

Izabela SKRZYPCZAK¹
Dawid ZIENTEK²

OCENA DEFORMACJI POWIERZCHNI NA TERENACH GÓRNICZYCH

Streszczenie

Badania deformacji terenów górniczych wiążą się z gromadzeniem i opracowywaniem różnorodnych zbiorów danych. Zarządzanie takimi danymi usprawnia system informacji geograficznej. W artykule przedstawiono koncepcję łączenia danych umożliwiającą zwiększenie efektywności i wiarygodności badań deformacji powierzchni terenów górniczych na przykładzie kopalni „PIAST” w Bieruniu.

1. Wprowadzenie

Eksploatacja węgla kamiennego powoduje deformacje powierzchni oraz uszkodzenia infrastruktury podziemnej i naziemnej. Geodezyjne obserwacje wpływu działalności górniczej na powierzchnię wykonywane są okresowo, w lokalnych, specjalnie zakładanych liniach obserwacyjnych. Teoretyczne obliczenia wielkości osiadań powierzchni spowodowanych górniczą eksploatacją złoża węgla kamiennego można wykonać stosując między innymi teorię Budryka-Knothego.

Ocena deformacji powierzchni byłaby dokładniejsza i wiarygodniejsza, gdyby mogła być dokonana na podstawie nie jednego lub dwóch, ale kilku parametrów, stąd konieczność budowy systemu informacji geograficznej z kompleksową bazą danych geodezyjnych, górniczych i geologicznych wykorzystywanych w badaniach i predykcji deformacji.

W artykule zaproponowano budowę bazy danych oraz wskazano możliwości wykorzystania normalizacji danych oraz zbiorów rozmytych w interpretacji i ocenie deformacji terenów górniczych.

2. Charakterystyka złoża KWK „Piast” w Bieruniu

Obserwacja deformacji powierzchni nad obszarami eksploatacji w Bieruniu Starym, Bieruniu Nowym, Chełmie Śląski i na przedpolu zbiornika Dziewkowice jest wykonywana ciągle. Charakter zniekształcenia powierzchni terenu zmienia się w zależności przede wszystkim od stosowanej metody wydobywania, charakterystyki pokładów węglowych (miąższość, głębokość zalegania pod powierzchnią terenu, odległość od filara ochronnego, odległość od frontu ściany), budowy geologicznej, własności utworów geologicznych. Złoże węgla kamiennego KWK „PIAST” ma charakter złoża pokładowego, z pokładami zalegającymi monoklinalnie w poszczególnych blokach tektonicznych. W budowie geologicznej złoża do głębokości dokumentowania (do 1000m) biorą udział utwory czwartorzędu, trzeciorzędu, triasu i karbonu produktywnego. Grubość nadkładu jest zmienna i wynosi od ok. 0,5m w rejonie Chełmu Śląskiego do ok. 296m. W złożu KWK „PIAST” występują następujące ogniwa: warstwy libiąskie, łaziskie i orzeskie. Złoże to posiada kształt łagodnej synkliny o osi nachylonej w kierunku wschodnim. Jest pocięte licznymi uskokami, wyznaczającymi naturalne granice poszczególnych bloków tektonicznych.

¹dr inż., Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska, Politechnika Rzeszowska

²mgr, Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska, Politechnika Rzeszowska

3. Metodyka budowy systemu informacji

Badania deformacji terenów górniczych wymagają zebrania i analizy dużej ilości różnorodnych zbiorów danych. Pozyskiwane dane pochodzą z różnych materiałów wejściowych (opracowanych w różnych układach). Efektywne zarządzanie takimi zbiorami danych byłoby więc możliwe dzięki zastosowaniu systemu informacji geograficznej, który umożliwiłby opracowanie przestrzennego modelu kopalni, analizę metod i okresów eksploatacji, analizę i interpretację okresowych pomiarów geodezyjnych. System GIS umożliwia gromadzenie i zarządzanie materiałami archiwalnymi oraz aktualnymi. GIS umożliwia wykonywanie różnego typu analiz, i obliczeń przy użyciu wielu zbiorów danych.

4. Dane źródłowe

Materiały źródłowe to przede wszystkim papierowe archiwalne materiały pochodzące z zasobów kopalni „PIAST”:

- mapy wyrobisk górniczych, mapy sytuacyjne w skali 1:5000,
 - dokumentacje geologiczno-górnice kopalni „PIAST”,
 - wykazy reperów i operaty pomiarowe linii obserwacyjnych,
 - wykazy wysokości i przemieszczeń pionowych i poziomych reperów w liniach obserwacyjnych,
 - profile geologiczne,
 - przeglądowa mapa podziału złoża KWK „PIAST”,
- oraz opracowania samodzielne:
- odległość od filara ochronnego ,
 - odległość od frontu ściany,
 - wpasowanie i kalibracja map,
 - odczytanie współrzędnych reperów na liniach obserwacyjnych,
 - generowanie profili podłużnych poszczególnych linii obserwacyjnych.

Budowę systemu oparto na programach: Excell, AutoCAD oraz nakładce geodezyjnej GEOLISP, które umożliwiły zarządzanie danymi, opracowanie i ich analizę.

5. Baza danych

Wyjściowy podkład kartograficzny stanowią mapy wyrobisk górniczych i mapy sytuacyjne w skali 1:5000. Materiały te po zeskanowaniu i kalibracji zostały wpasowane w przyjęty układ współrzędnych. Podkłady rastrowe użyto do budowy wektorowej bazy danych w Auto CAD oraz opisowej bazy danych w programie Excell. Nakładka geodezyjna GEOLISP służy do interpolacji warstw oraz dzięki współpracy z programem EDN autorstwa prof. J. Białka można prognozować deformacje dla obszarów górniczych.

Gromadzone dane podzielono na trzy działy tematyczne: geodezja, geologia, górnictwo.

Do obliczania wskaźnika oddziaływania wybranych informacji geograficznych na efektywność i wiarygodność wyznaczenia deformacji powierzchni na terenach górniczych wykorzystano metodę normalizacji danych Z. Hellwiga z uwzględnieniem oceny dyskretnej poszczególnych parametrów.

Natomiast w ocenie efektu oddziaływania wybranych informacji wykorzystano zbiory rozmyte opisując zmiennymi lingwistycznymi wpływ czynników subiektywnych na ocenę deformacji powierzchni na terenach górniczych.

5.1. Obliczenie wskaźnika oddziaływania wybranych informacji geograficznych na efektywność i wiarygodność wyznaczenia deformacji powierzchni na terenach górniczych

Analizowano wartości cech dla trzech wybranych działów w obrębie obszarów: Bieruń Nowy - O1, Bieruń Stary - O2, Chełm Śląski - O3, przedpole zbiornika Dzieńkowice - O4.

Wyszczególniono trzy następujące działy:

- geodezja,
- górnictwo,
- geologia.

Przyjęto wagi dla poszczególnych cech wg zasady $\sum w_i = 1$ w obrębie działu.

Tablica 1. Wartości poszczególnych cech i ich wagi

Lp	Cecha	O1	O2	O3	O4	Waga
Geodezja						
1	Mapy wyrobisk górniczych	1	1	1	1	0,20
2	Mapy sytuacyjne powierzchni terenu	1	1	1	1	0,05
3	Wykazy reperów i operaty pomiarowe linii obserwacyjnych	1	1	1	1	0,20
4	Wykazy wysokości i przemieszczeń pionowych reperów w liniach obserwacyjnych	1	1	1	1	0,35
5	Wykazy wysokości i przemieszczeń poziomych reperów w liniach obserwacyjnych	1	1	1	1	0,20
Górnictwo						
1	Miaższość, głębokość zalegania pokładu pod powierzchnią terenu	1	1	1	1	0,20
2	Odległość od filara ochronnego (zasięg)	1	0	0	0	0,30
3	Odległość od frontu ściany	1	0	0	0	0,30
4	Przeglądowa mapa podziału złoża KWK „PIAST”	1	1	1	1	0,20
Geologia						
1	Dokumentacje geologiczno-górniczne kopalni „PIAST”	1	1	1	1	0,50
2	Mapa geologiczna	1	1	1	1	0,20
3	Analiza profili pionowych	1	0	0	0	0,30

Wagi dla wartości cech między działami dla mierników syntetycznych przyjęto subiektywnie, kierując się przeprowadzoną analizą wyników badań deformacji powierzchni sieciami neuronowymi.

Tablica 2. Tablica wag dla działów

k	Dział	Waga
1	Geodezja	0,40
2	Górnictwo	0,40
3	Geologia	0,20

Obliczanie mierników:

Obliczanie średnich ważonych cech w działach dla każdego obszaru KWK „PIAST”

$$s_j = \frac{1}{\sum w_i} \sum c_i w_i \quad (j=1, 2, 3, 4) \quad (1)$$

gdzie: c_i – wartość cechy w danym dziale j -tym, w_i – odpowiadająca jej waga.

Tablica 3. Średnie ważone cech w poszczególnych działach dla każdego obszaru KWK „PIAST”

Lp	Cecha	O1	O2	O3	O4	s_{\max}
1	Geodezja	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
2	Górnictwo	1,67	1,67	1,67	1,67	1,67
3	Geologia	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60

Normalizacja cech dla ułatwienia porównywania wartości pomiędzy działami

$$Czn_k = (s_j / s_{\max})_k \quad (2)$$

gdzie: k - numer kolejny obszaru KWK „PIAST” $k=1, 2, 3, 4$

Tablica 4. Cechy znormalizowane

Lp	Cecha	O1	O2	O3	O4	Waga
1	Geodezja	1,00	1,00	1,00	1,00	0,40
2	Górnictwo	1,00	0,40	0,40	0,40	0,40
3	Geologia	1,00	1,00	1,00	0,44	0,20

Wskaźnik wiarygodności dla poszczególnych obszarów KWK „PIAST”

$$W_k = \sum_{k=1}^4 (Czn_k w_k) \quad (3)$$

Tablica 5. Wskaźniki wiarygodności deformacji powierzchni terenu dla poszczególnych obszarów KWK „PIAST”

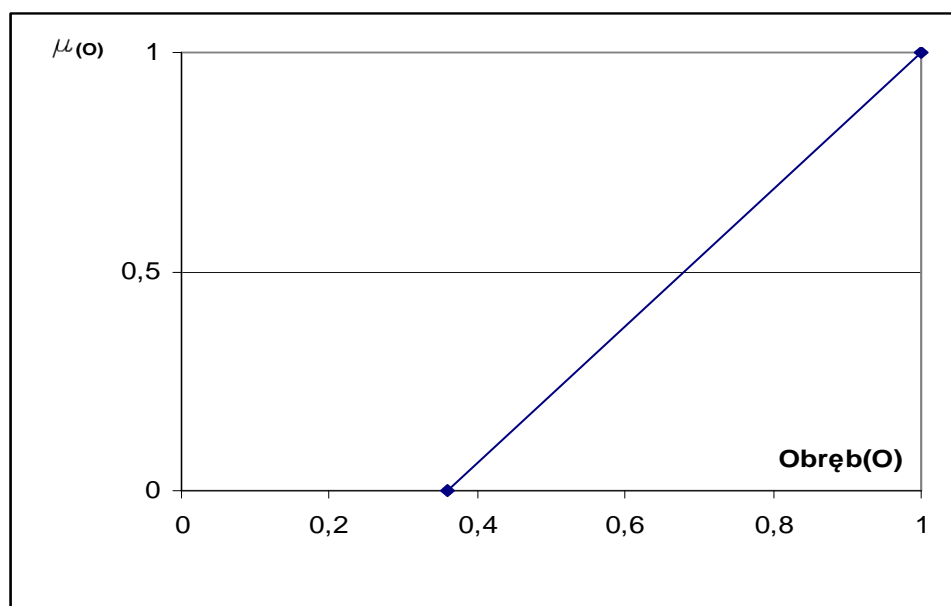
Lp	Obszar	W_j
1	O1	1,00
2	O2	0,76
3	O3	0,76
4	O4	0,36

Obszar O1 – Bieruń Nowy uzyskał najwyższą wartość wskaźnika wiarygodności deformacji powierzchni terenu. Wartość uzyskanego wskaźnika potwierdza, że kluczowym zagadnieniem przy określeniu wartości deformacji to precyzyjne wpasowanie materiałów rastrowych, nie posiadających odniesienia przestrzennego w przyjęty układ bazy danych oraz opracowanie dodatkowych atrybutów.

5.2. Ocena efektu oddziaływania wybranych informacji na efektywność i wiarygodność wyznaczenia deformacji powierzchni na terenach górniczych za pomocą zbiorów rozmytych

Obliczenie wskaźnika efektu oddziaływania wybranych informacji geograficznych na efektywność i wiarygodność badań deformacji powierzchni na terenach górniczych wyznaczono określając parametry zdeterminowane oraz liczby i funkcje rozmyte dla parametrów kontrolowanych [5].

- Parametry zdeterminowane, wartości przemieszczeń poziomych i pionowych mniejsze od wartości dopuszczalnych
- przemieszczenia pionowe – $W_{\text{pion}} = 1,0$
- przemieszczenia poziome – $W_{\text{poziom}} = 1,0$
- Parametry kontrolowane.



Rys. 1. Funkcja przynależności wskaźnika wiarygodności deformacji powierzchni terenu dla poszczególnych obszarów KWK „PIAST” – O

Zbiór rozmyty wskaźnika wiarygodności deformacji powierzchni terenu dla poszczególnych obszarów KWK „PIAST” można zapisać za pomocą liczby rozmytej:

$$\mu(O) = 0,36/0; 0,4/0,06; 0,5/0,22; 0,6/0,38; 0,7/0,53; 0,76/0,625; 0,8/0,69; 0,9/0,84; 0,93/1,0$$

Oceniono również wpływ następujących czynników subiektywnych na ocenę deformacji powierzchni na terenach górniczych (klasyfikacja czynników subiektywnych):

- C_1 pomiary i dane geodezyjne,
- C_2 wielkość oraz metoda wydobywania,
- C_3 rzetelność danych geologicznych - pokładów węglowych (miąższość, głębokość zalegania pod powierzchnią terenu).

1) Czynniki subiektywne określono za pomocą ocen słownych L_i , tzw. zmiennych lingwistycznych.

Przyjęte funkcje przynależności zmiennych lingwistycznych:

„mały” $L_1 = 1/0; 0,9/0,1; 0,5/0,2; 0,2/0,3; 0,1/0,4$

„średni” $L_2 = 0,2/0,3; 0,6/0,4; 1/0,5; 0,6/0,6; 0,3/0,7$

„duży” $L_3 = 0,1/0,6; 0,2/0,7; 0,5/0,8; 0,9/0,9; 1/1$

2) Każdy czynnik subiektywny określono za pomocą dwóch parametrów:

- A_i – parametr charakteryzujący wielkość (intensywność) czynnika C_i ,
- B_i – parametr charakteryzujący wagę (znaczenie) czynnika C_i .

a) wielkość poszczególnych czynników subiektywnych określono jako

$$A_1 = L_1, A_2 = L_2, A_3 = L_3$$

b) intensywność działania czynników subiektywnych

$$B_1 = L_1, B_2 = L_2, B_3 = L_3$$

3) wpływ poszczególnych czynników C_i na ocenę i wiarygodność deformacji powierzchni na terenach górniczych można oszacować jako iloczyn mnogościowy:

$$C_i = A_i \cap B_i, \quad i=1, 2, 3, \dots, n \quad (4)$$

$$\mu_{ci}(x, y) = \min[\mu_{Ai}(x), \mu_{Bi}(y)] \quad (5)$$

Tablica 6. Wpływ pomiarów i danych geodezyjnych na wiarygodność i ocenę deformacji powierzchni na terenach górniczych $C_1 = A_2 \cap B_3$

$A_2 \backslash B_3$	0,6	0,7	0,8	0,9	1
0,3	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
0,4	0,1	0,2	0,2	0,2	0,6
0,5	0,1	0,2	0,5	0,9	1,0
0,6	0,9	0,9	0,5	0,2	0,1
0,7	1,0	0,9	0,5	0,2	0,1

Tablica 7. Wpływ wielkości i metody wydobywania $C_2 = A_2 \cap B_2$

$A_2 \backslash B_2$	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7
0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
0,4	0,2	0,6	0,6	0,6	0,2
0,5	0,2	0,6	1,0	0,6	0,2
0,6	0,2	0,6	0,6	0,6	0,2
0,7	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2

Tablica 8. Wpływ rzetelności danych geologicznych $C_3 = A_3 \cap B_1$

$A_3 \backslash B_1$	0	0,1	0,2	0,3	0,4
0,6	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
0,7	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1
0,8	0,5	0,5	0,5	0,2	0,1
0,9	0,9	0,9	0,5	0,2	0,1
1	1,0	0,9	0,5	0,2	0,1

4) Łączny wpływ wszystkich (trzech) czynników na ocenę deformacji powierzchni na terenach górniczych można obliczyć jako sumę mnogościową:

$$C = \bigcup_{i=1}^n C_i = C_1 \cup C_2 \cup \dots \cup C_n = (A_1 \cap B_1) \cup (A_2 \cap B_2) \cup \dots \cup (A_n \cap B_n) \quad (6)$$

$$\mu_C(x, y) = \max_{i=1}^n [\min \mu_{C_i}(x, y)] \quad (7)$$

Tablica 9. Łączny wpływ czynników subiektywnych C

C	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
0,3				0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
0,4				0,2	0,6	0,6	0,6	0,2	0,5	0,6	0,6
0,5				0,2	0,6	1,0	0,6	0,2	0,5	0,9	1,0
0,6	0,1	0,1	0,1	0,2	0,6	0,6	0,6	0,2	0,5	0,6	0,6
0,7	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
0,8	0,5	0,5	0,5	0,2	0,1						
0,9	0,9	0,9	0,5	0,2	0,1						
1,0	1,0	0,9	0,5	0,2	0,1						

5) Rozmyta ocena efektu oddziaływania wybranych informacji geograficznych na efektywność i wiarygodność wyznaczenia deformacji powierzchni na terenach górniczych z uwzględnieniem łącznego wpływu czynników subiektywnych C oraz zbioru rozmytego wskaźnika wiarygodności deformacji powierzchni terenu dla poszczególnych obszarów KWK „PIAST” (Rys.1) , jako rozmytej kompozycji F

$$F = O \times C \quad (8)$$

$$\mu_F = \max_y \{ \min[\mu(O), \mu_C(x, y)] \} \quad (9)$$

$$\mu_F = 0,36/0; 0,4/0,06; 0,5/0,22; 0,6/0,38; 0,7/0,53; 0,76/0,625; 0,8/0,69; 0,9/0,84; 0,93/1,0$$

Zmodyfikowana funkcja przynależności μ_f umożliwia analizę wpływu czynników subiektywnych na wiarygodność oceny deformacji powierzchni na terenach górniczych. Wyznaczenie stopnia przynależności celem określenia wiarygodności badań deformacji powierzchni na terenach górniczych uzależnione jest od stopnia zaufania jaki mamy do danych geodezyjnych, górniczych czy danych geologicznych. Na podstawie doświadczalnie wyznaczonej funkcji przynależności μ_f można przyjąć, że dla obrębu O1, dla którego wskaźnik wiarygodności deformacji przyjmuje wartość 1,0, można stwierdzić, że ze stopniem zaufania $\mu_f \geq 0,93$ dokonano oceny efektu oddziaływania wybranych informacji geograficznych na efektywność i wiarygodność badań deformacji powierzchni terenu w rejonie Bieruń Nowy.

6. Wnioski

Nielosowy charakter niepewności związanych z oceną deformacji na terenach górniczych jest powodem szukania formuły matematycznej pozwalającej sprowadzić oceny cząstkowe kontroli deformacji na terenach eksploatacji górniczej, do oceny syntetycznej.

Obszar, który uzyskał najwyższą wartość wskaźnika efektywności i wiarygodności deformacji powierzchni terenu to obszar O1 – Bieruń Nowy. Wartość uzyskanego wskaźnika potwierdza, że kluczowym zagadnieniem przy określeniu wartości deformacji to precyzyjne wpasowanie materiałów rastrowych, nie posiadających odniesienia przestrzennego w przyjęty układ bazy danych oraz opracowanie dodatkowych atrybutów.

Przedstawiono również sposób wyznaczenia oceny deformacji powierzchni na terenach górniczych z wykorzystaniem metod logiki rozmytej. Zastosowanie metod rozmytych umożliwia uwzględnienie informacji i czynników o charakterze jakościowym, w formie zmiennych lingwistycznych - wpływ mały, średni, duży dla przyjętych czynników subiektywnych.

Literatura

- [1] BLACHOWSKI J., System informacji geograficznej wałbrzyskich kopalń węgla kamiennego podstawą zwiększenia efektywności i wiarygodności badań deformacji powierzchni terenów pogórnich, *Prace Naukowe Instytutu Górnictwa Politechniki Wrocławskiej*, Nr 123, 2008.
- [2] CAŁA M., FLISIAK J., TAJDUŚ A., Wpływ niepodszadzonych wyrobisk przyszybowych na deformacje powierzchni, *AGH*, Kraków 2001.
- [3] PIWOWARSKI W., KRAWCZYK A., Koncepcja geoprzestrzennego systemu informacji o terenie górnictwem, *AGH*, Kraków 2001.
- [4] BIEROŃSKI D., OLEARCZYK K., Analiza skutków wpływu eksploatacji na powierzchnie terenu w zależności od wielkości otwarcia frontów eksploatacyjnych dla Obszaru Górniczego „Bieruń I” – KWK „Piaś”, Bieruń 2005.
- [5] YAGER R., FILEV D., Podstawy modelowania i sterowania rozmytego, *WN-T*, Warszawa 1995.

EFFECT OF THE SELECTED GEOGRAPHICAL INFORMATION INTERACTION ON EFFICIENCY AND RELIABILITY OF RESEARCH ON SURFACE DEFORMATION ON THE MINING AREAS

Summary

Studies on mining areas deformations involve the collection and development of various data sets. Management of such data enhances the geographic information system. The article presents the concept of combining data enabling the increase of efficiency and reliability of surface deformation studies of mining areas on the example of “PIAST” coalmine in Bieruń.