

Roman ŚCIGAŁA
Politechnika Śląska, Gliwice

OCENA MOŻLIWOŚCI WYKORZYSTANIA SYSTEMU GRASS-GIS DO GRAFICZNEJ INTERPRETACJI WYNIKÓW PROGNOZ DEFORMACJI

Streszczenie. W artykule przedstawiono możliwości wykorzystania systemu GRASS-GIS do prezentacji wyników prognoz deformacji powierzchni w postaci różnorodnych opracowań tematycznych. System GRASS jest rozbudowanym narzędziem typu GIS, o tyle interesującym, że jest systemem darmowym, stworzonym na podstawie licencji Open-Source. Stąd ciekawe wydaje się być poszukiwanie możliwości jego zastosowania do zadań związanych z analizą wyników prognoz deformacji. Taką próbę podjął autor niniejszego artykułu.

THE ANALYSIS OF GRASS-GIS SYSTEM UTILIZATION FOR GRAFICAL PROCESSING OF PROGNOSSES RESULTS

Summary. The possibilities of Grass-GIS system use in forecasting of underground mining influences have been presented in the paper. Grass is a complex GIS system worked out as Open-Source software, that makes interesting to use it in mentioned above field. The short description, as well as an example of prognosis results processing has been shown.

1. Wstęp

Współczesne narzędzia informatyczne, służące do wykonywania prognoz deformacji górotworu i powierzchni, są coraz bogatsze w różnorodne funkcje obliczeniowe, pozwalające na wykonywanie wielowariantowych prognoz z uwzględnieniem następstwa czasowo-przestrzennego projektowanej eksploatacji. Nieco inaczej wygląda sytuacja w zakresie możliwości graficznej interpretacji wyników, szczególnie, jeśli chodzi o zaawansowane funkcje kreślenia map. Niektóre programy (np. J. Białka [1]) posiadają wbudowane moduły kreślenia map, lecz są to zazwyczaj możliwości ograniczone w zakresie edycji. Opracowane zostały również niezależne narzędzia graficzne, np. program Surfcad [6, 7]. Ponadto,

większość współczesnych programów wyposażono w funkcje eksportu wyników prognozy w formatach danych akceptowanych przez popularny program Surfer.

Od kilku lat dokonuje się kolejny przełom związany z wprowadzaniem systemów geograficznej informacji o terenie – GIS. Są to potężne narzędzia łączące mapę numeryczną, numeryczny model terenu oraz tekstową bazę danych w całość. Stwarza to zupełnie nowe możliwości interpretacji wyników prognoz. Niestety koszty komercyjnych systemów są stosunkowo wysokie. W ostatnich latach zaczęły się jednak pojawiać rozwiązania oparte na licencji Open – Source (GNU GPL), spośród których spore zainteresowanie wzbudza system GRASS. Autor niniejszego artykułu podjął próbę oceny tego narzędzia pod kątem możliwości jego zastosowania do przetwarzania wyników prognoz deformacji ciągłych powierzchni wywołanych podziemną eksploatacją górnictwem.

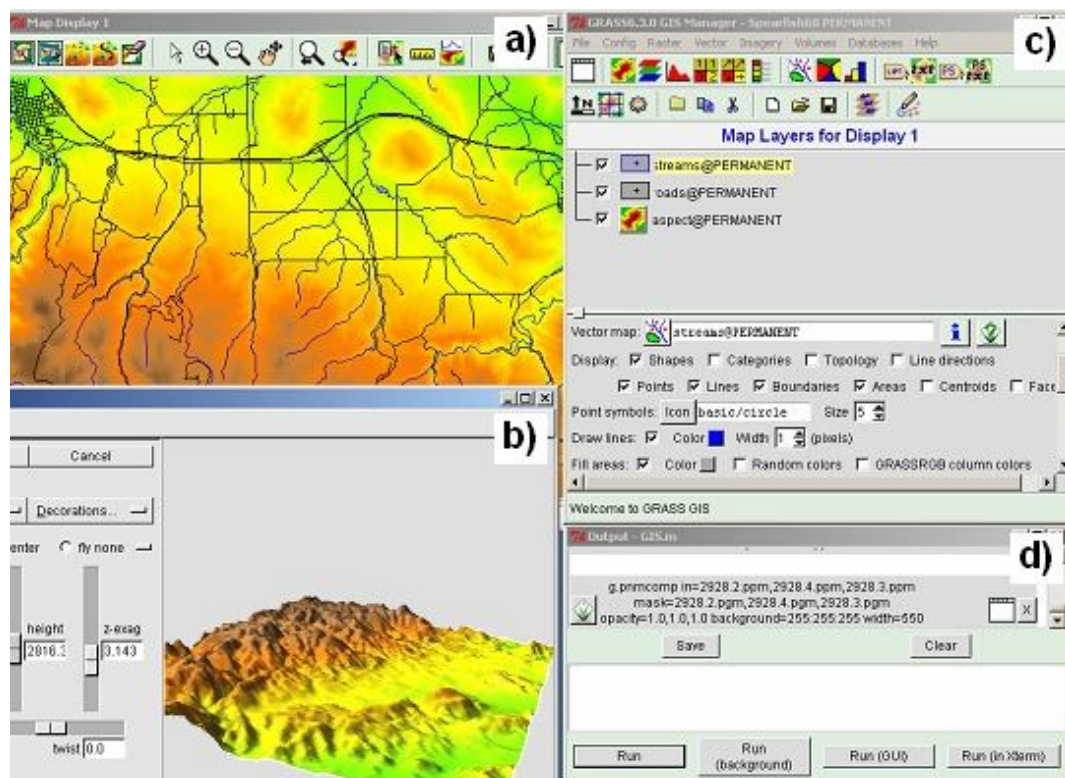
2. Podstawowe informacje o systemie GRASS

GRASS (Geographic Resources Analysis Support System) jest systemem geograficznej informacji o terenie, wykorzystywanym do zarządzania danymi przestrzennymi, przetwarzania obrazów rastrowych, modelowania trójwymiarowego, tworzenia i druku opracowań mapowych oraz wizualizacji różnorodnych danych przestrzennych. Program powstał i był rozwijany w latach 1982 – 1995 w U.S. Army Construction Engineering Research Laboratories (USA-CERL) z myślą o zastosowaniach militarnych. Obecnie od kilkunastu lat jest rozwijany przez międzynarodowy zespół programistów, wspierany przez konsorcjum The Open Source Geospatial Foundation. System ten jest wykorzystywany przez ośrodki akademickie i komercyjne oraz wiele agencji rządowych USA w różnych dziedzinach, na zasadzie licencji GNU-GPL. Jego natywnym środowiskiem operacyjnym jest system Unix/Linux, jednakże od kilku lat rozwijana jest wersja dla systemów operacyjnych Windows, co znacznie poszerza grono potencjalnych jego użytkowników.

Sam system jest zbiorem ponad 350 modułów – podprogramów, które samodzielnie realizują określone zadania w zakresie przetwarzania różnorodnych danych przestrzennych. Współczesne wersje wyposażone są w interfejs okienkowy, który znakomicie ułatwia posługiwanie się programem, stanowiąc jednocześnie element wiążący system w całość – rys. 1.

Podstawowe możliwości programu kształtują się następująco:

- import danych z wielu innych systemów oraz z danych zawartych w plikach tekstowych,
- georeferencja map do dowolnego układu współrzędnych,
- obsługa danych w modelach rastrowym i wektorowym (z wykorzystaniem modeli topologicznych),
- możliwości przetwarzania i analizy obrazów, w tym satelitarnych,
- analizy oparte na numerycznym modelu terenu (np. obliczanie nachyleń, określanie linii największego spadku) oraz funkcje operacji algebraicznych na mapach rastrowych,
- analizy wektorowe (buforowanie, wyszukiwanie najkrótszej drogi i wiele innych),
- wykorzystanie baz danych do przetwarzania danych tekstowych powiązanych z obiektami wektorowymi (obsługa m.in. DBASE oraz PostgreSQL),
- digitalizacja obiektów na podstawie map rastrowych,
- wizualizacja wyników analiz w postaci map 2D i 3D, z wykorzystaniem warstw tematycznych,
- możliwość wykorzystania języka R do analiz statystycznych.



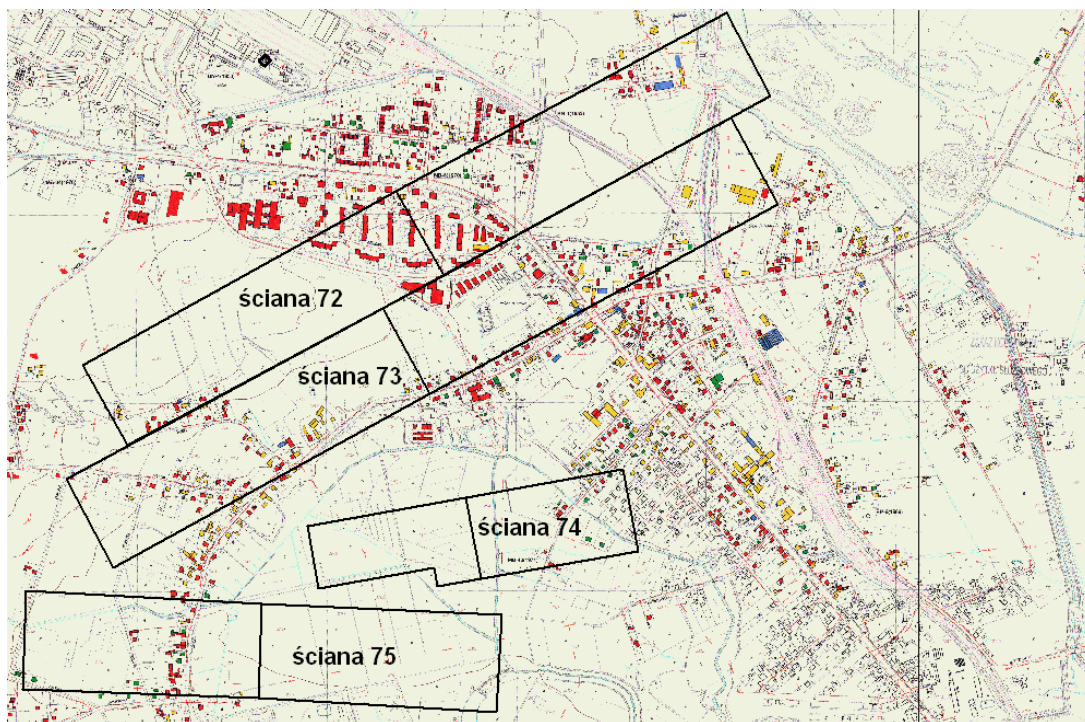
Rys. 1. Podstawowe elementy interfejsu programu: a) okno wyświetlacza map 2D, b) okno wyświetlacza map 3D, c) okno zarządzania projektem, d) konsola systemowa

Fig. 1. Basic user interface elements: a) the 2D display window, b) the 3D display window, c) the system manager window, d) the system console

3. Przykład zastosowania systemu do analizy wyników prognozy wpływów

Prognozę wykonano dla eksploatacji projektowanej przez jedną z kopalń GZW. W rozpatrywanym rejonie zaplanowano wybieranie czterech ścian w pokładzie 209 na wysokość ok. 4,5 m. Głębokość lokalizacji ścian waha się w przedziale od 600 m do 750 m. Usytuowanie ścian w stosunku do sytuacji na powierzchni przedstawiono na rys. 2.

Prognozę wykonano dla asymptotycznego stanu deformacji, przy wykorzystaniu teorii W. Budrysa – S. Knothego, programem DEFK-Win [5], w siatce punktów obliczeniowych o rozdzielczości 10 m. Wyniki prognozy zostały zapisane w pliku tekstowym, w postaci tabeli zawierającej m.in. współrzędne poszczególnych punktów obliczeniowych oraz prognozowane wartości wskaźników deformacji wybranych do obliczeń: obniżeń, nachyleń maksymalnych oraz odkształceń poziomych maksymalnych.



Rys. 2. Lokalizacja projektowanej eksploatacji
Fig. 2. The location of planned extraction

Uzyskane wyniki zostały w dalszym etapie prac przetworzone i zobrazowane w systemie GRASS, przy wykorzystaniu dodatkowych danych w postaci zeskanowanej mapy sytuacyjno-wysokościowej powierzchni dla rejonu objętego prognozą.

Prace w systemie GRASS przebiegały wg następującego schematu postępowania:

- utworzenie nowego projektu (tzw. lokacji) w systemie. Na tym etapie użytkownik musi podjąć decyzję o układzie współrzędnych, jaki będzie wykorzystywany i o rozdzielczości

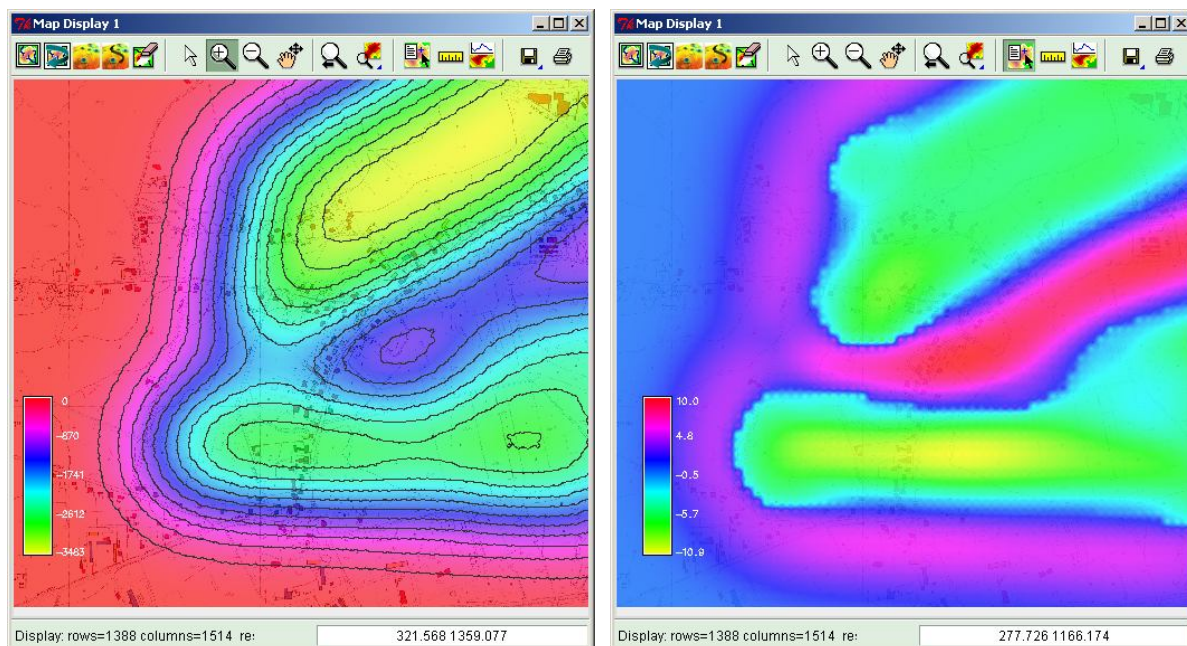
komórki rastra, co z kolei determinuje dokładność odwzorowania danych przestrzennych. W niniejszym przykładzie oparto się na kartezjańskim układzie współrzędnych i rozdzielczości rastra 1m, natomiast możliwe jest skalibrowanie map np. w układzie geograficznym. System oferuje wykorzystanie praktycznie dowolnego układu współrzędnych.

- import mapy sytuacyjno-wysokościowej powierzchni terenu i jej georeferencja w przyjętym układzie współrzędnych.
- import danych dotyczących rozkładu wartości poszczególnych wskaźników deformacji z pliku wynikowego obliczeń prognostycznych. Informacje są zapisywane w postaci mapy rastrowej odrębnej dla każdego wskaźnika deformacji. Należy w tym miejscu nadmienić, iż prognozę wpływów wykonuje się zazwyczaj w znacznie rzadszej siatce punktów niż przyjęty dla lokacji rozmiar rastra 1m, z uwagi na wydajność obliczeń. W niniejszym przykładzie wykonano obliczenia prognostyczne dla siatki o rozdzielczości 10 m. Stąd zaistniała konieczność uzupełnienia informacji przestrzennej pomiędzy węzłami siatki obliczeniowej, tak aby uzyskać również rozdzielczość rastra 1m dla wyników prognozy. GRASS udostępnia tutaj możliwości interpolacji między innymi metodą odwrotnych odległości.
- mając opracowane mapy rastrowe prognozowanych wartości wskaźników deformacji, przystąpiono do ich wizualizacji. Na rys. 3 przedstawiono mapy prognozowanych obniżień i odkształceń poziomych maksymalnych, natomiast na rys. 4 – trójwymiarowy obraz niecki obniżeniowej z wykorzystaniem mapy sytuacyjnej powierzchni. Tak opracowane mapy można analizować na ekranie (np. w celu określenia dokładnych wartości wskaźników deformacji dla konkretnych współrzędnych przestrzennych), zapisać jako obraz rastrowy czy też wydrukować na urządzeniu zewnętrznym.
- wprowadzone do systemu mapy obrazujące przestrzenny rozkład wartości wskaźników deformacji można wykorzystać jako materiał wyjściowy do opracowania dalszych map, będących produktem pewnych działań algebraicznych i logicznych na mapach już istniejących. Typowym przykładem takiego zastosowania jest opracowanie mapy kategorii zagrożenia terenu, przedstawionej na rys. 5. Mapę tą opracowano na podstawie rozkładu prognozowanych odkształceń poziomych, dokonując prostych operacji przekodowania wartości przedziałowych odkształceń na poszczególne kategorie. Przykład skryptu realizującego tę operację przedstawiono w tabeli 1. Na rys. 6 przedstawiono inne zobrazowanie – określony został na mapie obszar, wewnątrz którego nachylenia

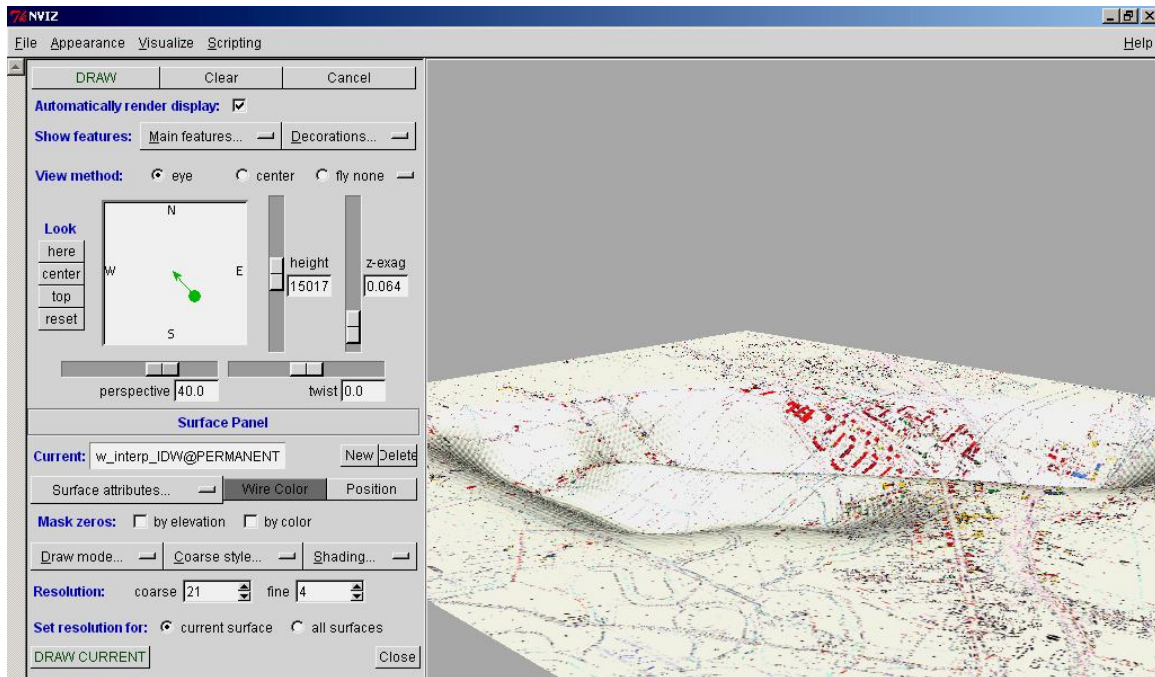
maksymalne mieszczą się w przedziale 6 – 11%. W ten sposób można dokonywać dowolnych analiz terenu objętego wpływami pod kątem wydzielenia obszarów o określonych wartościach wskaźników deformacji. Przy takich operacjach można łączyć dane z wielu map, co pozwala uzyskać złożone opracowania (np. mapa zbiorcza kategorii zbudowana na bazie nachyleń i odkształceń poziomych).

Tabela 1
Przykład pliku skryptowego do opracowania mapy kategorii zagrożenia terenu na podstawie odkształceń poziomych

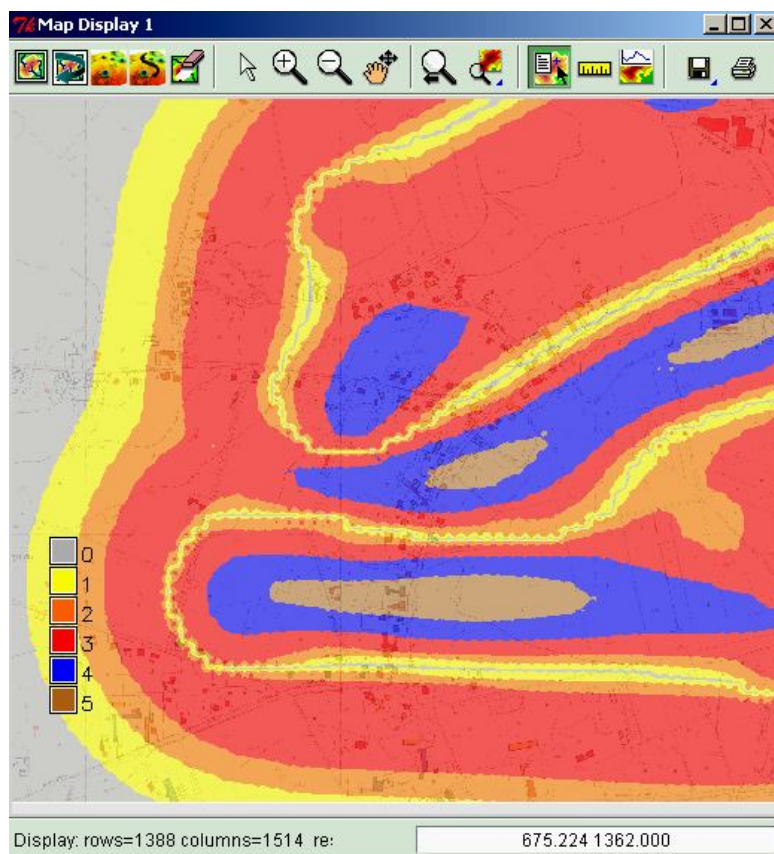
-100.0	:-9.0	:5	:5
-9.0	:-6.0	:4	:4
-6.0	:-3.0	:3	:3
-3.0	:-1.5	:2	:2
-1.5	:-0.3	:1	:1
-0.3	:0.3	:0	:0
0.3	:1.5	:1	:1
1.5	:3.0	:2	:2
3.0	:6.0	:3	:3
6.0	:9.0	:4	:4
9.0	:100.0	:5	:5



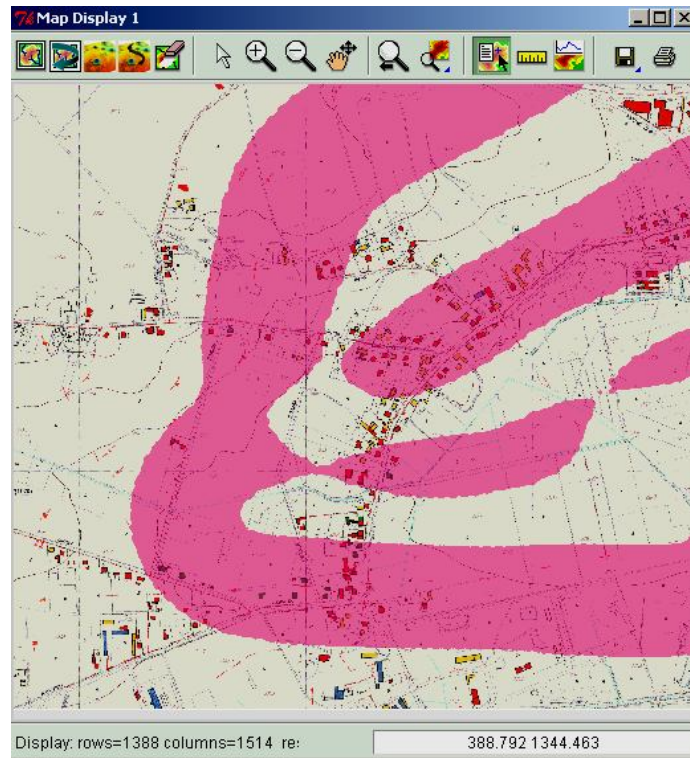
Rys. 3. Przykładowe mapy prognozowanych obniżeń i odkształceń poziomych
Fig. 3. The exemplary maps of subsidence and horizontal strain distribution



Rys. 4. Niecka obniżeniowa w projekcji 3D, z uwzględnieniem mapy sytuacyjnej
 Fig. 4. Subsidence trough in the 3D projection with surface situation map rendered



Rys. 5. Mapa prognozowanych kategorii zagrożenia terenu, określonych na podstawie odkształceń poziomych
 Fig. 5. The map of terrain categories worked out on the basis of maximum horizontal strain



Rys. 6. Mapa obszarów o prognozowanych wartościach nachyleń z przedziału od 6‰ do 11‰
Fig. 6. The map of areas with prognosed maximum tilt in the range between 6‰ and 11‰

4. Podsumowanie

Przedstawione w ramach artykułu narzędzie informatyczne pozwala na wykonywanie różnorodnych opracowań w zakresie analiz prognozowanych deformacji terenu górniczego. Omówione aspekty wykorzystania systemu zostały ograniczone tylko do podstawowych jego funkcji. Nie poruszono zagadnień związanych z mapami wektorowymi i możliwościami wykorzystania narzędzi bazodanowych. Dzięki tym narzędziom możliwe jest przeprowadzanie szerszych analiz, np. pod kątem oceny odporności poszczególnych obiektów budowlanych w odniesieniu do prognozowanych kategorii zagrożenia terenu. Warunkiem wykorzystania tych narzędzi jest jednak uprzednie przygotowanie baz danych dotyczących poszczególnych elementów systemu (np. budynków, sieci infrastruktury technicznej). Jest to niestety zadanie bardzo czasochłonne.

Należy jednak w tym miejscu podkreślić, że nawet w zakresie pokazanym w niniejszym artykule system wydaje się być interesujący z punktu widzenia analiz deformacji powierzchni wywołanych podziemną eksploatacją górniczą.

BIBLIOGRAFIA

1. Białek J.: Algorytmy i programy komputerowe do prognozowania deformacji terenu górniczego. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2003.
2. Chudek M.: Geomechanika z podstawami ochrony środowiska górniczego i powierzchni terenu. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2002.
3. Neteler M.: Grass in a nutshell. Open Source Geospatial '05 Conference: <http://mpa.fbk.eu/markus/osg05/>
4. Ściagała R.: Oprogramowanie dla celów tworzenia graficznego obrazu deformacji powierzchni terenu. Konferencja Naukowa „Górnictwo zrównoważonego rozwoju 2003”. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, s. Górnictwo, z. 258, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2003.
5. Ściagała R., Strzałkowski P.: Software for predictions of underground mining influences on the land surface and rock mass. Międzynarodowa Konferencja „Geotechnika 2000”. Słowacja, Tatry Wysokie 2000.
6. Ściagała R.: Oprogramowanie dla celów tworzenia graficznego obrazu deformacji powierzchni terenu. Konferencja Naukowa „Górnictwo zrównoważonego rozwoju 2003”. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, s. Górnictwo, z. 258, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2003.
7. Ściagała R.: Komputerowe wspomaganie prognozowania deformacji górotworu i powierzchni. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2008.
8. Dokumentacja systemu GRASS. Materiały internetowe : <http://grass.osgeo.org>

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Wiesław Piwowarski

Abstract

The possibilities of Grass GIS system use in forecasting of underground mining influences have been presented in the paper. Grass is a complex GIS system worked out as Open-Source software, that makes interesting to use it in mentioned above field. It is used for geospatial data management and analysis, graphics/maps production, spatial modeling, image processing and visualization. GRASS is used in commercial and academic institutions around the world, as well as by many governmental agencies and environmental consulting companies. GRASS is an official project of the Open Source Geospatial Foundation. System consists of more the 350 modules that acts independently. They are tied together with specialized windows interface. Its native operating system is Unix/Linux but present versions work also in Windows with some less important functions disabled.

In the presented paper, complete example of prognosis of underground mining influences data processing by using Grass GIS has been shown. As a final visual product, basic 2D maps of subsidence, tilt and horizontal strains have been presented as well as terrain category map and 3D presentation of subsidence trough.