

Andrzej KARBOWNIK

Bogdan ŻUKIAN

ROZKŁADY PRAWDOPODOBIENSTWA PODSTAWOWYCH PARAMETRÓW TECHNICZNO-EKONOMICZNYCH PROJEKTOWANYCH INWESTYCJI GÓRNICZYCH

Streszczenie. W artykule przedstawiono próbę ustalenia rozkładów prawdopodobieństwa odchyłeń podstawowych parametrów techniczno-ekonomicznych projektowanych inwestycji górniczych. Dla nowych kopalń wykorzystano opinie ekspertów o wielkości tych odchyłeń, a dla działających inwestycyjnej w czynnych kopalniach wykorzystano dane historyczne. Podano parametry uzyskanych rozkładów.

1. WSTĘP

Podjęcie każdej decyzji o realizacji inwestycji niesie ze sobą ryzyko niezyskania spodziewanych efektów techniczno-ekonomicznych, a w szczególności spodziewanego poziomu rentowności. Ryzyko to jest szczególnie duże w odniesieniu do inwestycji górniczych, gdzie rzeczywista charakterystyka złoża i wielkości parametrów decydujących o rentowności nie dają się przewidzieć w sposób pewny w procesie projektowania. Szeroko pisano o tym w pracach [2, 3]. Tam też uzasadniono potrzebę dokonywania oceny poziomu ryzyka w podejmowaniu decyzji projektowych i inwestycyjnych. Wskazano na możliwości zastosowania analizy probabilistycznej do oceny poziomu ryzyka towarzyszącego rentowności inwestycji.

Wskaźnik rentowności jest zmienną losową, dla której można ustalić funkcję gęstości prawdopodobieństwa. Wartość oczekiwana rozkładu tej zmiennej losowej charakteryzuje poziom rentowności inwestycji a jego odchylenie standardowe charakteryzuje towarzyszący jej poziom ryzyka. Do ustalenia rozkładu prawdopodobieństwa wskaźnika rentowności inwestycji można zastosować metodę symulacji Monte Carlo. Punktem wyjścia do symulacji są funkcje gęstości każdego z parametrów wpływających bezpośrednio na poziom rentowności inwestycji. Parametrami tymi są: wydobycie kopalni, nakłady inwestycyjne na budowę kopalni, koszty eksploatacji złoża, cena za brytu węgla i cykl realizacji inwestycji. Żaden z tych parametrów nie jest znany w sposób pewny w chwili sporządzania rachunku. Oszacowanie ich wartości w trakcie opracowywania projektu nie zgadza się na ogół z późniejszymi wartościami realnie uzyskiwanymi. Nie można powiedzieć, że oszacowanie to było wykonane niepoprawnie. Było ono wykonane w warunkach niepewności, gdyż system projektujący bazował na niepełnej i niepewnej

informacji odnośnie charakterystyki warunków naturalnych złoża, warunków realizacji inwestycji i przyszłej sytuacji na rynku kopaliny. Stąd też, w odniesieniu do konkretnego rozwiązania projektowego nowej kopalni lub innej inwestycji górniczej, należy mówić o przedziałach zmienności wyżej wymienionych parametrów wpływających na poziom rentowności. W przedziałach tych każda z wartości poszczególnych parametrów może zaistnieć z określonym prawdopodobieństwem. Parametry te mogą więc być scharakteryzowane przez ich rozkłady prawdopodobieństwa, zwane profilami niepewności.

Przedmiotem rozważań w prezentowanym opracowaniu jest próba ustalenia rozkładów prawdopodobieństwa wyżej wymienionych parametrów, które można będzie wykorzystać w metodzie symulacji Monte Carlo. W każdym rozwiązaniu projektowym inwestycji górniczej parametry te przyjmują inne wartości. Nie można więc ustalić rozkładów ich wartości bezwzględnych. Dlatego też rozkłady te ustalono w odniesieniu do odchyień wartości realnie uzyskiwanych po zrealizowaniu inwestycji od wartości projektowanych. Dla projektów nowych kopalń wykorzystano opinie ekspertów o wielkościach tych odchyień, a dla projektów działalności inwestycyjnej w czynnych kopalniach wykorzystano dane historyczne.

2. ROZKŁADY PRAWDOPODOBIENSTWA SUBIEKTYWNEGO (dla nowych kopalń)

Zastosowanie analizy probabilistycznej w procesie podejmowania decyzji może napotykać na trudności z uwagi na możliwość ustalenia rozkładów prawdopodobieństwa zmiennych losowych. Ustalenie prawdopodobieństwa w sensie klasycznym (prawdopodobieństwa obiektywnego) rozumianego jako częstość występowania odpowiedniego zdarzenia jest często trudne lub niemożliwe, szczególnie w przypadku gdy dane zdarzenie w przeszłości nie wystąpiło lub występowało rzadko. Z pomocą przychodzi wówczas prawdopodobieństwo subiektywne. Jest ono ustalane w oparciu o opinie ekspertów odnośnie możliwości zaistnienia danego zdarzenia losowego. Należy je traktować jako stopień wiary czy też ufności, że dane zdarzenie losowe zrealizuje się w przyszłości lub też stanowi subiektywne, indywidualne uogólnienie nielicznych wystąpień tego zdarzenia w przeszłości. W pracy [4] mówi się, że "...Chociaż pochodzenie i interpretacja prawdopodobieństw obiektywnych i subiektywnych są różne, to pod względem swej istoty matematycznej oba rodzaje prawdopodobieństw są tożsame - jako że dla obu zakłada się spełnienie tych samych aksjomatów". W pracy [3] podano względy przemawiające za stosowaniem prawdopodobieństwa subiektywnego w probabilistycznej analizie decyzyjnej.

Poniżej podaje się sposób ustalenia rozkładów prawdopodobieństwa subiektywnego podstawowych parametrów projektowanych kopalń wpływających bezpośrednio na poziom rentowności inwestycji górniczych: wydobycie kopalni, nakłady inwestycyjne na budowę, koszty eksploatacji złoża, cena zbytu węgla i cykl realizacji inwestycji.

2.1. Zebranie opinii ekspertów

Do roli ekspertów poproszono generalnych projektantów Biur Projektów Górniczych. Z każdym z nich przeprowadzono rozmowę, której schemat w odniesieniu do podanych powyżej pięciu parametrów był następujący:

- "Proszę ustalić minimalną i maksymalną wartość odchylenia wielkości parametru po zrealizowaniu inwestycji od wielkości zawartej w pierwotnym projekcie wstępnym".
- Uzyskany rozstęp próbki podzielono na pięć przedziałów.
- "Proszę nadać szanse każdemu przedziałowi (np. 1/2, 1/4, 1/10, itp.), że "wpadnie" do niego przewidywane odchylenie parametru".
- Uzyskane szanse w każdym z przedziałów zamieniono na prawdopodobieństwa.

W tablicy 1 podano wzór formularza i przykładowe oceny. Ogółem no oceny 20 ekspertów, a w tym dla poszczególnych parametrów:

- wydobycie kopalni - 20 histogramów,
- nakłady inwestycyjne - 20 histogramów,
- koszt własny - 12 histogramów,
- cena zbytu węgla - 12 histogramów,
- cykl budowy kopalni - 19 histogramów.

2.2. Weryfikacja ocen ekspertów

Pierwszym krokiem w opracowaniu uzyskanych ocen była ich weryfikacja z uwagi na statystyczną jednorodność próbki. Normalność rozkładu wyniku badań każdego eksperta została zweryfikowana poniżej. Obecnie założmy, że w wyniku badań otrzymano n próbek (histogramów) cechy mierzalnej X (odchylenia każdego z pięciu parametrów) i każda z próbek reprezentowana przez i -tego eksperta ma rozkład ucięty obustronnie w punktach a_i i b_i . Łatwo można obliczyć wartości średnie m_i , a znamy punkty ucięcia a_i i b_i ustalone przez ekspertów. Eliminacji poddano anomalie występujące w szeregach tych trzech wielkości. Porządkując otrzymane wartości m_i , a_i , b_i w kolejności niemalejącej otrzymujemy trzy szeregi rozdzielcze. Z każdego szeregu wyznaczamy wartość średnią \bar{x} i empiryczne odchylenie średnie. Niech w każdym z tych trzech ciągów obserwacji maksymalne odchylenie w górę będzie równe m_{\max} , zaś w dół - x_{\min} . Zakładając statystyczną jednorodność próbki, Grubbs obliczył kwantyle zmiennej losowej [8]:

$$v = \frac{x_{\max} - \bar{x}}{s} \quad (1)$$

oraz

$$v_1 = \frac{\bar{x} - x_{\min}}{s}$$

Tablica 1

Przykład ocen eksperta

Numer eksperta 12

Parametr	Wydobycie dobowe kopalni, ΔW	
Odchylenie skrajne	-20%	+10%
Przedziały	Szanse	Prawdopodobieństwo
-20, -14	1/3	0.247
-14, -8	1/2	0.370
-8, -2	1/4	0.185
-2, +4	1/6	0.124
+4, +10	1/10	0.074

Parametr	Cena zbytu węgla, ΔC	
Odchylenia skrajne	0%	+20%
Przedziały	Szanse	Prawdopodobieństwo
0, +4	1/5	0.161
+4, +8	1/2	0.403
+8, +12	1/3	0.268
+12, +16	1/8	0.101
+16, +20	1/12	0.067

Parametr	Nakłady inwestycyjne na budowę, ΔN	
Odchylenia skrajne	0%	+10%
Przedziały	Szanse	Prawdopodobieństwo
0, +2	1/10	0.097
+2, +4	1/6	0.161
+4, +6	1/2	0.484
+6, +8	1/5	0.193
+8, +10	1/15	0.065

Parametr	Cykl realizacji inwestycji, Δb	
Odchylenia skrajne	0%	+20%
Przedziały	Szanse	Prawdopodobieństwo
0, +4	1/15	0.056
+4, +8	1/8	0.105
+8, +12	1/4	0.210
+12, +16	1/2	0.419
+16, +20	1/4	0.210

Parametr	Jednostkowy koszt własny, ΔK	
Odchylenia skrajne	0%	+15%
Przedziały	Szanse	Prawdopodobieństwo
0, +3	1/15	0.065
+3, +6	1/5	0.193
+6, +9	1/2	0.484
+9, +12	1/5	0.193
+12, +15	1/15	0.065

Porównując obliczone wartości z kwantylami ξ_n podanymi, np. w pracy [7]

$$P(v > \xi_n) = P(v_1 > \xi_n) \quad (3)$$

można zweryfikować hipotezę, że jedna z wartości skrajnych ciągów $\{m_i\}$, $\{a_i\}$, $\{b_i\}$ odbiega od pozostałych w ciągu w sposób losowy. Na danym poziomie istotności α wartość skrajną należy uznać za naruszającą statystyczną jednorodność próbki, jeżeli spełnione są nierówności:

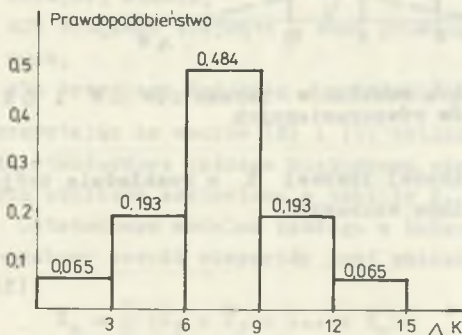
$$v \geq \xi_n \quad \text{lub} \quad v_1 > \xi_n \quad (4)$$

Postępując w ten sposób odnośnie wartości średnich oraz punktów ucięcia rozkładów każdego z ekspertów, wyeliminowano 5 histogramów i ostatecznie do ustalenia rozkładów odchyłeń poszczególnych parametrów przyjęto następującą ilość histogramów:

- a) wydobycie kopalni - 19,
- b) nakłady inwestycyjne - 19,
- c) koszt własny - 12,
- d) cena zbytu - 12,
- e) cykl budowy kopalni - 16.

2.3. Ustalenie rozkładów prawdopodobieństwa subiektywnego odchyłeń badanych parametrów

Dla każdego z powyższych pięciu parametrów uzyskano rozkłady prawdopodobieństwa charakteryzujące oszacowania poszczególnych ekspertów. Przykładowy rozkład pokazano na rys. 1.

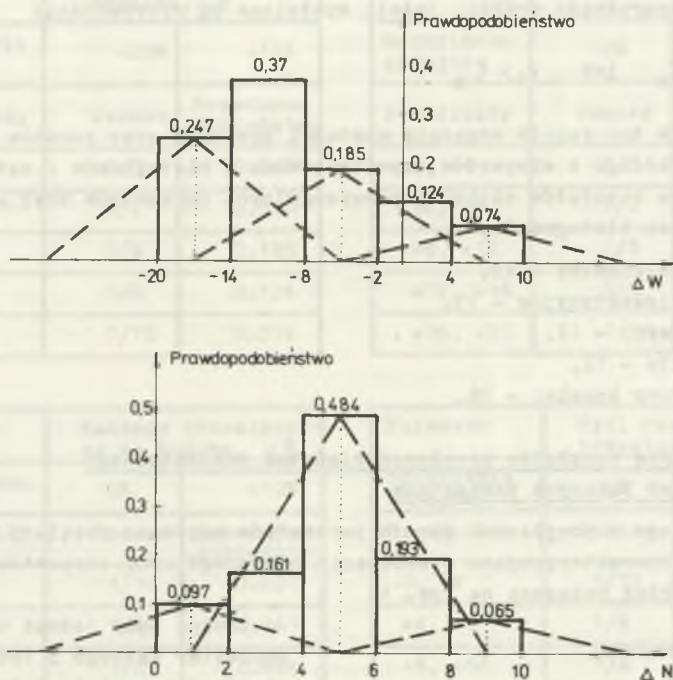


Rys. 1. Przykładowy histogram parametru ΔK wg oszacowania eksperta 12

Trudno było jednak ustalić charakter każdego z tych rozkładów lub znaleźć jeden wspólny rozkład aby zastosować kompozycję rozkładów w celu uzyskania rozkładu ostatecznego. Dlatego też w oparciu o badania rozkładów odchyłeń na podstawie danych historycznych, których wyniki przedstawiono poniżej, przyjęto, że ostateczne rozkłady prawdopodobieństwa poszczególnych parametrów również posiadają rozkład normalny. Pozostaje ustalić parametry, tzn. wartość średnią i

odchylenie standardowe tych rozkładów. W tym celu wykorzystano prosty graficzny sposób przedstawienia rozkładu nienormalnego w postaci składowych o rozkładach w przybliżeniu normalnym [1]. Należy zastąpić daną

krzywą rozkładu prawdopodobieństwa trójkątami równoramiennymi, które po dodaniu współrzędnych dawałyby krzywą, możliwie zbliżoną do zadanej. Trójkąt równoramienny, jak wiadomo, można dowolnie dokładnie przybliżyć funkcją rozkładu normalnego. Przykłady przedstawienia danego rozkładu (histogramu eksperta) w postaci rozkładów trójkątnych pokazano na rys. 2. Z uwagi na to, że każdy histogram eksperta posiada 5 klas, zastąpiono go trzema rozkładami trójkątnymi.



Rys. 2. Przykłady przedstawienia danych rozkładów parametrów ΔW i ΔN za pomocą trójkątów równoramiennych

Wartość oczekiwana i wariancja zmiennej losowej X o rozkładzie trójkątnym w przedziale $\langle a, b \rangle$ są określone wzorami:

$$E(X) = \frac{a + b}{2} \quad (5)$$

$$D^2(X) = \frac{(b-a)^2}{12} \quad (6)$$

W podany sposób histogram każdego eksperta każdego z parametrów rozłożono na rozkłady trójkątne obliczając dla każdego trójkąta wartość oczekiwaną i wariancję.

Ze względu na to, że rozkład sumy zmiennych losowych o rozkładach trójkątnych dąży do rozkładu normalnego, proponuje się ustalenie rozkładu normalnego jako kombinacji liniowej rozkładów trójkątnych. Gęstość rozkładu normalnego wyrazi się wtedy wzorem:

$$f(x) = \begin{cases} 0 & \text{dla } x < c \text{ lub } x > d \\ \sum_{i=1}^3 \alpha_i \cdot \varphi_i(x) & \text{dla } c \leq x \leq d \end{cases} \quad (7)$$

gdzie:

α_i - waga i-tego rozkładu trójkątnego o funkcji gęstości $\varphi_i(x)$,
 c, d - minimalna i maksymalna wartość wg oszacowania eksperta.

Zgodnie ze wzorem (7), wartość oczekiwana i wariancja rozkładu normalnego każdego histogramu eksperta są określone wzorami:

$$m = \sum_{i=1}^3 \alpha_i \cdot E(X_i) = \sum_{i=1}^3 \alpha_i \cdot m_i \quad (8)$$

$$\sigma^2 = \sum_{i=1}^3 \alpha_i^2 \cdot D^2(X_i) + 2 \cdot \sum_{\substack{i,j=1 \\ i \neq j}}^3 \alpha_i \cdot \alpha_j \cdot \text{cov}(X_i, X_j) \quad (9)$$

Jako wagi α_i w powyższych wzorach przyjęto (rys. 2):

- dla pierwszego trójkąta (licząc od lewej) - prawdopodobieństwo w lewej skrajnej klasie,
- dla drugiego trójkąta - suma prawdopodobieństw w trzech klasach środkowych,
- dla trzeciego trójkąta - prawdopodobieństwa w prawej skrajnej klasie.

Korzystając ze wzorów (8) i (9) obliczono wartości oczekiwane i odchylenia standardowe każdego histogramu eksperta każdego z parametrów. Wyniki tych obliczeń zestawiono w tabelicy 2.

Ostatecznym modelem każdego z badanych parametrów oszacowanym przez n-osobowy zespół ekspertów jest zmienna losowa:

$$Z_n = \frac{1}{n} (X_1 + X_2 + \dots + X_n), \quad (10)$$

która dla $n \gg 1$ ma w przybliżeniu rozkład normalny

$$N \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n m_i, \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \sigma_i^2 \right)^{\frac{1}{2}} \right],$$

Tablica 2
Wartości oczekiwane i odchylenia standardowe oszacowań ekspertów poszczególnych parametrów

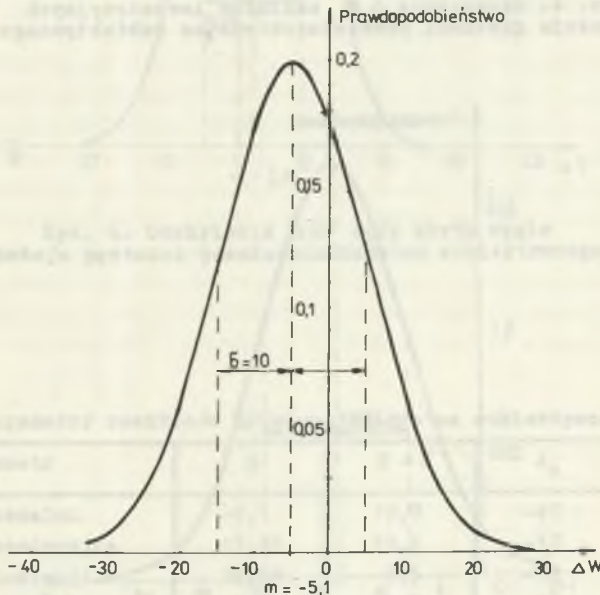
Numer eksperta	Wydobycie kopalni		Nakłady inwestycyjne		Koszt eksploatacji		Cena zbytu węgla		Cykl budowy kopalni	
	m _i	σ _i	m _i	σ _i	m _i	σ _i	m _i	σ _i	m _i	σ _i
1	-11,98	14,19	0	5,64	-	-	-	-	16,92	7,74
2	-4,49	9,0	15,0	8,25	-	-	-	-	17,15	7,44
3	-18,72	11,65	0	5,79	-	-	-	-	12,97	4,7
4	1,31	7,47	8,98	6,62	-	-	-	-	5,46	5,08
5	-15,22	8,75	29,63	13,71	-	-	-	-	15,22	8,75
6	0	5,82	28,74	12,92	36,49	7,9	-15,00	8,46	10,68	5,22
7	-6,22	6,33	16,63	7,48	21,84	10,36	10,0	5,82	12,5	7,47
8	-	-	4,53	2,67	30,8	5,28	-5,63	2,6	10,0	5,55
9	5,1	5,29	15,2	9,15	22,12	11,2	-1,73	7,13	-	-
10	-3,9	14,86	17,73	10,66	20,35	10,94	-7,57	9,45	10,0	5,56
11	-1,78	10,44	20,0	11,27	-	-	-	-	14,66	8,62
12	-7,08	7,49	6-18	2,35	9,28	3,53	9,25	5,35	11,23	5,21
13	-1,63	17,02	35,25	23,52	7,5	9,49	-	-	-	-
14	-6,66	13,16	22,38	10,49	-	-	1,47	6,83	11,1	5,37
15	-2,5	6,63	23,86	12,71	23,86	12,71	5,18	5,22	-	-
16	-5,18	9,2	-	-	-	-	-	-	-	-
17	-0,91	10,53	8,98	5,06	18,43	10,72	18,43	10,71	13,7	8,11
18	-5,52	8,73	28,64	13,0	24,96	13,95	-1,31	5,14	10,35	8,63
19	-4,02	7,9	8,8	3,75	10,46	5,32	7,26	6,76	7,5	3,8
20	-7,5	4,17	10,0	5,56	10,0	5,56	5,57	2,66	6,65	4,0

przy czym X_1, X_2, \dots, X_n są zmiennymi losowymi stochastycznie niezależnymi o rozkładach normalnych z funkcjami gęstości określonymi wzorem (7).

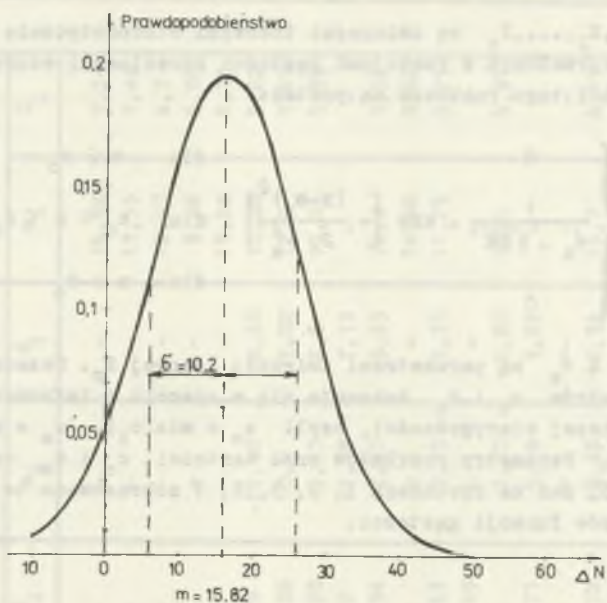
Funkcja gęstości tego rozkładu ma postać:

$$f(x) = \begin{cases} 0 & \text{dla } x \leq c_0 \\ \frac{1}{\sigma_z \cdot \sqrt{2\pi}} \cdot \exp \left[-\frac{(x-m_z)^2}{2 \cdot \sigma_z^2} \right] & \text{dla } c_0 < x < d_0 \\ 0 & \text{dla } x \geq d_0 \end{cases} \quad (11)$$

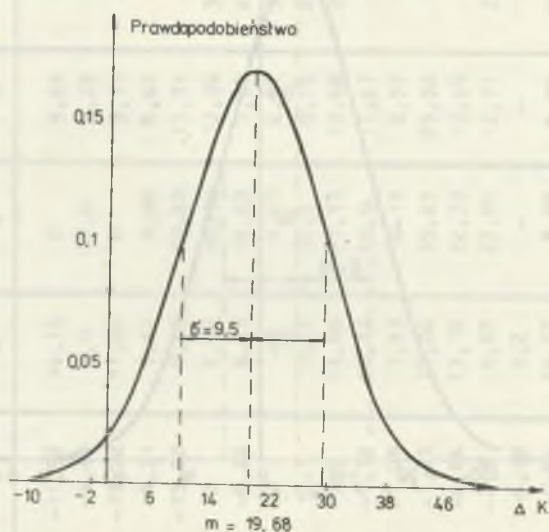
przy czym m_z i σ_z są parametrami zmiennej losowej Z_n . Oszacowania nieznanymi parametrami c_0 i d_0 dokonuje się w oparciu o informacje z próby metodą największej wiarygodności, czyli $a_0 = \min(c_1)$, $d_0 = \max(d_1)$, $i = 1, 2, \dots, n$. Parametry rozkładów oraz wartości c_0 i d_0 zostały podane w tabelicy 3, zaś na rysunkach 3, 4, 5, 6, 7 zobrazowano te rozkłady w postaci wykresów funkcji gęstości.



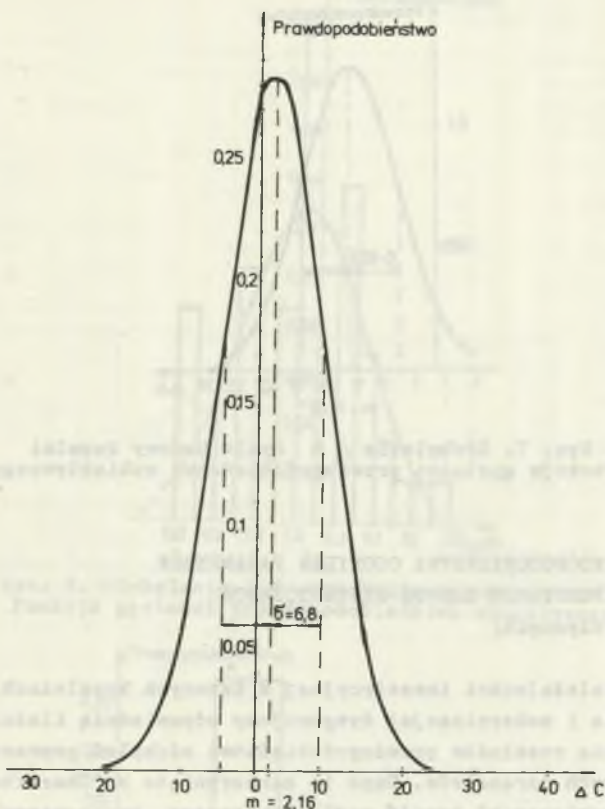
Rys. 3. Odchylenie ΔW wydobywania dobowego kopalni
Funkcja gęstości prawdopodobieństwa subiektywnego



Rys. 4. Odchylenie ΔN nakładów inwestycyjnych
Funkcja gęstości prawdopodobieństwa subiektywnego



Rys. 5. Odchylenie ΔK jednostkowego kosztu eksploatacji
Funkcja gęstości prawdopodobieństwa subiektywnego

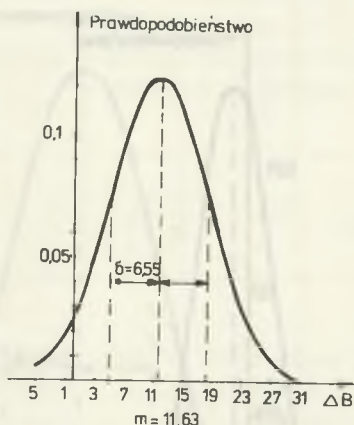


Rys. 6. Odchylenie ΔC ceny zbytu węgla
Funkcja gęstości prawdopodobieństwa subiektywnego

Tablica 3

Parametry rozkładów prawdopodobieństwa subiektywnego

Parametr	m	$2 - \sigma$	A_0	B_0
Wydobycie kopalni	-5,1	10,0	-40	30
Nakłady inwestycyjne	15,82	10,2	-10	50
Koszt eksploatacji	19,68	9,5	-10	50
Cena zbytu węgla	2,16	6,8	-20	30
Cykl budowy kopalni	11,63	6,55	-5	30



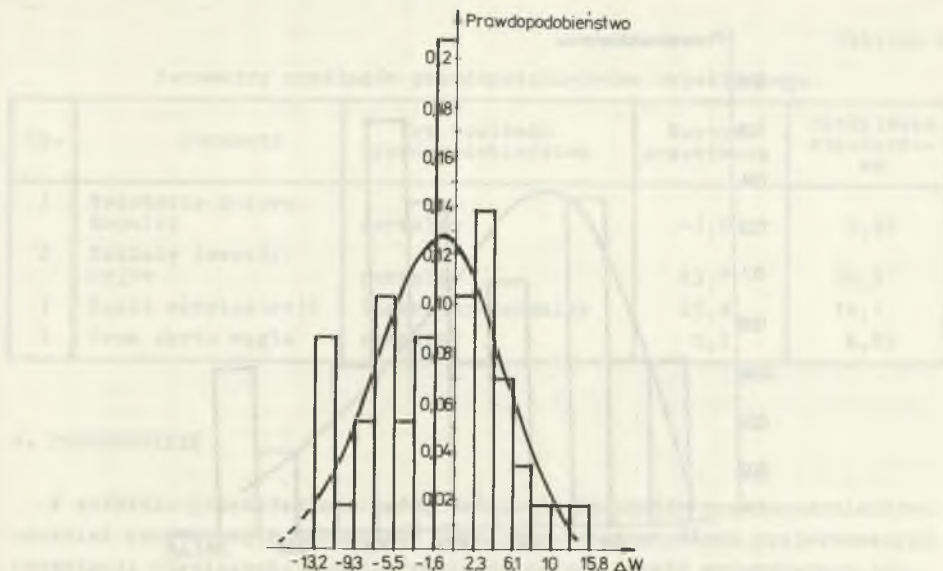
Rys. 7. Odchylenie ΔB cyklu budowy kopalni
Funkcja gęstości prawdopodobieństwa subiektywnego

3. ROZKŁADY PRAWDOPODOBIEŃSTWA ODCHYLEŃ PARAMETRÓW USTALONE NA PODSTAWIE DANYCH HISTORYCZNYCH (dla kopalń czynnych)

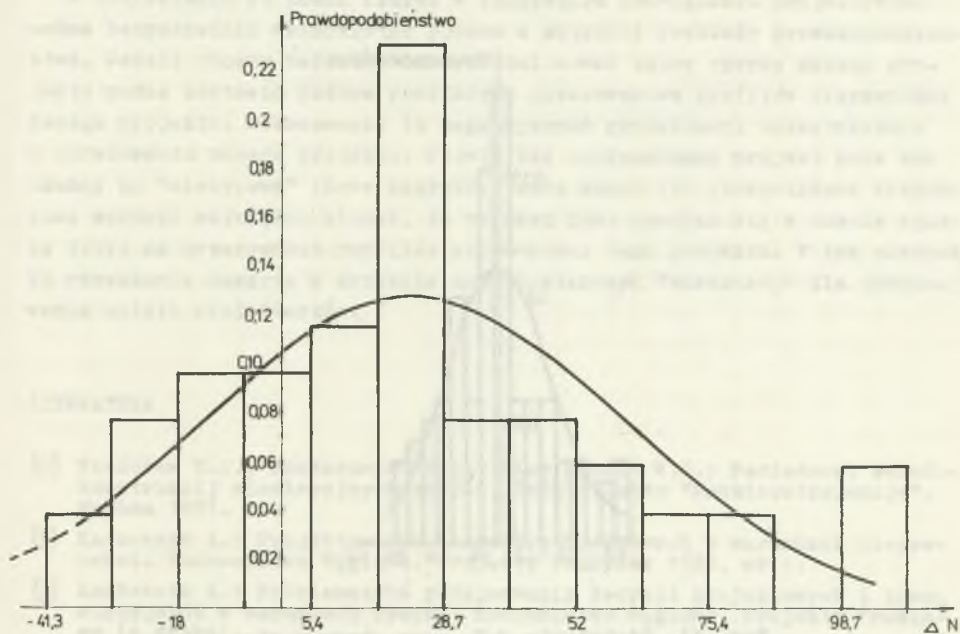
W zakresie działalności inwestycyjnej w czynnych kopalniach (rozbudowa oraz odtworzenie i modernizacja) dysponujemy odpowiednią ilością informacji dla ustalenia rozkładów prawdopodobieństwa odchyłeń poprzednio podanych, podstawowych parametrów. Dane te zaczerpnięto z "Charakterystyk techniczno-ekonomicznych" kopalń węgla kamiennego opracowanych przez GBSiPG. Dla każdej kopalni podano tam wielkości tych parametrów zawarte w ZTE oraz wielkości uzyskane (za wyjątkiem cyklu realizacji inwestycji). Informacje o odchyleniach wielkości projektowanych od uzyskanych stanowiły próbkę dla ustalenia rozkładów prawdopodobieństwa. Analizą objęto wszystkie kopalnie w latach 1976-1980 i uzyskano następujące ilości informacji:

- a) wydobywanie dobowe - 58,
- b) nakłady inwestycyjne - 52,
- c) koszt eksploatacji - 30,
- d) cena zbytu węgla - 118.

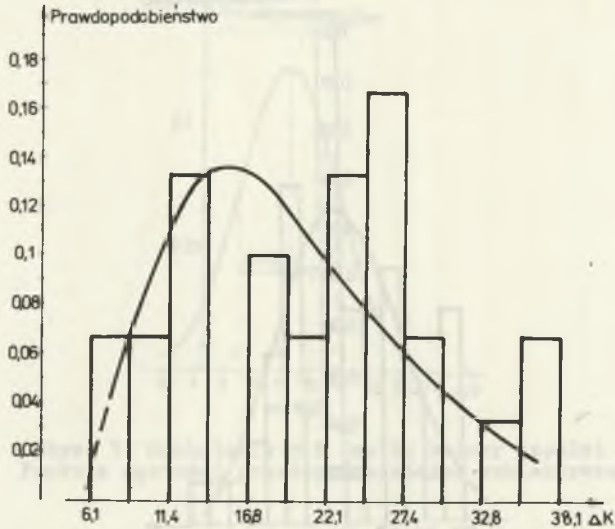
Obliczenia w zakresie badania rozkładów tych parametrów wykonano w GBSiPG za pomocą programu SBR-1 i uzyskane wyniki zestawiono w tabelicy 4. Uzyskane rozkłady zostały zobrazowane na rysunkach 8, 9, 10, 11.



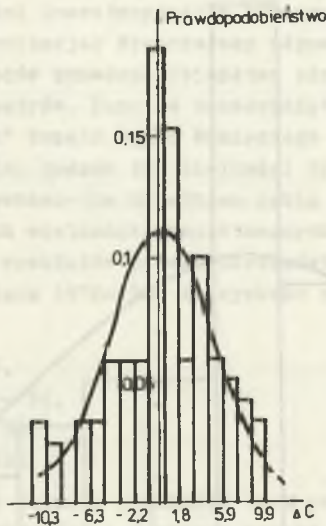
Rys. 8. Odchylenie ΔW wydobycia dobowego kopalni
Funkcja gęstości prawdopodobieństwa obiektywnego



Rys. 9. Odchylenie ΔN nakładów inwestycyjnych
Funkcja gęstości prawdopodobieństwa obiektywnego



Rys. 10. Odchylenie ΔK jednostkowego kosztu eksploatacji
Funkcja gęstości prawdopodobieństwa obiektywnego



Rys. 11. Odchylenie ΔC ceny zbytu węgla
Funkcja gęstości prawdopodobieństwa obiektywnego

Tablica 4

Parametry rozkładów prawdopodobieństwa obiektywnego

Lp.	Parametr	Typ rozkładu prawdopodobieństwa	Wartość oczekiwana	Odchylenie standardowe
1	Wydobycie dobowe kopalni	normalny	-1,0	5,95
2	Nakłady inwestycyjne	normalny	23,7	36,5
3	Koszt eksploatacji	logarytm-normalny	20,9	14,1
4	Cena zbytu węgla	normalny	0,3	4,85

4. PODSUMOWANIE

W artykule przedstawiono próbę ustalenia rozkładów prawdopodobieństwa odchyień podstawowych parametrów techniczno-ekonomicznych projektowanych inwestycji górniczych. W odniesieniu do nowych kopalń wykorzystano opinie ekspertów o wielkości tych odchyień, a dla działalności inwestycyjnej w czynnych kopalniach wykorzystano dane historyczne.

W odniesieniu do oceny ryzyka w konkretnym rozwiązaniu projektowym można bezpośrednio wykorzystać podane w artykule rozkłady prawdopodobieństwa. Jeżeli chcemy bardziej zindywidualizować ocenę ryzyka danego projektu można zestawiać podane rozkłady z oszacowaniem profilów niepewności danego projektu. Oszacowanie to mogą wykonać projektanci uczestniczący w opracowaniu danego projektu. Jeżeli zaś opracowywany projekt może być uznany za "nietypowy" (nowe zagłębienie, mało znane lub niespotykane dotychczas warunki naturalne złoża), to celowym jest oparcie się w ocenie ryzyka tylko na oszacowaniu profilów niepewności tego projektu. W tym przypadku rozważania zawarte w artykule mogą dostarczyć "warsztatu" dla opracowania opinii projektantów.

LITERATURA

- [1] Fiedorow D.J., Bondarowicz B.A., Pierieponow W.J.: *Nadzieznost metalo-konstrukcij ziemlerojnych maszin*. Izdatielstwo "Maszinostrzenije". Moskwa 1871.
- [2] Karbownik A.: *Projektowanie decyzji projektowych w warunkach niepewności*. Budownictwo Węglowe, Projekty Problemy 1983, nr 1.
- [3] Karbownik A.: *Problematyka podejmowania decyzji projektowych i inwestycyjnych w warunkach ryzyka*. Budownictwo Węglowe, Projekty Problemy (w druku).
- [4] Lindgren B.W.: *Elementy teorii decyzji*. WNT, Warszawa 1977.
- [5] Mackenzie B.W.: *Evaluating the economics of mine development*. Canadian Mining Journal 1971, nr 3.

- [6] Sadowski W.: Decyzje i prognozy. PWE, Warszawa 1977.
 [7] Smirnow N.W., Dunin-Barkowski J.W.: Kurs rachunku prawdopodobieństwa i statystyki matematycznej. PWN, Warszawa 1969.
 [8] Pirkowicz S.: Statystyczne badanie wyrobów. WNT, Warszawa 1970.

Recenzent: Doc. dr hab. inż. Jan Stachowicz

Wpłynęło do Redakcji w lipcu 1984 r.

ВЕРОЯТНОСТНЫЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ОСНОВНЫХ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ
 ПАРАМЕТРОВ ПРОЕКТИРУЕМЫХ ШАХТНЫХ КАПИТАЛОВЛОЖЕНИЙ

Р е з ю м е

В статье дана попытка определения вероятностных распределений отклонений основных технико-экономических параметров проектируемых шахтных капиталовложений. Для новых шахт использовано мнение экспертов о величине этих отклонений. Для инвестиционной деятельности в действующих шахтах использованы исторические данные. Приведены параметры полученных распределений.

PROBABILITY DISTRIBUTION OF BASIC TECHNICAL-ECONOMICAL
 PARAMETERS OF THE DESIGNED MINING INVESTMENTS

S u m m a r y

The article attempts to indicate probability distribution of basic technical-economical parameters deviations in the designed mining investments. Experts opinions about the magnitude of these deviations were used for new coal-mines, and historical data were used for different investments in the mines already existing.