ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1992
Seria: GÓRNICTWO z. 205 Nr kol. 1179

Stanisław KRZEMIEŃ
Katedra Organizacjii i Ekonomiki Górnictwa
Politechniki Śląskiej, Gliwice

MIARY DYNAMIKI STRUKTURY NIEBEZPIECZNYCH ZDARZEŃ W OBIEKTACH GÓRNICZYCH

Streszczenie. W artykule przedstawiono procedurę badania zmian struktury niebezpiecznych zdarzeń występujących w obiektach podziemnych kopalń. Do oceny tych zmian wykorzystano miary statystyczne μ i ε umożliwiające uzyskanie syntetycznej i dość precyzyjnej informacji o charakterze tych zmian [3]. Miernik $\mu_{t,t+\tau}$ określa natężenie zmian struktury niebezpiecznych zdarzeń, a miernik $\varepsilon_{t,t+\tau}$ określa zmiany współczynników struktury niebezpiecznych zdarzeń z okresu t na okres $t + \tau$. Mierniki μ i ε są proste w interpretacji, a ich wartości zawierają się w zamkniętych przedziałach liczbowych. Zaproponowany sposób badania dynamiki zdarzeń niebezpiecznych zilustrowano przykładami analizy struktur katastrof górniczych, wstrząsów górniczych oraz wypadków w kopalniach węgla kamiennego.

DYNAMICS MEASURES OF THE STRUCTURES OF DANGEROUS EVENTS IN MINING OBJECTS

Summary. In the paper has been presented the testing procedure of the changes in the structure of dangerous events occuring in underground objects of a mine. To assess these changes, use was made of statistical measures μ and ε which made possible the obtaining of synthetic and fairly accurate information on the character of these changes. The measure $\mu_{t,\ t+\tau}$ denotes the intensity of the structure changes of dangerous events from time t for the period $t+\varepsilon$. The measures μ and ε are easy to interpret, and their values are comprised in closed numericaintervals. The suggested method of investigating the dynamics of dangerous events has been illustrated with some examples of analysis of the structures of mining disasters, mining tremors and accidents in hard coal mines.

МЕРЫ ДИНАМИКИ СТРУКТУРЫ ОПАСНЫХ ПРИИСШЕСТВИЙ НА ГОРНЫХ ОБЬЕКТАХ

Резюме. В статье представлена процедура исследования изменений структуры опасных происшествий, выступающих в подземных горных объектах. Для оценки этих изменений ис пользовались статистические меры μ и ε, позволяющие получить синтетическую и довольно точную информацию о характере этих изменений. Измеритель $\mu_{t,t+\tau}$ определяет интенсивность изменений структуры опасных происшествий, а измеритель $\varepsilon_{t,t+\tau}$ определяет изменения коэффициентов структуры опасных происшествий из периода t в период $t+\tau$. Измеритили μ и ε легко поддаются интерпретации, а их значения содержатся в замкнутых интервалах чисел. Предложенный способ исследлвания динамики опасных происшествий проиллюстрирован примерами анализа структур горных катастроф, горных ударов, а также несчастных случаев на каменноугольных шахтах.

1. WSTĘP

Poznanie reguł opisujących ewolucję struktury niebezpiecznych zdarzeń występujących w obiektach podziemnych kopalń jest problemem interesującym w aspekcie teoretycznym, jak i praktycznym.

Analiza mechanizmów określających te zmiany w domenie czasu może być korzystna zarówno dla bliższej oceny mechanizmów zachodzących zjawisk dynamicznych, jak również dla realizacji celu prognostycznego. Uzasadnione jest więc określenie pewnych miar - wskaźników, które umożliwiałyby uzyskanie informacji o czasowych zmianach zachodzących w strukturze niebezpiecznych zdarzeń oraz ich zwiastunów (prekursorów) [2].

Zwiastuny te oraz ich identyfikatory są obserwowane w kopalniach i rejestrowane w czasie rzeczywistym. Ich natężenie może stanowić istotną informację o zmianach strukturalnych zachodzących w obiektach górniczych oraz w ich otoczeniu. Chodzi praktycznie o to, by skonstantować, w jakich momentach czasowych zmiany te przybierają na sile, a w jakich są relatywnie mniejsze. W dalszym ciągu rozważań przedstawiony jest sposób badania dynamiki zdarzeń niebezpiecznych zilustrowany przykładami analizy struktury ilościowej katastrof górniczych, wstrząsów górniczych oraz wypadków urazowych. Nie ogranicza to oczywiście możliwości wykorzystania opisanej procedury do badania innych zdarzeń, np. takich jak wpływy gazów, zmiany zapylenia, choroby zawodowe itp.

2. WYKORZYSTANIE PROCEDUR STATYSTYCZNYCH DO BADANIA ZMIAN STRUKTURY NIEBEZPIECZNYCH ZDARZEŃ W OBIEKTACH PODZIEMNYCH KOPALŃ

Załóżmy, że strukturę (zbiór) zdarzeń niebezpiecznych tworzy k zdarzeń $(i=1,2,\ldots,k)$ i, że bada się ich zmiany w n jednostkach czasowych $t = (1,2,\ldots,n)$. Współczynnik udziału i-tego zdarzenia w ogólnej masie zdarzeń przedstawie wzór:

$$\alpha_{it} = \frac{a_{it}}{\sum_{i=1}^{k} a_{it}} \tag{1}$$

Dysponując danymi o ilości zdarzeń w okresie równym n jednostkom czasowym, można zbudować tablicę współczynników α_{it} - tablica 1.

Tablica 1

i \ t	1	2	....	n
1	α_{11}	α_{12}	....	α_{1n}
2	α_{21}	α_{22}	....	α_{2n}
⋮	⋮	⋮	⋱	⋮
k	α_{k1}	α_{k2}	....	α_{kn}

(2)

Współczynniki α_{it} spełniają następujące relacje:

$$0 \le \alpha_{it} \le 1 \qquad \sum_{i=1}^{k} \alpha_{it} = 1 \tag{3}$$

oraz

$$\sum_{i=1}^{k} \sum_{t=1}^{n} \alpha_{it} = n\,. \tag{4}$$

Z tablicy współczynników w ujęciu dynamicznym wynika, że dla każdego $t(t \in \langle 1,n \rangle)$ znany jest wektor S_t charakteryzujący strukturę zbioru zdarzeń w okresie t.

$$S_t = \begin{bmatrix} \alpha_{1t} \\ \alpha_{2t} \\ \vdots \\ \alpha_{kt} \end{bmatrix} \tag{5}$$

Można więc znaleźć wartość funkcji sinus bądź cosinus kąta φ zawartego pomiędzy wektorami odległymi od siebie o τ $(\tau \in \langle 1, n-1 \rangle)$ jednostek czasowych S_t i $S_{t+\tau}$ [4]. Z uwagi na to, że elementy tych wektorów α_{it} oraz $\alpha_{i,t+\tau}$ odpowiadają warunkom (3), dlatego wartości tych funkcji spełniają relację:

$$\cos\varphi,\ \sin\varphi \in \langle 0,1 \rangle \tag{6}$$

Względnie duży kąt rozwarcia pomiędzy wektorami S_t, $S_{t+\tau}$ sygnalizuje znaczne zmiany w strukturze zbioru zdarzeń w okresie $t+\tau$ w porównaniu ze strukturą w czasie t.

Względnie mały kąt rozwarcia wektorów S_t i $S_{t+\tau}$ sygnalizuje niewielkie zmiany struktury zjawisk pomiędzy okresami odległymi od siebie o τ jednostek czasowych.

Jeżeli S_t i $S_{t+\tau}$ są wektorami niezerowymi, to znaczy, gdy zachodzi związek:

$$\alpha_{1t}\alpha_{1,t+} + \alpha_{2t}\alpha_{2t+} + \ldots + \alpha_{kt}\alpha_{kt+\tau} \neq 0 \tag{7}$$

Wówczas cosinus kąta φ zawartego między tymi wektorami można zapisać [3]:

$$\cos\varphi = \frac{(S',\ S_{t+\tau})}{|S_t|\ |S_{t+\tau}|}, \tag{8}$$

gdzie:

$$(S'_t,\ S_{t+\tau}) = \sum_{i=1}^{k} \alpha_{it}\alpha_{i,t+\tau} \tag{9}$$

oraz

$$|S_t| = \left[\sum_{i=t}^{k} \alpha_{it}^2\right]^{\frac{1}{2}} \tag{10}$$

$$|S_{t+\tau}| = \left[\sum_{i=1}^{k} \alpha_{i,t+\tau}^2\right]^{\frac{1}{2}} \tag{11}$$

Ponieważ $\sin^2\varphi + \cos^2\varphi = 1$, jako miarę zmian struktury zbioru zdarzeń w czasie możemy więc przyjąć:

$$\mu_{t,t+\tau} = \sin\varphi = 1 - \frac{\left(\sum_{i=1}^{k} \alpha_{it}\alpha_{i,t+\tau}\right)^2}{\sum_{i=1}^{k} \alpha_{it}^2 \sum_{i=1}^{k} \alpha_{i,t+\tau}^2} \tag{12}$$

Miernik zmian struktury $\mu_{t,t+\tau}$ przyjmuje wartości z przedziału <0,1> i ma następującą interpretację [3]:

- gdy $\mu_{t,t+\tau}$ jest bliskie zeru, wtedy należy przyjąć, że w rozpatrywanym okresie nastąpiły nieduże zmiany w badanej strukturze,
- gdy $\mu_{t,t+\tau}$ jest bliskie jedności, wtedy należy przyjąć, że nastąpiły bardzo znaczne zmiany.

Z powyższego wynika, że $\mu_{t,t+\tau}$ może służyć jako instrument pomiaru natężenia zdarzeń w strukturach geometryczno-przestrzennych zjawisk odległych od siebie o τ jednostek czasowych. Miarą przeciętnych zmian, jakim ulegają współczynniki struktury α_{it}, $\alpha_{i,i+\tau}$ z okresu t na okres $t+\tau$, może być [3]:

$$\varepsilon_{t,t+\tau} = \frac{\sum_{i=1}^{k} |\alpha_{it} - \alpha_{i,t+\tau}|}{k} \tag{13}$$

Łatwo zauważyć, że $\varepsilon_{t,t+\tau} \in \langle 0, \frac{2}{k} \rangle$, czyli podobnie jak w przypadku $\mu_{t,t+\tau}$ wartości tej miary mieszczą się w zamkniętym przedziale liczbowym. Górna granica przedziału jest zależna od liczby k, stanowiącej ilość składowych wektora S_t. W szczególnym przypadku, gdy $k = 2$, $\varepsilon_{t,t+\tau}$ może przyjąć war-

tość 1. Gdy $\varepsilon_{t,t+\tau}$ przyjmuje wartości bliskie zeru, należy stwierdzić relatywnie małe zmiany w wartościach współczynników struktury w porównywalnych okresach czasu. Odwrotnie, im większe wartości $\varepsilon_{t,t+\tau}$, tym większe były przeciętne zmiany współczynników struktury w rozpatrywanych okresach czasu.

W prezentowanej procedurze należy zwrócić uwagę na dwa przypadki:

1. Gdy $\tau = 1$ (np. $\mu_{1,2}$ lub $\varepsilon_{1,2}$)

2. Gdy $\tau >> 1$ (np. $\mu_{1,n}$ lub $\varepsilon_{1,n}$ gdzie $\tau = n-1$).

Jak wynika z pracy [3], okazuje się, że $\mu_{t,t+\tau}$ i $\varepsilon_{t,t+\tau}$ dają wiarygodną informację o zmianach w strukturze tylko w przypadku 1., tj. wtedy, gdy $\tau = 1$. Ponadto zaproponowane miary dają informację jedynie o zmianach struktury w czasie $t + \tau$ w stosunku do struktury okresu t. Nie informują jednak o przebiegu zmian strukturalnych w międzyokresie $(t, t+\tau)$, co może być niekiedy istotne, zwłaszcza gdy $\tau >> 1$.

W szczególnym przypadku może zaistnieć taka sytuacja, że $\mu_{t,t+\tau} = 0$ oraz $\varepsilon_{t,t+\tau} = 0$ dla $\tau >> 1$, co nie oznacza braku zmian w strukturze, gdyż między momentami t oraz $t+\tau$ mogły zajść znaczne istotne zmiany struktury. Z uwagi na to w analizie należy przyjąć $\tau = 1$, następnie obliczyć wszystkie miary tworząc następujące ich ciągi:

$$\{\mu_{1,2}\mu_{2,3},\ldots,\mu_{n-1,n}\},\ \{\varepsilon_{1,2},\varepsilon_{2,3},\ldots,\varepsilon_{n-1,n}\} \tag{14}$$

Z kolei zweryfikować ich stacjonarność bp. obliczyć ich pierwsze kolejne różnice, a następnie zbadać, czy średnia tych różnic istotnie różni się od zera.

W przypadku stwierdzenia stabilności miar można przyjąć, że najlepszy opis zmian struktury w czasie umożliwia jeden z następujących mierników [3]:

$$\bar{\mu} = \frac{\sum_{t'=1}^{n-1} \mu_{t'}}{n-1}, \tag{15}$$

$$\bar{\varepsilon} = \frac{\sum_{t'=1}^{n-1} \varepsilon_{t'}}{n-1}, \tag{16}$$

gdzie:

$t' = 1,2,\ldots,n-1$.

Interpretacja mierników $\bar{\mu}$ i $\bar{\varepsilon}$ jest podobna jak $\mu_{t,t+\tau}$ oraz $\varepsilon_{t,t+\tau}$, z tym że pierwsze reprezentują przeciętne zmiany struktury w odniesieniu do całego rozpatrywanego okresu złożonego z t=n obserwacji. Należy zwrócić uwagę na to, że chociaż rozpatrujemy analizowaną strukturę w t=n jednostkach czasowych, to przyjęta procedura wyznaczania $\mu_{t,t+\tau}$ oraz $\varepsilon_{t,t+\tau}$ przy =1 pozwala otrzymać n-1 tych mierników, stąd t=1,2,...,n-1.
Szczegółowa analiza ciągów $\{\mu_{t',t'+1}\}$ i $\{\varepsilon_{t',t'+1}\}$ pozwala na wyznaczenie momentów wyraźnych zmian w strukturze zdarzeń niebezpiecznych, a tym samym pozwala uzyskać charakterystykę informacyjną dynamiki tych zmian.

3. PRZYKŁADY ZASTOSOWANIA PROCEDUR OBLICZENIOWYCH

Przedstawiona procedura statystyczna została wykorzystana do analizy struktury trzech grup zróżnicowanych genetycznie zdarzeń niebezpiecznych: katastrof górniczych, wypadków urazowych oraz zdarzeń dynamicznych - wstrząsów górniczych.

Przeprowadzone obliczenia mają charakter ogólny i stanowią przykład możliwości aplikacyjnej przedstawionej procedury obliczeniowej:

Przykład 1

W tablicy 2 przedstawiono strukturę katastrof w górnictwie węgla kamiennego z podziałem na okresy czasowe, 1945-1970 i 1971-1990 oraz 1971-1980 i 1981-1990. Źródłem danych zawartych w tablicy 2 jest artykuł [6], w którym Autor przedstawił między innymi analizę katastrof górniczych w latach 1945-1990.
Dane z tablicy 2 posłużyły do obliczenia mierników natężenia zmian ilości katastrof górniczych. Okresami porównywanymi były okres 1945-1970 i okres 1971-1990 oraz okres 1971-1980 i okres 1981-1990.
Wyniki obliczeń przedstawia tablica 3.
Obydwa wskaźniki natężenia zmian μ pokazują, że w porównywanych okresach dynamika zmian utrzymywała się na wysokim, ale zbliżonym poziomie. Wartości mierników zmian współczynników struktury ε, dla których górną granicę

Tablica 2

(i) Przyczyny bezpośrednie katastrof \ okres czasu (t)		1945-1970	1971-1980	1971-1980	1981-1990
		1	2	3	4
1	CO_2	0,00	0,15	0,16	0,13
2	CH_4	0,19	0,20	0,16	0,27
3	Zawały	0,21	0,12	0,11	0,13
4	Tąpania	0,10	0,29	0,21	0,40
5	Wybuchy pyłu	0,05	0,03	0,05	0,00
6	Pożary	0,33	0,15	0,21	0,07
7	Wdarcie wody	0,05	0,03	0,05	0,00
8	Urządzenia mechaniczne	0,07	0,03	0,05	0,00

Tablica 3

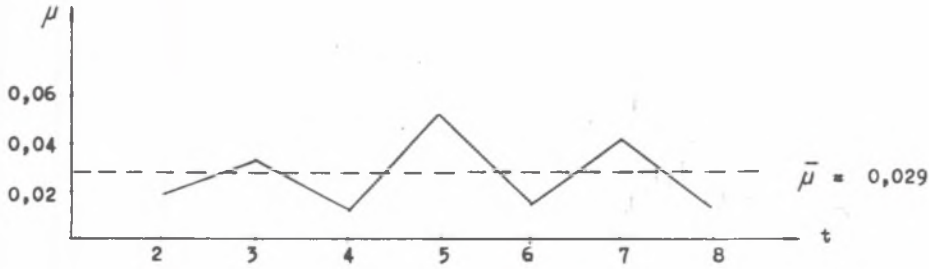
Mier-nik \ t, t+τ	1,2	3,4
μ	0,677	0,524
ε	0,088	0,080

stanowi wartość 0,25, świadczą o wyraźnych zmianach, jakie zaszły we współczynnikach struktury, a więc w zmianach jakościowych zagrożeń w porównywanych okresach.

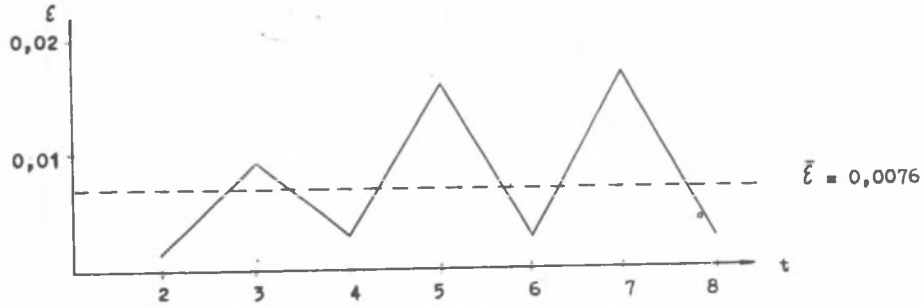
Przykład 2

W tablicy 4 przedstawiono udziały liczby wstrząsów zaliczonych do określonych przedziałów energetycznych w ogólnej liczbie wstrząsów zanotowanych przez regionalną sieć sejsmologiczną w latach 1977-1984 [1].

Dla danych z tablicy 4 obliczone zostały wskaźniki μ i ε. Wyniki obliczeń przedstawia tablica 5. Graficzną ilustrację wyników przedstawiają rysunki 1 i 2. Wynika z nich, że natężenie zmian liczby wstrząsów w analizowanym okresie nie było duże. Zmiany struktury miały swoje nasilenie w latach 1979, 1981 i 1983.



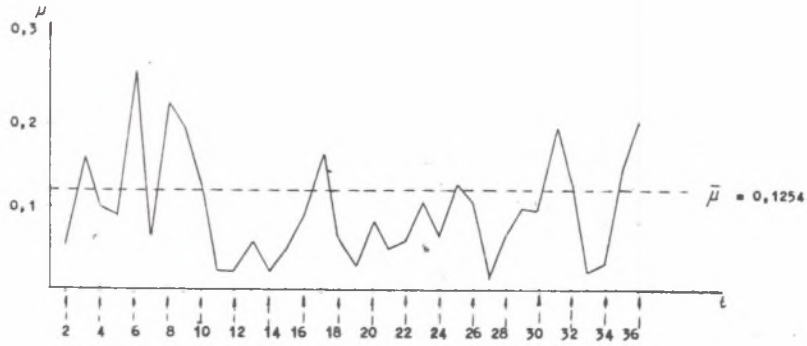
Rys. 1. Wartości miernika $\mu_{t,t+\tau(\tau=1)}$ dla danych z tablicy 5
Fig. 1. Values of the measure $\mu_{t,t+\tau(\tau=1)}$ for the data from table 5



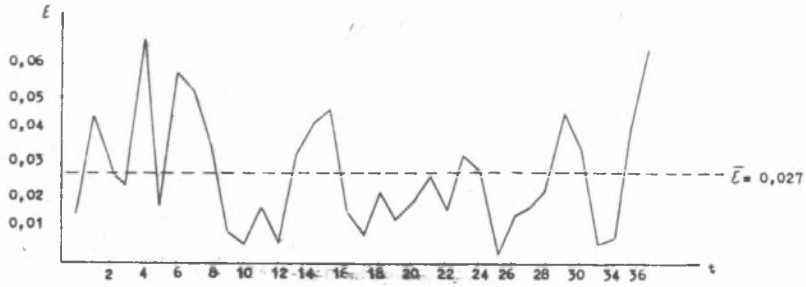
Rys. 2. Wartości miernika $\varepsilon_{t,t+\tau(\tau=1)}$ dla danych z tablicy 5
Fig. 1. Values of the measure $\varepsilon_{t,t+\tau(\tau=1)}$ for the data from table 5

Przykład 3

Tablica 6 przedstawia strukturę wypadków w kopalniach węgla kamiennego od 1945 roku do roku 1980, z uwzględnieniem podziału na grupy wypadkowe. Źródło danych stanowiło opracowanie MG-COIG [5]. Dla danych z tablicy 6, przy $\tau=1$, obliczone zostały wskaźniki μ i ε. Ich zestawienia zawierają tablice 7, 8, 9. Graficzną ilustrację wyników przedstawiają rysunki 3 i 4.



Rys. 3. Wartości miernika $\mu_{t,\,t+\tau(\tau=1)}$ dla danych z tablic 7, 8, 9
Fig. 3. Values of the measure $\mu_{t+\tau(\tau=1)}$ for the data from tables 7, 8, 9



Rys. 4. Wartości miernika $\varepsilon_{t,\,t+\tau(\tau=1)}$ dla danych z tablic 7, 8, 9
Fig. 4. Values of the measure $\varepsilon_{t,\,t+\tau(\tau=1)}$ for the data from tables 7, 8, 9

Otrzymane wyniki zarówno w przypadku μ, jak i ε pozwalają wnioskować, że zmiany struktury wypadków na przestrzeni lat 1945-1980 miały okresy silnego nasilenia: lata 1947-1954, lata 1974-1976 oraz lata 1979-1980. Ten ostatni okres jest niepełny . Dalsze obliczenia nie zostały przeprowadzone między innymi z tego powodu, że od 1980 roku zaprzestano prowadzenia ewidencji wypadków lekkich i drobnych.

Tablica 4

(i) \ (t)		1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984
		1	2	3	4	5	6	7	8
1	10^5 [J]	0,8185	0,8189	0,8047	0,8079	0,8485	0,8537	0,8969	0,9032
2	10^6 [J]	0,1593	0,1603	0,1840	0,1750	0,1363	0,1303	0,0943	0,0890
3	10^7 [J]	0,0217	0,0179	0,0092	0,0149	0,0131	0,0139	0,0074	0,0068
4	10^8 [J]	0,0005	0,0029	0,0015	0,0019	0,0017	0,0021	0,0011	0,0017
5	10^9 [J]	0,0000	0,0000	0,0006	0,0003	0,0004	0,0000	0,0003	0,0003

Tabela 5

Miernik \ t, t+τ	1,2	2,3	3,4	4,5	5,6	6,7	7,8
μ	0,020	0,035	0,015	0,055	0,019	0,044	0,018
ε	0,0015	0,0097	0,0037	0,0162	0,0025	0,0174	0,0025

Tablica 6

(i) \ (t)		1945	1946	1947	1948	1949	1950	1951	1952	1953	1954	1955	1956
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Śmiertelne	0,0055	0,0050	0,0058	0,0041	0,0043	0,0048	0,0044	0,0054	0,0057	0,0084	0,0081	0,0079
2	Ciężkie > 28 dni	0,0810	0,0753	0,0351	0,0230	0,0714	0,0903	0,0854	0,0917	0,1039	0,1195	0,1244	0,1343
3	Lekkie 2+28 dni	0,2021	0,2339	0,3253	0,3815	0,3346	0,4532	0,4219	0,5292	0,6220	0,6769	0,6590	0,6605
4	Drobne 1+3 dni	0,7114	0,6858	0,6338	0,5914	0,5894	0,4517	0,4883	0,3737	0,2684	0,1952	0,2085	0,1973

(i) \ (t)		1957	1958	1959	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968
		13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
1	Śmiertelne	0,0046	0,0058	0,0048	0,0062	0,0119	0,0119	0,0102	0,0109	0,0100	0,0091	0,0099	0,0088
2	Ciężkie > 28 dni	0,1235	0,1241	0,1403	0,1826	0,2744	0,3076	0,3016	0,3417	0,3674	0,3839	0,4355	0,4051
3	Lekkie 2+28 dni	0,6386	0,6484	0,5665	0,6604	0,6290	0,5955	0,5900	0,5408	0,5143	0,4792	0,4322	0,4388
4	Drobne 1+3 dni	0,2339	0,2217	0,1884	0,1508	0,0847	0,0850	0,1066	0,1066	0,1092	0,1278	0,1224	0,1473

(i) \ (t)		1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980
		25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
1	Śmiertelne	0,0070	0,0090	0,0089	0,0082	0,0071	0,0122	0,0120	0,0165	0,0152	0,0152	0,0177	0,1140
2	Ciężkie > 28 dni	0,3425	0,3617	0,3581	0,3530	0,3702	0,3871	0,4792	0,5460	0,5573	0,5411	0,6207	0,5954
3	Lekkie 2+28 dni	0,4630	0,4057	0,4058	0,3822	0,3480	0,3748	0,3727	0,3252	0,3136	0,3182	0,2608	0,2926
4	Drobne 1+3 dni	0,1875	0,2228	0,2272	0,2565	0,2747	0,2259	0,1361	0,1123	0,1139	0,1255	0,1008	0

Tablica 7

Miernik \ t, t+τ	1,2	2,3	3,4	4,5	5,6	6,7	7,8	8,9	9,10	10,11	11,12	12,13
μ	0,0518	0,1542	0,0998	0,0915	0,2676	0,0742	0,2389	0,2041	0,1257	0,0272	0,0213	0,0612
ε	0,015	0,046	0,028	0,024	0,068	0,018	0,057	0,052	0,036	0,009	0,005	0,018

Tablica 8

Miernik \ t, t+τ	13,14	14,15	15,16	16,17	17,18	18,19	19,20	20,21	21,22	22,23	23,24	24,25
μ	0,0213	0,0522	0,0989	0,1675	0,0649	0,0337	0,0898	0,0562	0,0639	0,1115	0,0619	0,1270
ε	0,005	0,033	0,043	0,048	0,016	0,008	0,022	0,013	0,017	0,026	0,015	0,032

Tablica 9

Miernik \ t, t+τ	25,26	26,27	27,28	28,29	29,30	30,31	31,32	32,33	33,34	34,35	35,36
μ	0,1131	0,0096	0,0640	0,0996	0,0997	0,2028	0,1234	0,0243	0,0281	0,1400	0,2129
ε	0,028	0,002	0,014	0,017	0,024	0,046	0,035	0,006	0,008	0,041	0,065

ZAKOŃCZENIE

Jak wynika z podanych przykładów, mierniki μ i ε mogą służyć jako jeden z instrumentów oceny zmian w strukturach niebezpiecznych zdarzeń odległych od siebie o τ jednostek czasowych. Komunikatywność obu mierników oraz stosunkowo prosty algorytm obliczeniowy pozwalają przypuszczać, że miary te znajdą zastosowanie w analizie stanu bezpieczeństwa pracy w górnictwie.

LITERATURA

[1] *Gustek M,. Kociela W.:* Charakterystyka zagrożenia tąpaniami w kopalniach Górnośląskiego Zagłębia Węglowego. Zeszyty Naukowe AGH. Z. 2. Kraków 1986.

[2] *Krzemień S.:* Systemowo-informacyjne modele oceny stanu zagrożenia wstrząsami górniczymi w kopalniach węgla kamiennego. Zeszyty Naukowe Pol. Śląskiej. Seria Górnictwo Nr 197, 1991.

[3] *Kukuła K.:* Propozycje w zakresie pewnych miar dynamiki struktury. Przegląd Statystyczny. Zeszyt 3. 1975.

[4] *Pluta W.:* Zastosowanie metod taksonomicznych i analizy czynnikowej do konstruowania syntetycznych wskaźników techniczno-ekonomicznych. Przegląd Statystyczny nr 2. PWN, Poznań 1975.

[5] Stan i charakterystyka wypadkowości w kopalniach węgla kamiennego od 1945 roku. Ministerstwo Górnictwa. COIG, Katowice 1981.

[6] *Szczurowski A.:* Katastrofy w polskim górnictwie węgla kamiennego. Przegląd Górniczy nr 7. 1991.

Recenzent: Prof. dr hab. inż. **Jan STACHOWICZ**

Wpłynęło do Redakcji w styczniu 1992.