

Roman ŚCIGAŁA
Politechnika Śląska, Gliwice

PRZYKŁAD ANALIZY WYNIKÓW POMIARÓW GEODEZYJNYCH DLA CELÓW OKREŚLENIA PRZESTRZENNEGO ROZKŁADU OBNIŻEŃ TERENU WYWOŁANYCH PODZIEMNĄ EKSPLOATACJĄ GÓRNICZĄ

Streszczenie. W artykule przedstawiono przykład analizy wyników pomiarów geodezyjnych prowadzonych w jednym z miast GZW na kilku liniach obserwacyjnych. Celem tej analizy było określenie przestrzennego rozkładu obniżeń powierzchni na podstawie rozproszonej punktowej informacji o ich pomierzonych wartościach oraz wskazanie na możliwości popełnienia błędów przy tego typu analizach w przypadkach, gdy dostępna informacja wysokościowa jest mocno ograniczona.

THE EXAMPLE OF GEODESIC SURVEYS ANALYSIS AIMING AT DETERMINATION OF SPATIAL DISTRIBUTION OF SUBSIDENCE CAUSED BY UNDERGROUND MINING

Summary. The exemplary analysis have been shown led on the basis of set of several observing lines located in one of GZW city. This analysis had been led toward determination of spatial subsidence distribution caused by underground extraction. Such results my be used as data for digital elevation model. On the basis of presented considerations, some remarks have been drawn, that point at possibilities of making errors doing such analyses, when available data set is limited.

1. Wprowadzenie

Jednym z istotnych elementów analizy wyników pomiarów geodezyjnych deformacji wywołanych podziemną eksploatacją górnictwem jest określenie przestrzennego rozkładu obniżeń terenu dla celów budowy map rozkładu wartości tego wskaźnika deformacji w rozpatrywanym terenie, a także do oceny prognozowanych zmian rzeźby terenu.

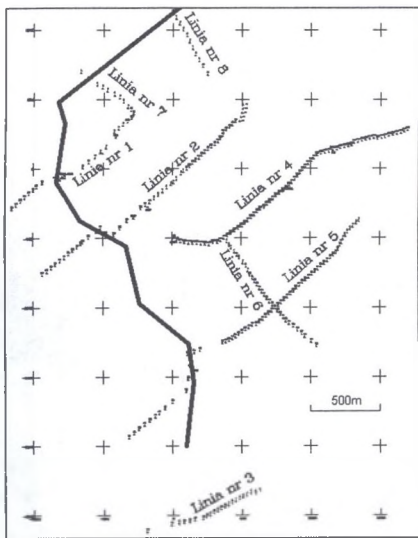
Wykorzystuje się do tego celu różnorodne metody interpolacji danych rozproszonych, a danymi wejściowymi są informacje o pomierzonych wartościach obniżen w poszczególnych punktach obserwacyjnych. Sieć obserwacyjna stanowi zazwyczaj zbiór punktów rozproszonych, których lokalizacja uwarunkowana jest sytuacją na powierzchni. Zazwyczaj linie obserwacyjne zakłada się wzdłuż ciągów komunikacyjnych oraz ważnych obiektów infrastruktury technicznej terenu. Oprócz informacji wysokościowych z linii obserwacyjnych często dysponujemy również wynikami obserwacji na sieci reperów zastabilizowanych na budynkach. Z oczywistych względów sieć taka nie obejmuje równomiernie całego terenu objętego obserwacjami, co skutkuje koniecznością wykorzystania odpowiednich metod interpolacyjnych pozwalających uzyskać informację przestrzenną w węzłach regularnej siatki punktów pokrywającej analizowany teren. W przypadku gdy sieć obserwacyjna jest odpowiednio zagęszczona i regularna, otrzymany rozkład będzie wiarygodny, natomiast w przeciwnym przypadku należy mieć na uwadze, że dla danej sieci rozproszonych punktów można uzyskać nieskończenie wiele rozkładów, wykorzystując różne metody interpolacji i różne ich sparametryzowanie. Należy w takich sytuacjach otrzymane wyniki odpowiednio interpretować. Takiemu przypadkowi poświęcono niniejszy artykuł.

2. Przeprowadzone analizy

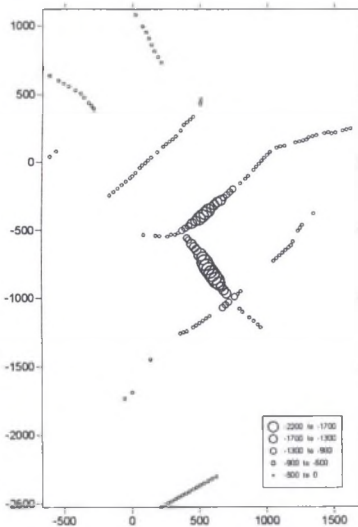
Analizie poddano wyniki pomiarów geodezyjnych wysokościowych z terenu jednej z kopalń GZW. W rejonie objętym obserwacjami zastabilizowano 8 linii pomiarowych zlokalizowanych wzdłuż wybranych ciągów komunikacyjnych. Lokalizację sieci obserwacyjnej przedstawiono na rys.1. Jak można zauważyć, dostępna informacja wysokościowa jest mocno ograniczona – w obszarach pomiędzy poszczególnymi ulicami brak jest jakichkolwiek dodatkowych danych. Co gorsza, w analizowanym przedziale czasu część punktów obserwacyjnych była niedostępna, co dodatkowo ograniczyło zbiór dostępnych danych. Należy więc spodziewać się, że w rejonach tych otrzymany rozkład obniżen będzie niejednoznaczny.

Analizie poddano wyniki pomiarów niwelacyjnych w okresie od 1997 r. do 2004 r. w celu ustalenia przestrzennego rozkładu niecki obniżeniowej powstałej w tym okresie. Stwierdzone w tym przedziale czasu obniżenia przedstawiono graficznie na rys. 2. Maksymalne obniżenia zlokalizowane są w centrum analizowanego obszaru pomiędzy

liniami 4 i 6 i wynoszą około 2200 mm. W pozostałych rejonach wartości te są mniejsze i kształtują się w granicach kilkuset milimetrów.



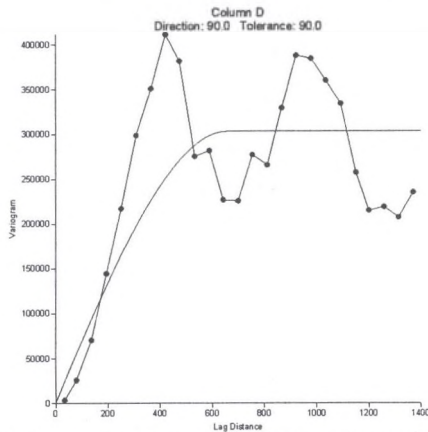
Rys. 1. Lokalizacja linii obserwacyjnych
Fig. 1. Location of observing lines



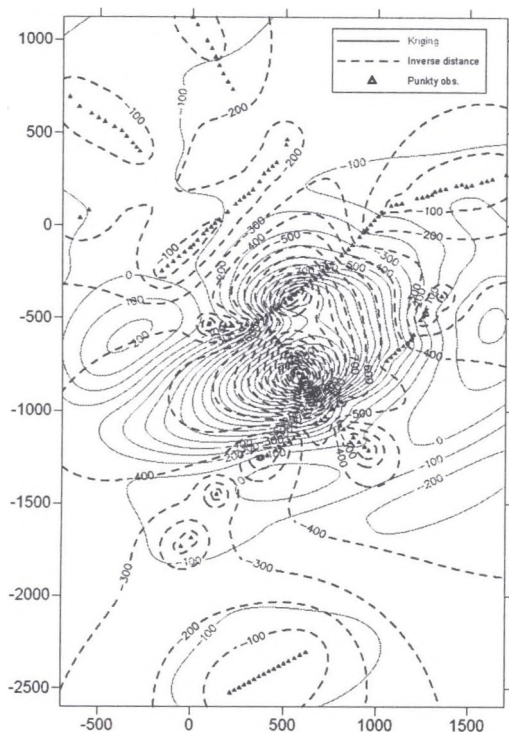
Rys. 2. Stwierdzony pomiarem rozkład obniżeń w okresie 1997-2004

Fig. 2. Subsidence distribution measured between 1997 and 2004 year

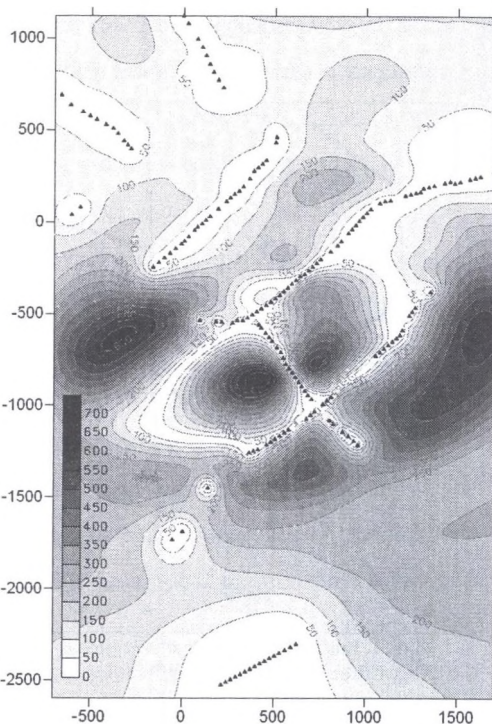
Na podstawie dostępnych danych dokonano za pomocą programu Surfer [2] interpolacji obniżeń w węzłach regularnej siatki przy wykorzystaniu metody kriging oraz metody odwrotnych odległości do potęgi. Dla potrzeb metody kriging opracowano odpowiedni wariogram eksperymentalny i aproksymowano go modelem sferycznym (rys. 3). Przeprowadzając analizę geostatystyczną za pomocą wariogramu ustalono również anizotropię przestrzennej zmienności pomierzonych obniżeń. W przypadku drugiej z metod zastosowano kwadratową wagę odległości. Otrzymane rozkłady obniżeń porównano na rys. 4.



Rys. 3. Wariogram eksperymentalny i jego aproksymacja modelem sferycznym
Fig. 3. Experimental variogram and its approximation by using spherical model



Rys. 4. Uzyskane modele niecki obniżeniowej wg met. odwrotnych odległości do potęgi i krigingu
 Fig. 4. The subsidence trough models obtained by using inverse distance and kriging methods



Rys. 5. Rozkład różnic obniżeń dla niecek określonych rozpatrywanymi metodami
 Fig. 5. The distribution of subsidence difference for trough models obtained by using considered methods

Jak można to zauważyć na rys. 4 w obszarach, w których brak jest danych pomiarowych, otrzymano istotnie zróżnicowany przebieg obniżeń.

Na rysunku 5 przedstawiono rozkład bezwzględnych różnic pomiędzy wartościami obniżeń uzyskanymi w poszczególnych węzłach siatki interpolacyjnej wg obydwu analizowanych metod. Na rysunku tym kolor biały oznacza zgodność obniżeń w modelach obydwu niecek, a kolor czarny – maksymalne rozbieżności (rozumiane jako wartość bezwzględna z różnicy obniżeń). Ze względu na występowanie znacznych obszarów nie pokrytych danymi pomiarowymi, metody interpolacyjne dokonywały w tych rejonach ekstrapolacji.

Przedstawiony na rys. 4 rozkład obniżeń wg metody odwrotnych odległości jest mocno zaburzony w otoczeniu punktów obserwacyjnych – wyniki uzyskane wg tej metody charakteryzują się specyficznymi obszarami – „wyspami” wokół punktów pomiarowych. Obraz taki jest odległy od rzeczywistego. W przypadku metody kriging uzyskano bardziej wiarygodny model niecki obniżeniowej, aczkolwiek trudno przedstawić w analizowanym

przypadku miarodajny sposób określenia błędów interpolacji według obydwu zastosowanych metod ze względu na bardzo niejednorodne pokrycie terenu danymi pomiarowymi. Stąd, należy ostrożnie pochodzić do interpretacji otrzymanych wyników – nie można na tej podstawie wyciągać zbyt daleko idących wniosków.

3. Podsumowanie

Podsumowując przedstawione w artykule rozważania nad możliwościami analiz przestrzennego rozkładu obniżeń na podstawie rozproszonych danych wysokościowych należy stwierdzić, że podstawowym czynnikiem warunkującym wiarygodność otrzymanych wyników jest regularne pokrycie analizowanego terenu punktami obserwacyjnymi, przy stosunkowo dużym ich zagęszczeniu. W przypadku obszarów, w których brak jest takiej informacji, należy liczyć się z sytuacją, gdzie wyniki dokonanej ekstrapolacji w tych obszarach będą obciążone błędem, którego wielkość jest niestety trudna do oszacowania. Istotne jest, aby w takich sytuacjach dokonać konfrontacji otrzymanego numerycznego modelu niecki obniżeniowej z lokalizacją wybranych pól eksploatacyjnych, których wpływ na powierzchnię został stwierdzony pomiarami w rozpatrywanym okresie.

Istotny wpływ ma również dobór odpowiedniej metody interpolacji, szczególnie w sytuacji ograniczonych dostępnych danych. W świetle literatury, a także na podstawie własnych doświadczeń autora można stwierdzić, że w takich przypadkach najlepiej sprawdza się metoda kriging, przy wykorzystaniu odpowiednio opracowanych wariogramów opisujących przestrzenną zmienność analizowanej wielkości.

Należy w tym miejscu również podkreślić, że w sytuacji, kiedy zbiór danych pokrywa analizowany teren z odpowiednią gęstością, wpływ samej metody interpolacji na dokładność otrzymanych wyników jest mniejszy. Można w takich przypadkach wykorzystać prostsze metody, takie jak metoda odwrotnych odległości, czy też minimalnej krzywizny.

LITERATURA

1. Chudek M.: Geomechanika z podstawami ochrony środowiska górniczego i powierzchni terenu. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2002.
2. Surfer 8.0 User's guide, <http://www.goldensoftware.com/>

3. Ścigała R.: Wykorzystanie metody kriging w procesie prognozowania zmian rzeźby terenu górniczego. Międzynarodowe Sympozjum GEOTECHNIKA 2005, Gliwice-Ustroń, październik 2005.

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Jerzy Kwiatek