

*Eugeniusz Krause**

ZASTOSOWANIE METOD KLASYFIKACJI I SYSTEMATYZACJI ZBIORÓW DO OCENY ZAGROŻEŃ METANOWEGO I POŻAROWEGO W KOPALNIACH W PERSPEKTYWIE DO 2020 ROKU

Streszczenie

W artykule przedstawiono metodę klasyfikacji i systematyzacji zbiorów, która umożliwia dokonanie perspektywicznej oceny poziomu współwystępujących zagrożeń metanowego oraz pożarami endogenicznymi w kopalniach węgla kamiennego.

Pogrupowanie kopalń na podzbiory statystycznie jednorodne oraz obliczenie dla każdej z nich wartości syntetycznego miernika poziomu zagrożeń metanowego oraz pożarami endogenicznymi, pozwala na wskazanie podobieństwa utworzonych podzbiorów oraz różnic w poziomach zagrożeń w kopalniach.

Syntetyczny miernik zagrożenia metanowo-pożarowego służy do wartościowania poziomu kształtowania się zagrożeń i stwarza możliwość ingerencji, z dużym wyprzedzeniem, w dobór i zakres stosowanych metod profilaktycznych do zwalczania tych zagrożeń w kopalniach.

Use sets classification and systematization methods for methane and fire hazards assessment in mines till year 2020 prospects

Abstract

It the paper, the method of classification and systematization of sets was presented, which makes possible the accomplishment of far-reaching opinion on the level of co-existing methane and spontaneous fire hazards in hard coal mines.

Assembling the mines into statistically homogeneous subsets as well as calculation for each of them the value of synthetic measure of the methane and spontaneous fire hazard level enables to indicate the similarities of created subsets as well as the differences in hazard levels in mines.

The synthetic measure of the methane-fire hazard serves for assessment of the hazards' level forming and creates the possibility of interference, with large outdistancing, into selection and into the range of applied preventive methods to fighting these hazards in mines.

WPROWADZENIE

Procesy restrukturyzacyjne prowadzone w celu dostosowania górnictwa do wymagań gospodarki rynkowej, polegające przede wszystkim na ograniczaniu wielkości wydobywania, nie tylko nie spowodowały zmniejszenia występujących w kopalniach zagrożeń – wentylacyjnego, metanowego oraz pożarowego – lecz przyczyniły się do ich skoncentrowania i skumulowania. Jest to spowodowane zarówno wzrostem głębokości prowadzenia eksploatacji, jak i systematycznym wprowadzaniem koncentracji

* Główny Instytut Górnictwa – Kopalnia Doświadczalna „Barbara”

wydobycia. Należy jednak zaznaczyć, że zastosowanie w kopalniach coraz nowszych technologii wydobywania węgla wpłynęło na znaczną poprawę stanu bezpieczeństwa.

Powyższe skłoniło do poszukiwania rozwiązań pozwalających na syntetyczną ocenę poziomu współwystępowania zagrożeń metanowego oraz pożarami endogenicznymi. W kopalniach występują bowiem różne poziomy zagrożenia, a obowiązujące przepisy górnicze dotyczą zagrożeń pojedynczych bez uwzględniania wzajemnych ich oddziaływań. Pewną próbą usystematyzowania kwalifikacji zagrożeń było zastosowanie w górnictwie analizy ryzyka, która odnosi się do pojedynczych stanowisk pracy lub obiektów technologicznych, np. ściana, drażone wyrobisko korytarzowe. Analizy ryzyka umożliwiają prawidłowe prowadzenie działań profilaktycznych, odnoszących się do danego obiektu i często nie mają nic wspólnego z poziomem zagrożeń występujących w kopalni.

Współwystępowanie zagrożeń naturalnych wymaga nieco innego podejścia do właściwej oceny poziomu ich występowania oraz doboru środków profilaktyki. Problematyka współwystępowania zagrożeń naturalnych jest tematem badań prowadzonych w Głównym Instytucie Górnictwa od wielu lat i została zawarta między innymi w publikacjach (Kabiesz 2000; Kabiesz, Konopko 1997; Strategia poprawy... 2001).

W niniejszym artykule omówiono zastosowanie metod statystycznych do syntetycznej oceny poziomu występujących zagrożeń: wentylacyjno-metanowego oraz pożarami endogenicznymi w kopalniach węgla kamiennego. Na podstawie danych, zestawionych przez zakłady górnicze wchodzące w skład Kompani Węglowej SA, Jastrzębskiej Spółki Węglowej SA, Katowickiego Holdingu Węglowego SA oraz Lubelskiego Węgla „Bogdanka” SA, obliczono wartości poszczególnych wskaźników kształtujących te zagrożenia w kopalniach. Na podstawie ankiety eksperckiej przeprowadzonej w kopalniach, zestawiono parametry i wskaźniki kształtujące te zagrożenia, z uwzględnieniem warunków projektowanej eksploatacji, zgodnie z harmonogramem eksploatacji do 2020 roku.

Przyjęte założenia oraz opracowany model wykorzystano do indywidualnej oceny poziomu występujących zagrożeń: metanowego i pożarowego we wszystkich polskich kopalniach węgla kamiennego. Ocena poziomu współwystępowania obu zagrożeń wymagała weryfikacji zbioru wyjściowego w celu obliczenia syntetycznego miernika zagrożeń: metanowego i pożarowego. Weryfikację tego zbioru przeprowadzono z wykorzystaniem analizy statystycznych zależności parametrów i wskaźników opisujących oba zagrożenia.

1. ZBIÓR WYJŚCIOWY PARAMETRÓW I WSKAŹNIKÓW OPISUJĄCYCH ZAGROŻENIE METANOWE ORAZ POŻAREM ENDOGENICZNYM

Na podstawie analizy parametrów i wskaźników charakteryzujących zagrożenia metanowe oraz pożarem endogenicznym wydzielono 11 wskaźników opisujących zagrożenie metanowe i 8 wskaźników charakteryzujących zagrożenie pożarami endogenicznymi. Ich zbiór, stanowiący stymulanty zagrożeń, oceniono pod względem wpływu na poziom zagrożeń, przypisując każdemu z nich wagi punktowe. Spośród wielu wskaźników i parametrów wyróżniono te, które mają istotny wpływ na kształ-

towanie się zagrożeń, jednocześnie pomijając te, które zdaniem ekspertów, oddziałują w sposób mniej istotny lub niejednoznaczny na zagrożenie.

Do parametrów i wskaźników stymulujących poziom zagrożenia metanowego zaliczono:

- głębokość eksploatacji – x_1 ,
- metanonośność – x_2 ,
- wskaźnik koncentracji wydobycia określony przez wielkość średniego wydobycia dobowego ze ściany – x_3 ,
- system eksploatacji i kierunek wybierania – x_4 ,
- sposób przewietrzania – x_5 ,
- moc prądu powietrza – x_6 ,
- metanowość bezwzględna – x_7 ,
- średnią efektywność odmetanowania – x_8 ,
- eksploatację poniżej poziomu udostępnienia (podpoziomową) – x_9 ,
- występowanie w stropie pokładów lub warstw węgla do pięciokrotnej miąższości eksploatowanej warstwy – x_{10} ,
- występowanie w spągu pokładów lub warstw węgla do dwu- i półkrotnej miąższości eksploatowanej warstwy – x_{11} .

Do parametrów i wskaźników stymulujących poziom zagrożenia pożarowego zaliczono:

- głębokość eksploatacji – x_{12} ,
- grupę samozapalności węgla – x_{13} ,
- wskaźnik średniego dobowego postępu ściany – x_{14} ,
- system eksploatacji i kierunek wybierania – x_{15} ,
- sposób przewietrzania – x_{16} ,
- wydatek powietrza w ścianie – x_{17} ,
- eksploatację poniżej poziomu udostępnienia (podpoziomową) – x_{18} ,
- występowanie w stropie pokładów lub warstw węgla do pięciokrotnej miąższości eksploatowanej warstwy – x_{19} .

Dla wyżej wymienionego zestawu wskaźników i parametrów, opisujących zagrożenia, przeprowadzono ankietę w 28 kopalniach węgla kamiennego. Dla kopalń „Wujek” i „Sośnica-Makoszowy” ankiety przeprowadzono oddzielnie dla poszczególnych Ruchów z uwagi na istniejące zróżnicowanie warunków geologiczno-górnicznych w tych kopalniach.

Ze względu na dublowanie się niektórych wskaźników i parametrów w obu zbiorach dotyczących zagrożenia metanowego oraz pożarami endogenicznymi, a także silną ich korelację, przeprowadzono weryfikację zbioru wyjściowego opisującego te zagrożenia, przez wyeliminowanie wskaźników: x_1 , x_5 , x_9 i x_{10} .

Reasumując, zweryfikowany zbiór wyjściowy 15 parametrów i wskaźników uznano za właściwy do oceny poziomu kształtowania się współwystępujących zagrożeń metanowego i pożarem endogenicznym w kopalniach.

Realizacja postawionego celu, którym jest klasyfikacja kopalń węgla kamiennego pod względem ich podobieństwa w aspekcie, prognozowanego do 2020 roku, zagrożenia metanowego oraz pożarem endogenicznym, została przeprowadzona z wykorzystaniem metody klasyfikacji i systematyzacji zbiorów.

Spośród metod klasyfikacji zbiorów wybrano metodę grupowania zmiennych losowych wielowymiarowych (Bruski, Ziembicki, 1975). Wykonane obliczenia pozwoliły na utworzenie podzbiorów jednorodnych grupujących kopalnie podobne pod względem występowania w nich zagrożeń metanowego i pożarami endogenicznymi.

W celu usystematyzowania podzbiorów oraz kopalń, w utworzonych podzbiórach opracowano syntetyczny miernik poziomu zagrożenia metanowego oraz pożarem endogenicznym. Obliczona dla każdej kopalni wartość miernika pozwoliła na identyfikację i systematyzację poziomu współwystępujących obu zagrożeń w kopalniach węgla kamiennego. Warunkiem właściwej oceny z wykorzystaniem syntetycznego miernika poziomu obu zagrożeń jest prawidłowy dobór parametrów charakteryzujących te zagrożenia. Odpowiedni dobór składowych syntetycznego miernika musi uzasadniać ich konfigurację, a jednocześnie muszą być eliminowane parametry i czynniki silnie skorelowane.

W wyniku analizy statystycznych zależności między parametrami i wskaźnikami do opracowania syntetycznego miernika poziomu zagrożenia metanowego oraz pożarem endogenicznym zastosowano 6 parametrów i wskaźników ze zweryfikowanego zbioru wyjściowego 15 zmiennych opisujących oba te zagrożenia.

Miernik poziomu zagrożenia metanowego oraz pożarem endogenicznym oparto na następujących parametrach i wskaźnikach:

- x_7 – metanowość bezwzględna,
- x_8 – efektywność odmetanowania,
- x_{12} – głębokość eksploatacji,
- x_{15} – system eksploatacji i kierunek wybierania,
- x_{16} – układ przewietrzania ścian,
- x_{19} – obecność w stropie, w odległości do pięciokrotnej wysokości ściany, pokładów lub warstw węgla.

Wartości powyższych wskaźników i parametrów są standaryzowane i przyjmują wartości bezwymiarowe.

W warunkach eksploatacji na coraz większych głębokościach prognozowany poziom współwystępowania obu tych zagrożeń nie został dotychczas zidentyfikowany żadnym innym miernikiem. Uwzględniając powyższe, opracowanie syntetycznego miernika poziomu zagrożenia metanowego oraz pożarem endogenicznym, stwarza możliwość porównywania kopalń względem siebie oraz wykazywania różnic między poziomem występujących zagrożeń w tych kopalniach. Podstawę do opracowania miernika poziomu zagrożenia metanowego oraz pożarami endogenicznymi stanowiło 6 wskaźników i parametrów charakteryzujących te zagrożenia. Zastosowanie metody klasyfikacji zbiorów pozwala na wydzielenie ze zbioru wszystkich kopalń podzbiorów statystycznie jednorodnych w oparciu o zweryfikowany zestaw 15 wskaźników i parametrów opisujących oba zagrożenia. Obliczenia przeprowadzono w oparciu o algo-

rytm metody grupowania zmiennych losowych wielowymiarowych, opisany w dalszej części artykułu.

Wyniki obliczeń kolejnych kroków grupowania przy zastosowaniu algorytmu grupowania zmiennych losowych wielowymiarowych pozwalają na obserwację tworzących się podzbiorów jednorodnych kopalń. Ponadto, obliczona dla każdej kopalni wartość syntetycznego miernika poziomu tych zagrożeń, pozwala usystematyzować utworzone podzbiory jednorodne oraz kopalnie między sobą.

2. KLASYFIKACJA KOPALŃ METODĄ GRUPOWANIA ZMIENNYCH LOSOWYCH WIELOWYMIAROWYCH

Przedmiotem analizy były wszystkie N kopalnie węgla kamiennego, które zostały objęte ankietą charakteryzującą zagrożenie metanowe oraz pożarami endogenicznymi.

Dowolną kopalnię ze zbioru wszystkich analizowanych N kopalń można przestać jako zmienną losową

$$x_j = \{x_{j,1}, x_{j,2}, \dots, x_{j,m}\} \quad (1)$$

gdzie $x_{j,1}, x_{j,2}, \dots, x_{j,m}$ – parametry i wskaźniki opisujące j -tą kopalnię.

Klasyfikacja polega na utworzeniu pewnej nieznannej liczby L podzbiorów statystycznie jednorodnych takich, aby w obrębie każdego podzbioru, między zmiennymi (wskaźnikami i parametrami), nie występowały istotne różnice. Podzbiory jednorodne będą zawierać określoną liczbę wielkości losowych X_j dla $j = 1, 2, \dots, N$. Z uwagi na to, że rozpatruje się realizację zmiennych losowych, stosuje się do nich miary konwencjonalne, a nie probabilistyczne. Graficzną postać algorytmu grupowania zmiennych losowych wielowymiarowych przedstawiono na schemacie blokowym (rys. 1).

Poniżej omówiono kolejne bloki algorytmu grupowania zmiennych losowych wielowymiarowych:

Blok 1 Wczytanie tablicy $X[1:N, 1:m]$, gdzie $j = 1, 2 \dots N$,

$k = 1, 2 \dots m$ j -ty wektor wierszowy macierzy,

$X [1:N, 1:m]$ charakteryzuje kopalnie za pomocą m wskaźników; przyjęto zweryfikowany zestaw 15 wskaźników i parametrów opisujących każdą kopalnię, $m = 15$,

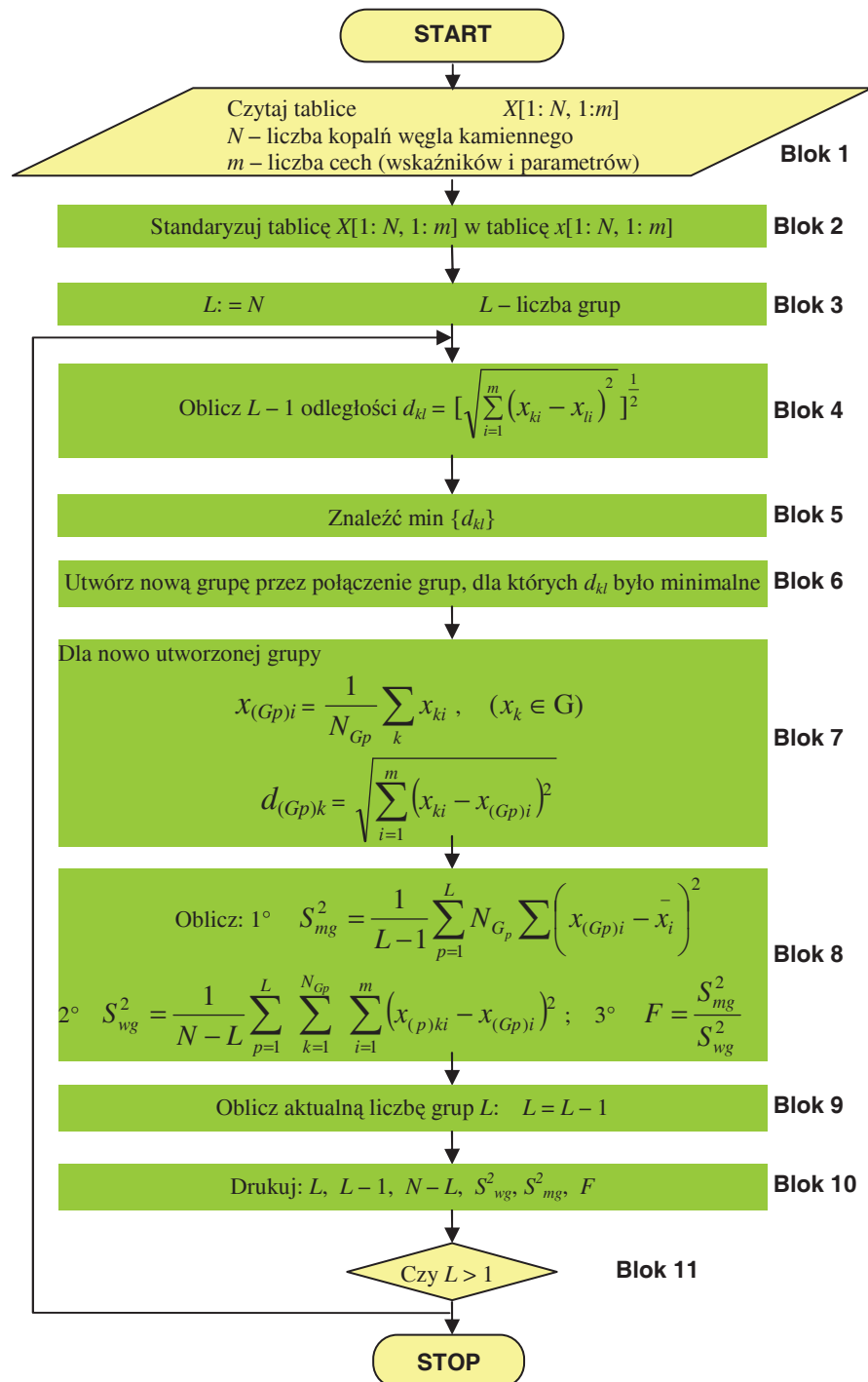
j – kolejna kopalnia z tablicy X $j = 1, 2 \dots 30$, tzn. $N = 30$.

Blok 2 Standaryzacja wczytanej tablicy $X [1:N, 1:m]$ w tablicę $x [1:N, 1:m]$, w celu uwolnienia wskaźników od miana.

Standaryzacja wyrównuje ich wariancje, sprowadzając je do jedności oraz sprawia, że wszystkie zmienne są traktowane z jednakową wagą.

Realizację zmiennych tablicy X standaryzuje się według wzoru

$$x_{jk} = \frac{X_{jk} - \bar{X}_k}{S_k} \quad (2)$$



Rys. 1. Schemat blokowy algorytmu grupowania zmiennych losowych wielowymiarowych

Fig. 1. Block diagram of algorithm of assembling the multidimensional random variables

gdzie:

$$\bar{X}_k = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N X_{jk} \quad (3)$$

$$S_k = \left[\frac{1}{N} \sum_{j=1}^N (X_{jk} - \bar{X}_k)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (4)$$

\bar{X}_k – średnia wartość zmiennej k tablicy X ,

S_k – odchylenie standardowe zmiennej k tablicy X ,

X_{jk} – zmienna standaryzowana dla j -tej kopalni i k -tego wskaźnika charakteryzującego tę kopalnię.

Blok 3 Przed przystąpieniem do pierwszego kroku grupowania zakłada się, że zmienna losowa x_j dla $j = 1, 2 \dots N$ stanowi podzbiór o liczebności 1. Liczba podzbiorów L w tym momencie jest równa liczbie kopalń N .

Blok 4 W bloku tym oblicza się wszystkie możliwe odległości między L podzbiórmi, definiowane w przestrzeni metrycznej w sposób następujący

$$d_{kl} = \sqrt{\sum_{i=1}^m (x_{ki} - x_{li})^2} \quad (5)$$

W kolejnych krokach grupowania liczba odległości będzie równa $L = 1$.

Bloki 5, 6 Spośród obliczonych $L - 1$ odległości wybiera się odległość najmniejszą d_{\min} oraz określa numery podzbiorów s i t , dla których to minimum istnieje. Podzbiory x_s i x_t łączy się w jeden podzbiór, nadając mu numer 1, który charakteryzuje się za pomocą średnich wartości

$$x_{(1)i} = \frac{x_{si} + x_{ti}}{2} \quad (6)$$

Wartości te określają nowe wartości zmiennej średniej

$$X_{(1)} = \{x_{(1),1}, x_{(1),2} \dots x_{(1),m}\} \quad (7)$$

którą podstawia się w miejsce wartości zmiennej losowej o mniejszym wskaźniku $x_{\min(s,t)}$. Drugą z tych zmiennych oznacza się w tablicy danych, tak, aby nie brała udziału w obliczeniach.

Blok 7 W czasie wykonywania kolejnych iteracji grupowania dla nowo utworzonego podzbioru oblicza się:

X_{ki} – średnią zmienną $x_{(Gp)}$ wszystkich składowych wchodzących w skład podzbioru według wzoru

$$x_{(Gp)i} = \frac{1}{N_{Gp}} \sum_k x_{ki}, \quad (x_k \in G_p) \quad (8)$$

gdzie:

N_{Gp} – liczba wartości zmiennych losowych wchodzących w skład podzbioru G_p ,

x_{ki} – odległości wartości tworzących ją zmiennych od centrum podzbioru

$$d_{(Gp)k} = \sqrt{\sum_{i=1}^m (x_{ki} - x_{(Gp)i})^2} \quad (9)$$

gdzie k – przybiera numery zmiennych losowych wchodzących w skład rozpatrywanego podzbioru.

Blok 8 W każdym kroku grupowania oblicza się:

- wariancję międzygrupową odległości

$$S_{mg}^2 = \frac{1}{L-1} \sum_{p=1}^L N_{G_p} \sum (x_{(Gp)i} - \bar{x}_i)^2 \quad (10)$$

gdzie

$$\bar{x}_i = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N x_{ji} \quad (11)$$

- wariancję wewnątrzgrupową odległości

$$S_{wg}^2 = \frac{1}{N-L} \sum_{p=1}^L \sum_{k=1}^{N_{Gp}} \sum_{i=1}^m (x_{(p)ki} - x_{(Gp)i})^2 \quad (12)$$

- wartość F

$$F = \frac{S_{mg}^2}{S_{wg}^2} \quad (13)$$

Blok 9 Po utworzeniu nowego podzbioru, ich liczba zostaje zmniejszona o 1, czyli $L: = L - 1$.

Blok 10 Dla każdej iteracji grupowania są drukowane następujące wielkości: $L, L-1, N-L, S_{wg}^2, S_{mg}^2, F$.

Blok 11 Jest blokiem decyzyjnym sprawdzającym warunek liczby utworzonych podzbiorów. W przypadku, gdy liczba utworzonych podzbiorów jest większa od 1, powtarza się bloki (4–10), w przeciwnym razie przerywa się grupowanie.

Za pomocą programu komputerowego algorytmu grupowania zmiennych losowych wielowymiarowych wykonano obliczenia podziału zbioru 30 kopalń na podzbiory statystycznie jednorodne.

Wykonanie kolejnych kroków grupowania dla zbioru 30 kopalń opisanych parametrów i wskaźników pozwala na obserwację tworzących się typologicznych podzbiorów.

Zestawienie zbiorcze kolejno utworzonych podzbiorów, dla kolejnych stopni swobody z obliczeniem wartości F (w kolumnie 4) zestawiono w tabelicy 1.

Tablica 1. Zbiorcze zestawienie utworzonych podzbiorów dla kolejnych stopni swobody

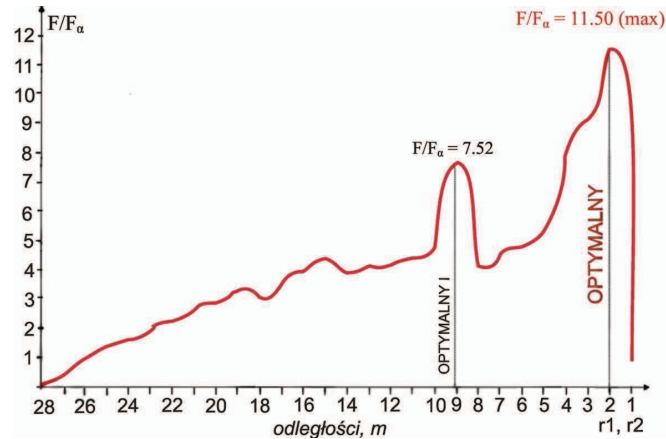
| Liczba grup | Stopień swobody r_1 | Stopień swobody r_2 | $F = s_{mg}/s_{wg}$ | F/F_α |
|-------------|-----------------------|-----------------------|---------------------|-------------------------|
| 29 | 28 | 1 | 9,74 | 0,04 |
| 28 | 27 | 2 | 9,16 | 0,47 |
| 27 | 26 | 3 | 7,92 | 0,91 |
| 26 | 25 | 4 | 7,86 | 1,36 |
| 25 | 24 | 5 | 7,50 | 1,64 |
| 24 | 23 | 6 | 7,91 | 2,04 |
| 23 | 22 | 7 | 7,79 | 2,26 |
| 22 | 21 | 8 | 8,13 | 2,58 |
| 21 | 20 | 9 | 8,50 | 2,89 |
| 20 | 19 | 10 | 8,71 | 3,32 |
| 19 | 18 | 11 | 8,12 | 3,05 |
| 18 | 17 | 12 | 8,92 | 3,50 |
| 17 | 16 | 13 | 9,88 | 3,95 |
| 16 | 15 | 14 | 10,62 | 4,35 |
| 15 | 14 | 15 | 9,36 | 3,97 |
| 14 | 13 | 16 | 10,02 | 4,18 |
| 13 | 12 | 17 | 9,99 | 4,20 |
| 12 | 11 | 18 | 10,61 | 4,46 |
| 11 | 10 | 19 | 12,60 | 5,29 |
| 10 | 9 | 20 | 17,90 | 7,52 lokalnie optymalny |
| 9 | 8 | 21 | 10,14 | 4,19 |
| 8 | 7 | 22 | 11,07 | 4,50 |
| 7 | 6 | 23 | 12,21 | 4,83 |
| 6 | 5 | 24 | 13,88 | 5,30 |
| 5 | 4 | 25 | 21,38 | 7,75 |
| 4 | 3 | 26 | 27,28 | 9,15 |
| 3 | 2 | 27 | 38,54 | 11,50 optymalny |
| 2 | 1 | 28 | 3,82 | 0,91 |

Miarą istotności typologicznego podziału zbioru kopalń jest wartość stosunku F/F_α , gdzie:

- F – obliczona wartość dla kolejnych kroków grupowania,
- F_α – wartość odczytana z tablic Fishera-Snedecora na poziomie istotności $\alpha = 0,05$, przy stopniach swobody $r_1 = L - 1$ i $r_2 = N - L$ (L – liczba utworzonych podzbiorów, N – liczba wszystkich wyrobisk podlegających grupowaniu).

Podział optymalny otrzymuje się w kroku grupowania, przy którym F/F_α osiąga wartość maksymalną.

Graficzną interpretację ilorazu F/F_α przedstawiono na rysunku 2.



Rys. 2. Wykres grupowania 30 kopalń na podzbiory statystycznie jednorodne metodą grupowania zmiennych losowych wielowymiarowych z zastosowaniem testu Fishera-Snedecora

Fig. 2. Diagram of assembling 30 mines into statistically homogeneous subsets with the method of multidimensional random variables assembling with the use of Fisher-Snedecor test

Z wartości F/F_α , dla kolejnych stopni swobody (tabl. 1, rys. 2) zaznaczyły się podziały na:

- lokalnie optymalny, w którym $F/F_\alpha = 7,52$,
- optymalny, w którym $F/F_\alpha = 11,50$.

Duża różnica między obliczonymi wartościami F/F_α obu podziałów pozwala uznać podział ($F/F_\alpha = 7,52$) za lokalnie optymalny, natomiast drugi podział za optymalny.

W wyniku podziału optymalnego (lokalnego) utworzono 10 podzbiorów statystycznie jednorodnych (tabl. 2).

Tablica 2. Podzbiory statystycznie jednorodne podziału optymalnie lokalnego

| Podzbiory podziału optymalnego I (lokalnego) | |
|--|--|
| Nr podzbioru | Numery kopalń |
| Podzbiór 1 – 7 kopalń | 6, 7, 8, 10, 12, 15, 30 |
| Podzbiór 2 – 13 kopalń | 2, 3, 5, 9, 11, 14, 16, 17, 19, 20, 21, 22, 24 |
| Podzbiór 3 – 2 kopalnie | 13, 29 |
| Podzbiór 4 – 2 kopalnie | 1, 4 |
| Podzbiór 5 – 1 kopalnia | 18 |
| Podzbiór 6 – 1 kopalnia | 23 |
| Podzbiór 7 – 1 kopalnia | 25 |
| Podzbiór 8 – 1 kopalnia | 26 |
| Podzbiór 9 – 1 kopalnia | 27 |
| Podzbiór 10 – 1 kopalnia | 28 |

Podział optymalny utworzył trzy podzbiory jednorodne (tabl. 3).

Tablica 3. Podzbiory statystycznie jednorodne podziału optymalnego

| Nr podzbioru | Podzbiory podziału optymalnego | |
|-------------------------|--|--|
| | Numery kopalń | |
| Podzbiór 1 – 9 kopalń | 6, 7, 8, 10, 12, 13, 15, 29, 30 | |
| Podzbiór 2 – 20 kopalń | 1, 2, 3, 4, 5, 9, 11, 14, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 26, 27, 28 | |
| Podzbiór 3 – 1 kopalnia | 25 | |

3. SYNTETYCZNY MIERNIK POZIOMU ZAGROŻENIA METANOWO-POŻAROWEGO

Przedstawione w tablicach 2 i 3 podziały typologicznie jednorodne pozwalają wnioskować o podobieństwie kopalń pod względem zagrożenia metanowego oraz pożarem endogenicznym, natomiast nie charakteryzują różnic między poszczególnymi podzbiorymi, jak i ich elementami (kopalniami). Określenie względnych różnic między kopalniami, co do poziomu zagrożenia, jest możliwe przez wprowadzenie syntetycznego miernika poziomu zagrożeń metanowego oraz pożarowego. Wyznaczenie wartości miernika dla każdej kopalni pozwoli na wyspecyfikowanie podzbiorów w podziałach optymalnych oraz porównanie 30 kopalń między sobą.

Obliczanie miernika zagrożenia metanowego oraz pożarowego polega na wyznaczeniu dla każdej kopalni zbioru $\{x\}$, charakteryzującego się określonym zestawem cech $(x_{j,1}, x_{j,2} \dots x_{j,m})$, odległości d_{jo} względem abstrakcyjnej kopalni, a następnie miernika według wzoru

$$d_j = 1 - \frac{d_{jo}}{c} \quad (14)$$

W powyższym wzorze

$$d_{jo} = \left[\sum_{k=1}^m (x_{jk} - x_{ok})^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (15)$$

$$c = d + 2 \left[\frac{1}{N} \sum_{j=1}^N (d_{jo} - \bar{d})^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (16)$$

$$\bar{d} = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N d_{jo} \quad (17)$$

$j = 1, 2 \dots N$, gdzie N – liczba kopalń,

$k = 1, 2 \dots m$, gdzie m – liczba cech (wskaźników i parametrów).

Wielkości x_{jk} są wielkościami standaryzowanymi obliczonymi według wzorów (blok 2) algorytmu (rys. 1).

Abstrakcyjna kopalnia x_0 będzie nazywana wzorcem poziomu zagrożenia metanowego oraz pożarowego o współrzędnych $x_{01} \dots x_{02} \dots x_{0m}$, określonych za pomocą następujących relacji:

$$x_{0k} = \max_j x_{jk} \quad \text{jeśli } k \in I \quad (18)$$

$$x_{0k} = \min_j x_{jk} \quad \text{jeśli } k \notin I \quad (19)$$

gdzie I – oznacza zbiór wskaźników (cech) stymulantów.

Wartość miernika poziomu zagrożenia metanowego oraz pożarowego stanowi wypadkową cech opisujących poziom tych zagrożeń.

Jak wspomniano, do opracowania miernika wykorzystano sześć parametrów i wskaźników zbioru wyjściowego. Wszystkim tym cechom przypisano tę samą wagę oddziaływania na poziom zagrożenia metanowego i pożarowego.

Wykorzystując macierz danych wyjściowych, w której 6 wyspecyfikowanych do obliczenia syntetycznego miernika jest stymulantami, dla 30 kopalń obliczono wartości miernika poziomu zagrożenia metanowego i pożarowego, które zestawiono w tabelicy 4.

Tablica 4. Syntetyczny miernik poziomu zagrożenia metanowo-pożarowego

| Numer kopalni | Nazwa kopalni | Wartość miernika | Lokata miernika w zbiorze 30 kopalń |
|------------------|--------------------------------------|------------------|-------------------------------------|
| 1 | „Chwałowice” | 0,263 | 16 |
| 2 | „Brzeszcze” | 0,324 | 9 |
| 3 | „Jankowice” | 0,287 | 10 |
| 4 | „Marcel” | 0,394 | 6 |
| 5 | „Rydułtowy-Anna” | 0,274 | 12 |
| 6 | „Bolesław Śmiały” | 0,267 | 14 |
| 7 | „Piast” | 0,125 | 27 |
| 8 | „Ziemowit” | 0,195 | 22 |
| 9 | „Bielszowice” | 0,413 | 5 |
| 10 | „Bobrek-Centrum” | 0,099 | 28 |
| 11 | „Halemba-Wirek” | 0,421 | 4 |
| 12 | „Piekary” | 0,136 | 25 |
| 13 ^{*)} | „Pokój” | 0,000 | 30 |
| 14 | „Knurów” | 0,247 | 19 |
| 15 | „Sośnica-Makoszowy” Ruch „Makoszowy” | 0,133 | 26 |
| 16 | „Sośnica-Makoszowy” Ruch „Sośnica” | 0,209 | 21 |
| 17 | „Szczygłowice” | 0,286 | 11 |
| 18 ^{*)} | „Pniówek” | 0,484 | 1 |
| 19 | „Jas-Mos” | 0,264 | 15 |
| 20 | „Krupiński” | 0,248 | 18 |
| 21 | „Zofiówka” | 0,345 | 8 |
| 22 | „Budryk” | 0,439 | 3 |

cd. na następnej stronie

| | | | |
|----|----------------------|-------|----|
| 23 | „Borynia” | 0,234 | 20 |
| 24 | „Mysłowice-Wesoła” | 0,192 | 23 |
| 25 | „Murcki” | 0,358 | 7 |
| 26 | „Wieczorek” | 0,474 | 2 |
| 27 | „Ślązic | 0,259 | 17 |
| 28 | „Śląsk” Ruch „Śląsk” | 0,269 | 13 |
| 29 | „Śląsk” Ruch „Wujek” | 0,028 | 29 |
| 30 | „Bogdanka” | 0,153 | 24 |

^{*)} Największa wartość miernika syntetycznego – lokata 1 – kopalnia o największym zagrożeniu metanowo-pożarowym.

^{**)} Najmniejsza wartość miernika syntetycznego – lokata 30 – kopalnia o najmniejszym zagrożeniu metanowo-pożarowym.

Z tablicy 4 wynika, że miernik określony dla kopalni „Pokój”, wynoszący 0,000, jest wzorcem poziomu zagrożenia metanowo-pożarowego, z którym są porównywane wartości miernika obliczone dla pozostałych 29 kopalń. Projektowana i prowadzona eksploatacja w kopalni „Pokój”, systemem poprzecznym (po wzniosie pokładów) stwarza możliwość realizowania profilaktyki pożarowej opartej na technologiach przemulania zrobów mieszaninami popiołowo-wodnymi, ograniczając samozagrzewanie węgla w zrobach. Ponadto, niski poziom zagrożenia metanowego w eksploatowanych ścianach w tej kopalni kształtuje najniższą wartość syntetycznego miernika w porównaniu z innymi kopalniami.

Najliczniejszy utworzony podzbiór jednorodny, metodą grupowania zmiennych losowych wielowymiarowych, charakteryzuje kopalnie o większym zagrożeniu, co reprezentatywnie oddaje wartość syntetycznego miernika zagrożenia metanowego oraz pożarami endogenicznymi.

W pierwszej dziesiątce kopalń, charakteryzujących się największym zagrożeniem metanowym oraz pożarami endogenicznymi, do 2020 roku, usystematyzowano kopalnie:

| | | | |
|-----------------|---|-----------------|-----|
| „Pniówek” | – | lokata miernika | 1, |
| „Wieczorek” | – | lokata miernika | 2, |
| „Budryk” | – | lokata miernika | 3, |
| „Halemba-Wirek” | – | lokata miernika | 4, |
| „Bielszowice” | – | lokata miernika | 5, |
| „Marcel” | – | lokata miernika | 6, |
| „Murcki” | – | lokata miernika | 7, |
| „Zofiówka” | – | lokata miernika | 8, |
| „Brzeszcze” | – | lokata miernika | 9, |
| „Jankowice” | – | lokata miernika | 10. |

W opinii autora, w kopalniach „Wieczorek” i „Murcki” poziom współwystępowania zagrożenia metanowego i pożarem endogenicznym jest znacznie niższy niż wskazują na to obliczone wartości miernika i wysokie ich lokaty w zbiorze 30 kopalń.

Analizując poszczególne zbiory kopalń, tworzące podzbiory statystycznie jednorodne, można wydzielić podzbiór kopalń charakteryzujących się występowaniem zagrożenia pożarami endogenicznymi w warunkach projektowanej eksploatacji w otoczeniu słabometanowego złoża lub złoża uznanego za niemietanowe.

Utworzony metodą grupowania zmiennych losowych wielowymiarowych podzbiór 1 (tabl. 3) składa się z 9 kopalń charakteryzujących się niskim poziomem współwystępujących zagrożeń metanowego i pożarem endogenicznym, a mianowicie:

| | | | |
|----------------------------|---|-----------------|-----|
| „Bolesław Śmiały” | – | lokata miernika | 14, |
| „Piast” | – | lokata miernika | 27, |
| „Ziemowit” | – | lokata miernika | 22, |
| „Bobrek-Centrum” | – | lokata miernika | 28, |
| „Piekary” | – | lokata miernika | 25, |
| „Pokój” | – | lokata miernika | 30, |
| „Sośnica” Ruch „Makoszowy” | – | lokata miernika | 26, |
| „Wujek” Ruch „Wujek” | – | lokata miernika | 29, |
| „Bogdanka” | – | lokata miernika | 24. |

WNIOSKI

Na podstawie wykonanych analiz i obliczeń można sformułować następujące wnioski:

1. Klasyfikacja i systematyzacja kopalń na podzbiory statystycznie jednorodne pozwala na dokonanie wyprzedzającej oceny dotyczącej podobieństwa kopalń, co do poziomu współwystępujących zagrożeń oraz dobór właściwych środków profilaktyki.
2. Usystematyzowanie kopalń na podstawie obliczonych wartości syntetycznego miernika poziomu zagrożenia wentylacyjno-metanowego, pozwala na identyfikację poziomu współwystępujących zagrożeń w kopalniach w perspektywie do 2020 roku.

Literatura

1. Bruski J. (1974): Metoda klasyfikacji zbiorów. Przegląd Statystyczny nr 2.
2. Bruski J., Ziembicki W. (1975): Metoda grupowania zmiennych losowych wielowymiarowych. Przegląd Statystyczny nr 4.
3. Kabiesz J. (2000): Ryzyko zawodowe a zagrożenie tapaniami i zagrożenia skojarzone. VII Konferencja Naukowo-Techniczna „Tapania 2000” Katowice, Wydaw. GIG.
4. Kabiesz J., Konopko W. (1997): Problemy skojarzonych zagrożeń górniczych w polskich kopalniach węgla kamiennego. Bezpieczeństwo Pracy i Ochrona Środowiska w Górnictwie nr 5(33).
5. Strategia poprawy bezpieczeństwa pracy w kopalniach węgla kamiennego (2001): Praca zbiorowa pod redakcją W. Konopko. Katowice, Wydaw. GIG.

Recenzent: doc. dr hab. inż. Marian Turek