with making economic decisions are the following:

- linear programming [2], [3], [4], [5], [8], [9];
- nonlinear programming [9];
- dynamic programming [3], [4], [5], [8];
- queueing theory [4], [5], [8];
- transport issue [4], [5]; [8];
- game theory [3], [8];
- the application of the theory of probability [2], [5], [6];
- digital simulation [3], [8];
- forecasting [1], [4];
- correlation analysis [2], [6];
- optimization with regard to many criteria [2].

The paper has concentrated on making decisions connected with determining the optimum order quantity in uncertain conditions. Uncertainty results from the fact that demand is treated as a random variable.

Two cases have been discussed:

a) when the amount of demand is a random variable with a uniform probability distribution,

b) when demand is indefinite but limited

In the first case the optimum order quantity has been determined for a planned period of time. That quantity is expressed by the formula (13).

In the second case it has been determined what part of the demand X will be satisfied by the quantity y of the units of the goods in order.

The example connected with the sale of coal has been given then, and the calculations concerning the above cases have been made.

Two conclusions have been presented at the end of the paper.