

Wiesław PIWOWARSKI
Artur KRAWCZYK
Akademia Górniczo – Hutnicza
Katedra Ochrony Terenów Górniczych

KONCEPCJA GEOPRZESTRZENNEGO SYSTEMU INFORMACJI O TERENIE GÓRNICZYM*

Streszczenie: W pracy scharakteryzowano wpływ eksploatacji górniczej w aspekcie zagospodarowania terenu górniczego. Prowadzenie działalności górniczej wymaga spełnienia określonych wymogów prawnych dotyczących m.in. tworzenia dokumentacji o środowisku naturalnym jak i obiektach budowlanych w granicach terenu górniczego. Zwrócono uwagę na konieczność stosowania cyfrowej postaci danych, które gromadzone są w systemach informacji. Omówiono ogólne systemy informacji jak i systemy informacji przestrzennej. Przedstawiono strukturę systemu SIOTG AGH w kontekście możliwości zastosowania w systemie informacji geograficznej (informacji geoprzestrzennej). Analiza uwarunkowań prawnych, badawczych jak i dotychczasowe doświadczenia dotyczące wpływów eksploatacji górniczej pozwoliły na sformułowanie wymagań funkcjonalnych odnośnie budowy geoprzestrzennego SIOTG.

1. WSTĘP

Powierzchnia naszej planety podlega nieustannym przeobrażeniom powodowanym zarówno poprzez siły przyrody jak i w wyniku działalności człowieka. Intensyfikacja pozyskiwania kopalin w powiązaniu z szybko rosnącą intensyfikacją innych procesów cywilizacyjnych powoduje zróżnicowane przekształcenia poszczególnych komponentów środowiska. Rozwój tych procesów determinuje konieczność ochrony kurczących się obszarów środowiska naturalnego. Z tego powodu obserwuje się coraz większą aktywność ekologów zmierzającą do objęcia prawną ochroną jak największego obszaru środowiska naturalnego. W wyniku tych procesów dla przemysłu wydobywczego zwiększa się ilość obszarów chronionych nie tylko ze względu na wymagania techniczne odnośnie ochrony obiektów budowlanych, ale również zwiększa się powierzchnia obszarów objęta ochroną ze względu na wymagania ochrony przyrody. Działania te powodują powstanie zmian warunków zagospodarowania terenu. Stąd też w interesie każdego zakładu wydobywczego jest aktywne wykorzystanie instrumentu jakim jest artykuł prawa geologicznego i górniczego ustanawiający konieczność sporządzenia i uchwalenia miejscowego planu zagospodarowania przestrzennego gminy na terenie której znajduje się obszar górniczy przedsiębiorcy [1]. W tym akcie prawnym zakład górniczy uzyskuje informacje o zakresie i wielkości ograniczeń nakładanych na eksploatację, lecz z drugiej strony może negocjować zapisy planu odnośnie warunków eksploatacji [2]. Oczywiście osiągnięty consensus co do ustaleń m.p.zg.p. (mpzgp – miejscowy plan zagospodarowania przestrzennego) nie pozostaje martwym zapisem, lecz jest on poddawany okresowej (co trzy lata) weryfikacji przez samorząd gminy poprzez wydawanie opinii dotyczącej planu ruchu zakładu górniczego dla właściwego organu nadzoru górniczego. Wskazanie organów gminy na istotne łamanie ustaleń m.p.zg.p. przez zakład górniczy może stanowić istotną podstawę do odmowy zatwierdzenia przygotowanego projektu planu ruchu. Dlatego też ważną kwestią dla zakładów górniczych stanowi posiadanie wszelkich niezbędnych informacji dotyczących stanu początkowego środowiska przed eksploatacją oraz zbieranie i przetwarzanie danych o wskaźnikach i parametrach charakteryzujących przekształcenia terenu górniczego powstających zarówno przy samej

*Praca finansowana ze środków KBN Badania Statutowe KOTG

eksploatacji jak i z funkcjonowania całego zakładu. Kolejną istotną przyczyną zwrócenia uwagi na posiadanie danych dotyczących środowiska i obiektów jest niewątpliwie kwestia odpowiedzialności zakładu górniczego za szkody powstałe na terenie górniczym. Problem ten został uregulowany w prawie geologiczno górniczym według zasady, że w przypadku braku ustalenia sprawcy wystąpienia szkody na obszarze górniczym domniemanym sprawcą jest zakład górniczy posiadający uprawnienia do wydobywania kopaliny z danego obszaru górniczego (Art. 93 ust 1 ustawy pgg) [1]. Stąd też w takim przypadku zakład górniczy powinien na podstawie posiadanych danych udowodnić, że powstałe szkody nie zostały wywołane jego działalnością górniczą. I tutaj również pojawia się kwestia danych opisujących skutki zarówno przeszłej jak i bieżącej eksploatacji. Jak widać z powyższego przeglądu posiadanie danych o przekształceniach terenu górniczego przez zakład górniczy stanowi szczególnie ważny element dotyczący prowadzonej działalności górniczej.

2. DOKUMENTOWANIE DZIAŁALNOŚCI GÓRNICZEJ

Pierwszym i najważniejszym dokumentem zawierającym informacje o planowanej działalności przedsiębiorcy górniczego jest wniosek koncesyjny. Oprócz podstawowych danych dotyczących warunków nadania obszaru górniczego zawiera on istotne dane dotyczące środowiska zarówno w dokumentacji geologicznej, dokumentacji hydrogeologicznej oraz także w dokumencie powstałym podczas wykonywania oceny oddziaływania inwestycji na środowisko. Następnie przy udziale przedsiębiorcy przygotowywany jest projekt miejscowego planu zagospodarowania przestrzennego dla gminy na terenie której wyznaczono obszar górniczy. Do wykonania takiego planu zobligowany jest również istniejący zakład górniczy w przypadku przystąpienia gminy do uchwalenia nowego mpzgp. W czasie wykonywania projektu planu powstają kolejne opracowania, studia uwarunkowań górniczych, zawierające dane dotyczące istniejącego i projektowanego wpływu eksploatacji górniczej na środowisko. Ponadto w trakcie prowadzenia eksploatacji zakład górniczy jest zobligowany do prowadzenia dokumentacji, której wymagania zostały określone w zarządzeniu MOSZNiL w sprawie dokumentacji mierniczo – geologicznej [3]. Ponadto zakład zobowiązany jest do uzyskiwania decyzji właściwych organów odnośnie gospodarczego wykorzystania środowiska naturalnego. Na podstawie dokumentacji przygotowywanej do wniosków o wydanie decyzji o dopuszczalnej emisji zanieczyszczeń do powietrza atmosferycznego, decyzji dotyczącej składowania odpadów i innych dokumentów wymaganych przez ustawy regulujące różne aspekty ochrony środowiska, powstaje niezwykle obszerna baza informacji dotyczących ochrony środowiska naturalnego i obiektów budowlanych, wielkości przekształceń terenu górniczego jak i emisji różnego rodzaju zanieczyszczeń [4]. Kolejne niezwykle obszerne źródło dokumentów stanowi niewątpliwie dokumentacja techniczna, naukowo – techniczna i badawcza wykonywana na specjalne zlecenia zakładu w celu rozwiązania określonych jego problemów. W trakcie wykonywania każdego tego typu opracowań analizowany jest zbiór istniejących danych, prowadzone są dodatkowe pomiary na podstawie których formułowane są określone wnioski, które w swojej części mogą również przybierać postać danych do dalszego wykorzystania.

Ciągły przyrost ilości dokumentacji związany z rozwojem eksploatacji kopaliny jak i wynikający ze wzrostu wymagań dotyczących ochrony środowiska powoduje coraz trudniejszą analizę działalności całego zakładu górniczego, problem może się ujawniać w braku mechanizmów analizy relacji pomiędzy poszczególnymi rodzajami oddziaływań zakładu górniczego w wypadku np. zaistnienia nietypowych warunków eksploatacji. W tym kontekście istotne staje się określenie zasięgu i wielkości różnego rodzaju zmian, a szczególnie ustalenie relacji przestrzennych pomiędzy nimi.

Na podstawie tego przeglądu można wyróżnić kilka rodzajów ważniejszych dokumentacji. Na rysunku 1 przedstawiono najistotniejsze:



Rys. 1. Ważniejsze źródłowe dokumenty zawierające dane o charakteryzujące zarówno stan początkowy i przekształcenia terenu górniczego

Jak do tej pory podstawową formą zbierania i analizy danych dokumentujących przekształcenia środowiska są metody tradycyjne – zestawienia tabelaryczne danych pomiarowych i teksty opisowe uzupełniane wykresami. Ponadto część informacji przestrzennych przedstawia się w formie szkiców lub zdjęć. Jednak najważniejsze dane przestrzenne są przedstawiane na mapach, które stanowiły najbardziej oczywistą formę prezentacji danych pomiarowych niosących informacje przestrzenne. Tak więc wszelkie dane najczęściej starano się analizować w najwygodniejszej formie jaka była dostępna – czyli w formie dokumentów kartograficzno - tekstowych. Ponadto przy prognozowaniu zmian środowiska przyrodniczego szczególnie istotne znaczenie ma dostęp do danych pierwotnych (archiwalnych), a jak widać z tego pobieżnego przeglądu wykonanie jakichkolwiek analiz (zwłaszcza o charakterze syntetycznym) ze względu na formę danych jak i jej rozproszenie stanowi trudne zagadnienie. Jednak rozwój systemów informatycznych stworzył impuls do podjęcia prac nad zmianą tej sytuacji.

4. SYSTEMY INFORMATYCZNE

Początkowo systemy informatyczne służyły przede wszystkim do przetwarzania (prowadzenia obliczeń) dużych ilości danych (np. w balistyce, statystyce i.t.p). W systemach tych początkowo gromadzono dane w formie zwykłych plików. Szybko zauważono, że raz

wprowadzone dane do systemu informatycznego można użytkować wielokrotnie, jednak często aktualnie posiadane informacje wymagały poprawek i uzupełnień. Ponadto wprowadzane informacje dezaktualizowały się co stwarzało konieczność ich wybiórczego przygotowania do dalszego przetwarzania. Stąd też w celu realizacji tych wymagań opracowano systemy zarządzania bazą danych. W systemach tych przechowywanie danych może stanowić zadanie podstawowe jednak najczęściej wykorzystywane są one do pozyskiwania danych przez inne programy użytkowe (np. obliczeniowe) danego systemu informatycznego określonej organizacji. Na ich podstawie zaczęto tworzyć pierwsze systemy informacji. Początkowo były to bazy typu hierarchicznego [5], które zostały następnie wyparte przez model sieciowy. Obecnie podstawowym modelem bazy danych jest model relacyjny. Zastosowanie relacyjnych baz danych umożliwiło osiągnięcie takich celów jak:

- zmniejszenie nadmiarowości danych,
- zachowanie integralności danych,
- ułatwienie wprowadzania standardów,
- zapewnienie niezależności danych,
- wprowadzenie uprawnień do dostępu do danych.

Jak z widać z powyższego opisu zastosowanie bazy danych pozwala na takie zorganizowanie struktury w wyniku którego uzyskujemy możliwości elastycznego ich wykorzystania. Wymienione walory baz danych zostały dość szybko dostrzeżone jako narzędzia usprawniające prace związane z obsługą danych dotyczących przekształceń terenu górniczego. Stało się to przyczyną podjęcia prac nad zagadnieniem budowy odpowiedniego systemu informacji zawierającego dane dotyczące terenu górniczego.

5. SYSTEM INFORMACJI O TERENIE GÓRNICZYM

W Katedrze Ochrony Terenów Górniczych AGH został opracowany jeden z pierwszych w naszym kraju System Informacji o Terenie Górniczym. System ten miał na celu praktyczną realizację systemu baz danych obejmujących dotychczasowe i przewidywane skutki podziemnej eksploatacji górniczej w obiektach. System ten był przeznaczony do optymalizacji wybierania złoża i ochrony obiektów budowlanych. Zakres i funkcjonalność systemu pozwala na rozwiązywanie również niektórych zadań z zakresu inżynierii środowiska na terenach górniczych [6].

Koncepcja SIOTG została zdefiniowana już w 1991 roku. Jej powstanie wynikało z pilnych potrzeb rozwiązywania problemów związanych z samą eksploatacją górniczą oraz z potrzeby uproszczenia w prezentowaniu zagadnień ochrony terenów górniczych w ramach Programów Ochrony Terenu Górniczego (POTG). Po opracowaniu schematu ideowego i algorytmu całego Systemu podjęto się realizacji najważniejszych jego pakietów. W szczególności opracowano bazę danych o obiektach (program KARTOTEKA i SZKODA GÓRNICZA) i przystosowano posiadane oprogramowanie do prognozowania deformacji powierzchni terenu w środowisku tego systemu [7].

5.1. Moduł „Kartoteka” systemu SIOTG

Proces deformacji ośrodka stanowi wielorakie zagrożenie dla obiektów budowlanych. Z drugiej strony obiekty typu inżynierskiego usytuowane na terenach górniczych stanowią zbiór mocno zróżnicowany pod względem cech typologicznych, konstrukcyjnych, funkcjonalnych itd. Ogólnie biorąc są to obiekty niejednorodne. Stąd też dla potrzeb opracowanego SIOTG do obsługi tak złożonego zestawu informacji zaprojektowane zostały odpowiednie aplikacje bazy danych. Na podstawie przeznaczenia użytkowego obiektów oraz ich rozmiarów geometrycznych wytypowano 3 podstawowe podzbiory informacji o obiektach:

- *budynki* (budynki mieszkalne i hale) – aplikacja **KBU**,

- *obiekty liniowe* (szlaki PKP, drogowe, ciągi wodne, energetyki cieplnej itp) – aplikacja **KOL**,
- *obiekty specjalne* (budowle zabytkowe, obiekty sakralne, mosty, jazy, zapory wodne itp) – aplikacja **KOS**.

Kryterium porządkowania zdefiniowane zostało w wyniku uzgodnień ze specjalistami z odpowiednich dziedzin nauki i techniki. Dane typu administracyjnego i parametry technologiczne poszczególnych grup obiektów zapisane zostają w odpowiednich tabelach. Każda z tablic zawierająca właściwą dla danej grupy charakterystykę obiektów przypomina strukturalnie plik sekwencyjny, gdzie "wiersze" tablicy odpowiadają rekordom pliku, natomiast "kolumny" tablicy to pola atrybutów.

5.2. Moduł „Szkoda Górnicza” systemu SIoTG

Deformacje powierzchni terenu, związane z prowadzoną eksploatacją podziemną, powodują zagrożenia lub uszkodzenia obiektów zabudowy w danym rejonie. Istotnym elementem jest tu uzyskanie informacji dotyczącej zaistniałych uszkodzeń (powstanie szkody górniczej) i przetwarzanie niektórych danych odnośnie szkody górniczej.

W wyniku uzgodnień ze specjalistami z wielu dziedzin, związanych z usuwaniem szkód górniczych przyjęto, że baza danych zawierać będzie cztery zbiory informacji:

- *ewidencję zgłoszenia szkody górniczej,*
- *formalno-prawne kwalifikacje szkody górniczej,*
- *dokumentację techniczną usunięcia szkody górniczej,*
- *dokumentację finansową związaną z usuwaniem szkody górniczej.*

W każdym zbiorze zestaw informacji został przygotowany na tyle szczegółowo, aby możliwe było prowadzenie odpowiednich operacji wyszukiwania i sortowania danych na ograniczonym lub pełnym zestawie danych. W wyniku sortowania według ustalonego klucza wyprowadzane są odpowiednie informacje z każdego zbioru danych. Tworzenie i sortowanie bazy „Szkoda Górnicza” odbywa się przy użyciu aplikacji o nazwie **SG**.

5.3. Oprogramowanie obliczeniowe do prognozowania deformacji terenu

Programy dotyczące prognozowania deformacji terenu w odniesieniu do zastosowanego algorytmu ich obliczania posługują się powszechnie stosowaną w górnictwie polskim teorią S. Knothego. Ze względu m.in. na spójny opis znalazła ona zastosowanie w codziennej praktyce górniczej.

Programy te umożliwiają wykonywanie prognoz deformacji powierzchni terenu i górotworu. Realizują one obliczenia oparte na teorii prognozowania wpływów eksploatacji górniczej Knothego - Budryka. Pakiet oprogramowania składa się z 4 programów, które pozwalają na obliczenie prognozowanych wartości wskaźników deformacji.

Stosując program **KST8** wyznacza się prognozowane wartości wskaźników deformacji terenu w miejscu posadowienia obiektów budowlanych, w przypadku eksploatacji górniczej systemem ścianowym, w którym pola eksploatacyjne posiadają kształt prostokąta. Program **KS94** realizuje również obliczenia prognozowanych deformacji w wybranych punktach powierzchni terenu (stanowiących lokalizację obiektów budowlanych), ma jednak zastosowanie do pól eksploatacyjnych o kształcie dowolnego wielokąta.

Wyznaczenie wartości parametrów teorii Knothego - Budryka na podstawie wyników obserwacji geodezyjnych można przeprowadzić stosując program **PARA**. Program wyznacza, na podstawie profilu niecki obniżeniowej, wartości parametru charakteryzującego własności górotworu **tgB** oraz współczynnika eksploatacji **a**.

Jak widać z przedstawionego tu opisu system SIoTG powstawał w postaci zestawu specjalizowanych aplikacji relacyjnych baz danych i aplikacji obliczeniowych prognozujących deformacje terenu. Zadania wizualizacji danych realizowane były w innych programach graficznych takich jak Surfer, lub inne programy CAD. Rozwiązanie to stanowiło

pewną niedogodność polegającą na konieczności wykonywania transferu danych, a uzyskiwane mapy wektorowe stanowiły jedynie wygodną formę prezentacji problemów. Stąd też w kolejnych latach podjęto badania nad rozszerzeniem SIOTG z zastosowaniem systemów GIS.

6. SYSTEMY INFORMACJI PRZESTRZENNEJ (SYSTEMY GEOPRZESTRZENNE)

Już od lat pięćdziesiątych starano się wypracować metody przetwarzania danych przestrzennych. Początkowo stosowano metody zapisu danych geograficznych do powstających baz danych tworząc w ten sposób Bazy Danych Geograficznych. Natomiast rysunki przedstawiano najczęściej w postaci wektorowej lub rastrowej. Powodowało to niską efektywność takich systemów informacji. Dopiero opracowanie technologii systemów informacji przestrzennej (GIS - *Geographical Information Systems*) w której zaimplementowano obsługę topologii danych przestrzennych oraz możliwości analiz przestrzennych co pozwoliło odejść od samego rysunku wektorowego [8]. Cechy te zostały również wykorzystane do tworzenia systemów określanych mianem AM/FM - systemy automatycznego opracowywania map i zarządzania obiektami (AM/FM - *Automated Mapping and Facility Management*).

Ze względu na różnorodność rozwiązań informatycznych (technologicznych) jak i szerokie zastosowanie w wielu dziedzinach przemysłu, administracji samorządowej i państwowej, do dzisiaj nie została wypracowana jednolita definicja systemu informacji przestrzennej. Poniżej przytaczamy jedną z bardziej uniwersalnych, podanych przez Cowena [9]:

GIS to system składający się ze sprzętu, oprogramowania i procedur zaprojektowany dla zbierania, zarządzania, manipulowania, analizowania, modelowania i wizualizacji danych odniesionych przestrzennie, w celu rozwiązywania skomplikowanych problemów planistycznych i organizacyjnych.

Przytoczona powyżej definicja zwraca uwagę na techniczną stronę systemów GIS. Taki punkt widzenia wynika z historycznego rodowodu systemów GIS, czerpiących zarówno z aplikacji typu CAD, specjalizowanych produktów wspierających cyfrową kartografię, systemów zarządzania bazami danych jak i też systemów zorientowanych na wspomaganie podejmowania decyzji.

Podstawowe cechy użytkowe systemów GIS można określić następująco:

1. GIS udostępnia mechanizmy wprowadzania, gromadzenia i przechowywania danych przestrzennych oraz zarządzania nimi, zapewnia ich integralność i spójność oraz pozwala na ich wstępną weryfikację,
2. Na podstawie zgromadzonych w systemie danych możliwe jest przeprowadzenie specyficznych analiz opierających się m.in. na relacjach przestrzennych między obiektami,
3. Wyniki analiz przestrzennych i operacji charakterystycznych dla programów baz danych przedstawione mogą być w postaci opisowej (tabelarycznej) lub graficznej (mapa, diagramy, wykresy, rysunki), stąd cechą SIP jest wizualizacja i udostępnianie informacji przestrzennych w żądanej postaci.

Istotną kwestią jest też określenie co rozumiemy przez dane przestrzenne. Ze względu na różnorodne zastosowania systemów GIS przetwarzające różnego rodzaju dane przestrzenne w latach dziewięćdziesiątych wyodrębniono dwa podstawowe pojęcia:

- **Informacja przestrzenna** to każda informacja o środowisku geograficznym, o obiektach i zjawiskach w przestrzeni otaczającej człowieka,
- **Geoinformacja** (informacja geoprzestrzenna) jest „informacją o położeniu, geometrycznych właściwościach i przestrzennych relacjach obiektów, które mogą być zidentyfikowane w odniesieniu do Ziemi”. [10] Przez obiekty przestrzenne można

rozumieć obiekty naturalne i sztuczne związane z powierzchnią Ziemi oraz różne zjawiska (przyrodnicze, społeczne, ekonomiczne), które mogą być rozpatrywane w odniesieniu do Ziemi. Geoinformacja powstaje w wyniku powiązania informacji tekstowej o obiekcie z miejscem w przestrzeni geograficznej.

Jak widać z tych definicji pojęcie geoinformacja jest pojęciem węższym od pojęcia dane przestrzenne. Ponadto przyjęło się uważać pojęcia geoinformacja i informacja geoprzestrzenna za synonimy.

Kolejną istotną cechą wyróżniającą geoprzestrzenne systemy informacji jest niewątpliwie struktura danych. Bowiem ogólnie przyjmuje się, że dane służące do opisu przestrzennego przyjmują postać danych liczbowych opisujących kształt i położenie wraz z towarzyszącą im informacją atrybutową w postaci tekstu lub symbolu. Przeniesienie ich do systemu komputerowego ułatwia co prawda kontrolę nad nimi ale niestety nie pozwala na ich integrację. Dopiero dzięki pakietom geoinformacyjnym możemy, budować systemy informatyczne, które w sposób niezależny od fizycznego przechowywania danych, stworzą struktury logiczne konsolidujące zestaw danych tekstowych z przynależnym do nich rysunkiem lub mapą budując w ten sposób warstwę tematyczną projektu.

Wszystkie te cechy systemów GIS stały się podstawą do podjęcia badań nad możliwościami wykorzystania systemów GIS do ułatwienia i usprawnienia zarządzaniem i wspomagania decyzji dotyczących ochrony terenów górniczych.

W 1994 roku na AGH wykonana została praca dyplomowa [11] analizująca możliwości zastosowania systemów GIS do rozwiązywania zagadnień z zakresu inżynierii środowiska na terenach górniczych. Do badań wykorzystano profesjonalne oprogramowanie klasy GIS firmy Intergraph MGE PC-1. W pracy wskazano na zalety wykorzystania zaawansowanych systemów informacji przestrzennej.

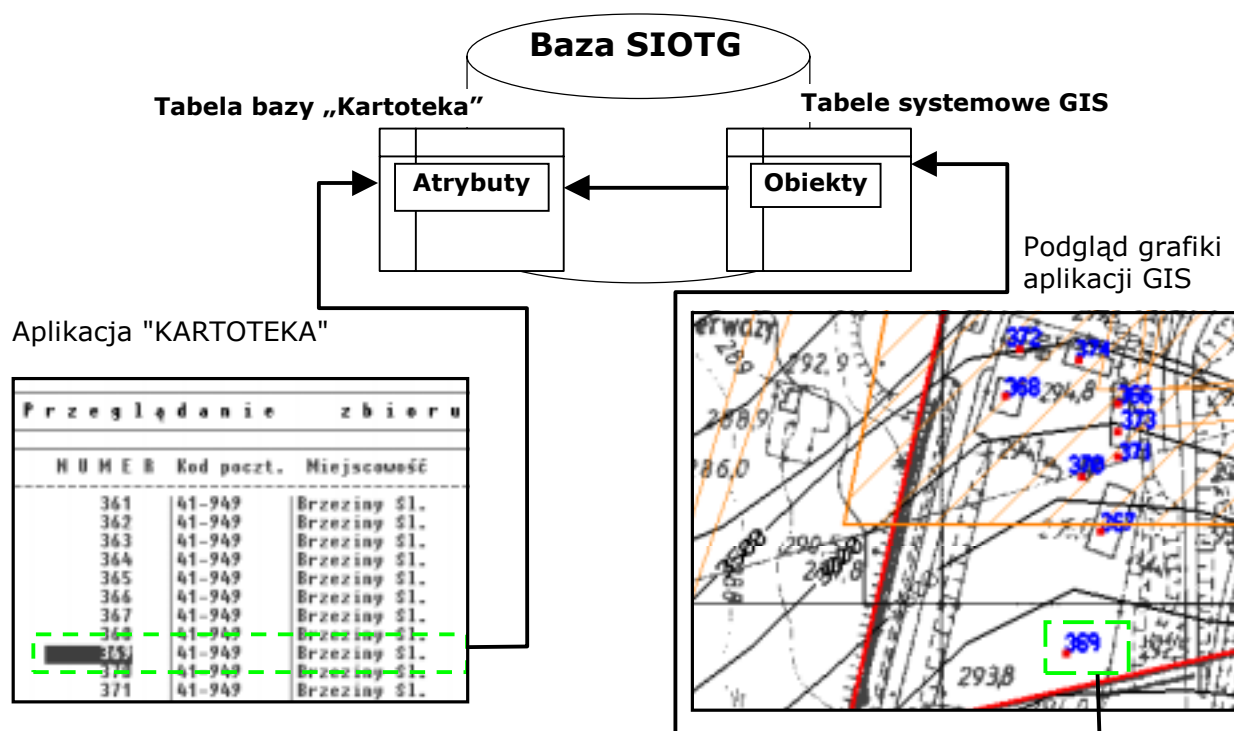
7. GEOPRZESTRZENNE ZASTOSOWANIE SIOTG

Zalety zarówno SIOTG jak i aplikacji GIS (geoprzestrzennych) spowodowały podjęcie prac nad integracją tych środowisk. Pierwszą próbą realizacji tej koncepcji był zrealizowany w 1997 roku projekt badawczy pod nazwą „Brzeziny” [12]. W projekcie tym zastosowano nowatorską koncepcję polegającą na integracji dotychczasowej bazy danych systemu SIOTG „KARTOTEKA” z systemową bazą danych programu MGE PC-2. Dzięki temu posunięciu poprzez wykorzystanie interfejsu graficznego systemu MGE PC uzyskano dodatkowe możliwości pracy z danymi zawartymi w tabelach modułu „Kartoteka”. Rozwiązanie to pozwala na wykonywanie dwóch rodzajów analiz danych zawartych w systemie. Jeden rodzaj analiz o charakterze relacyjnym na danych tekstowych dostępnych w module „Kartoteka” oraz drugi rodzaj analiz topologicznych na obiektach systemu GIS. Poniżej na rysunku 2 przedstawiono schemat ideowy połączenia aplikacji w jeden system projektu „Brzeziny”.

System zbudowany został z kilku podstawowych warstw informacyjnych. Mapę terenu reprezentuje w systemie plik rastrowy zeskanowanej mapy zasadniczej, mapa eksploatacji podziemnej została zdigitalizowana do postaci wektorowej. Wskaźniki deformacji dla tego terenu zostały obliczone w modułach obliczeniowych SIOTG a dane zachowane zostały w postaci plików ASCII. Następnie pliki te zostały zaimportowane do MicroStation gdzie przy pomocy nakładki Terrain Modeler wykonano interpolację wskaźników deformacji.

W tym samym czasie została przeprowadzona inwentaryzacja obiektów budowlanych. Uzyskane dane o obiektach zostały przepisane do bazy „Kartoteka”. Następnie przeprowadzono identyfikację obiektów na mapie poprzez digitalizację obiektów w postaci punktów oraz nadanie im numerów identyfikacyjnych. Kolejnym etapem było stworzenie warstwy informacyjnej „obiekty”. Najpierw stworzono klasę obiektów w tabeli Systemowej Aplikacji GIS a następnie stworzono połączenia pomiędzy punktami reprezentującymi obiekty budowlane a tabelą atrybutów aplikacji „Kartoteka” (Rys. 2).

Poniżej został wyróżniony budynek 369, który nie był wniesiony na mapę zasadniczą, jednak w trakcie inwentaryzacji został zidentyfikowany a informacje o nim wprowadzone zarówno do bazy danych jak i wniesiony został w postaci punktu na mapę wektorową w systemie .



Rys. 2. Zarządzanie informacjami o obiektach budowlanych w Geoprzestrzennym Systemie Informacji o Terenie Górniczym

Zgromadzone w wyżej opisanej strukturze dane umożliwiają wielokontekstową analizę wybranych zagadnień, zapewniając jednocześnie możliwość, w zależności od zachodzących zmian dotyczących systemu jak i rodzaju posiadanych danych, łatwej rozbudowy samego systemu lub dokonania integracji z innymi zasobami informacji. Omówione rozwiązanie stanowić może podstawę do rozwinięcia tego zastosowania w kierunku geoprzestrzennego systemu informacji o terenie górniczym.

8. UWARUNKOWANIA STRUKTURY GEOPRZESTRZENNEGO SIOTG

Przedstawiono tu podstawowe zasady i uwarunkowania budowy geoprzestrzennego systemu informacji o terenie górniczym.

Podstawowym **zadaniem systemu** jest zarządzanie danymi (czyli ich pozyskiwanie, przetwarzanie i analizowanie) odnośnie do obiektów budowlanych, środowiska naturalnego oraz danych o górotworze i jego eksploatacji.

Podstawowe **cele systemu** dotyczą wykorzystania zaimplementowanych algorytmów do wspomaganie podejmowania decyzji dotyczących optymalizacji wpływu na środowisko naturalne i obiekty, prowadzonej z zakresie ochrony terenów górniczych.

Realizacja tak sformułowanego celu i zadania wymaga następnie przeanalizowania możliwości modelowania rzeczywistości w systemie informatycznym. Wymaga to określenia rodzaju modelu użytego jako opisu docelowego. Ze względu na cel rozróżnia się modele [13]:

- dokumentacyjne (odzwierciedlające wybrane cechy obiektu),
- poznawcze i predykcyjne (umożliwiają poznanie zasad funkcjonowania obiektu i przewidywanie jego przyszłych stanów),

- decyzyjne i eksploracyjne (służące do testowania różnych zachowań obiektu i wyboru optymalnych rozwiązań),
- normatywne (tworzone jako wzory do porównań i naśladownictwa).

Aby osiągnąć cel, którym jest optymalizacja działalności górniczej wymagane jest zastosowanie modelu o charakterze decyzyjnym i eksploracyjnym, ponadto należy uwzględnić aspekt przechowywania informacji archiwalnych. Dlatego system ten powinien również uwzględniać model dokumentacyjny. Ze względu na charakter zmian zastosowane powinny być równoległe dwa modele – dynamiczny (odzwierciedlający zmiany w czasie) oraz model symulacyjny (odwzorowujący zachowanie obiektu). Prawidłowe modelowanie systemu powinno umożliwić realizowanie takich zadań jak: pozyskanie aktualnych danych np. o eksploatacji, aktualnych założeń dot. eksploatacji, ich archiwizacji z zachowaniem bieżącego dostępu do nich, i wykorzystania w procesie symulacji (procesie prognozowania). W trakcie symulacji powinno powstać kilka alternatywnych rozwiązań. Wybrane rozwiązanie powinno zostać przeniesione do modelu dokumentacyjnego w którym korzystając z odpowiednich kryteriów zostanie „ocenione” w trakcie jego realizacji zarówno co do przyjętych założeń jak i skutków jego wykonania.

Jak bardzo istotne są te rozważania może świadczyć fakt że próby wprowadzenia uznanych na świecie górniczych systemów informatycznych dla kopalń podziemnych w warunkach polskiego górnictwa nie powiodły się. Podstawową przyczyną tego zjawiska wydaje się być fakt braku zrozumienia specyfikacji modelu stosowanego w tych systemach informacji. Zagraniczne systemy informatyczne były w większości modelami poznawczymi i decyzyjnymi. W większości zastosowań jednak podstawowym celem jaki stawiano przed nimi było zastosowanie ich przede wszystkim do celów normatywnych. Za przykład posłużyć może dokumentacja mierniczo - geologiczna, która w myśl obowiązujących przepisów może być przechowywana w postaci cyfrowej, jednak jej forma, treść, format i wymagania dotyczące jej przechowywania wymagają stworzenia normatywnego systemu informacji – cyfrowej mapy górniczej. W wyniku tego oczywiście wspomniane systemy nie spełniły oczekiwań użytkowników i w efekcie tego zarzucono ich dalsze wdrażanie.

Podsumowując scharakteryzowany problem należy zaznaczyć, że projektowany system powinien uwzględniać dwa modele przetwarzanych danych, tj. dokumentacyjny i decyzyjny.

Kolejny aspekt to metody przetwarzania danych. Ze względu na konieczność przechowywania informacji tekstowych (obiekty, budowle i inne) wymagana będzie zastosowanie relacyjnych baz danych. Przetwarzanie danych dotyczących środowiska naturalnego wymaga przechowywania danych tekstowych i kartograficznych. Podstawowym narzędziem do przetwarzania tego typu danych są systemy GIS. Analizując przetwarzanie danych nie możemy pominąć istniejących już rozwiązań informatycznych zastosowanych w zakładach górniczych. Są to najczęściej systemy typu CAD służące do prowadzenia cyfrowych map górniczych, rzadziej systemy bazy danych. Tak więc istniejące oprogramowanie powinno umożliwiać integrację różnego rodzaju formatów danych, jak również wykonywanie analiz topologicznych i przestrzennych.

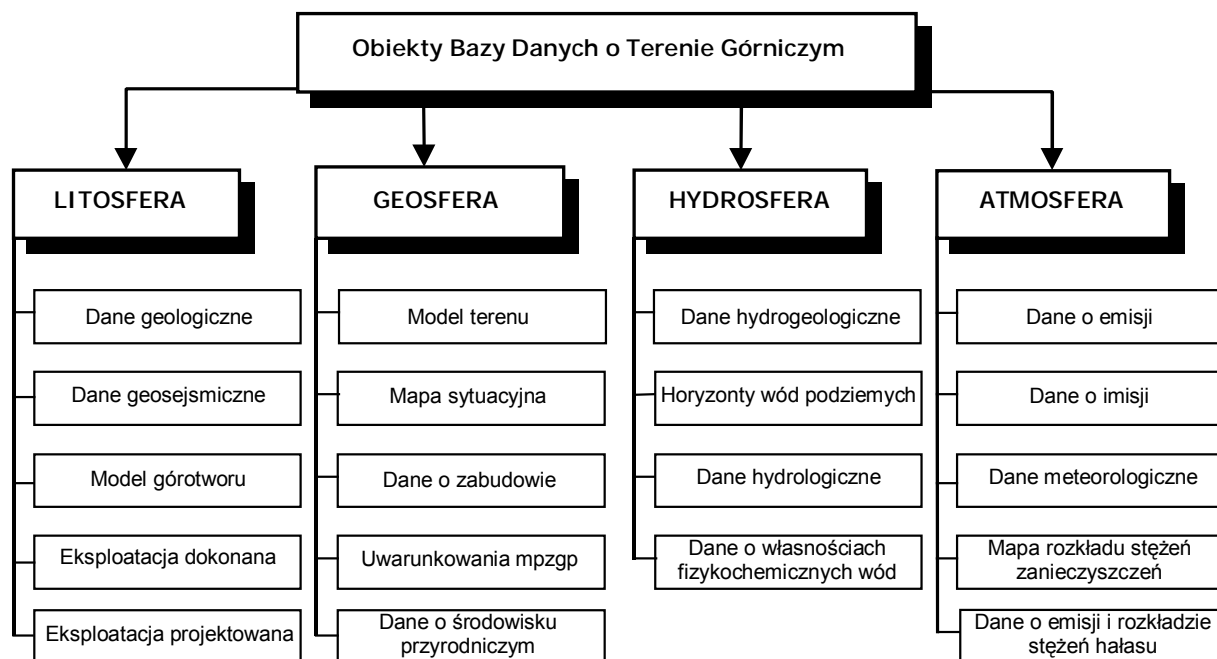
Przy takich założeniach wydaje się, że najbardziej efektywnym narzędziem do budowy geoprzestrzennego SIOTG będą systemy GIS działające przy użyciu interfejsu typu CAD, tzw. systemy obiektowe. Z jednej strony rozwiązanie takie pozwala na maksymalne wykorzystanie istniejącego oprogramowania (obniża koszty) z drugiej strony pozwala na wykorzystanie jednych z najlepszych systemów w tej dziedzinie. Ponadto należy zwrócić uwagę na użytkowników, którzy raz zaznajomieni z oprogramowaniem CAD łatwiej przyswoją sobie oparty na nim system GIS.

Kolejnym wymogiem istotnym dla budowy systemu to jego otwartość, co oznacza że oprogramowanie umożliwiać zarówno bezproblemową rozbudowę samego systemu (zaimplementowany język programowania służący do rozbudowy systemu), jak i pozyskiwanie danych w przyszłości z nowych źródeł, jak i integrację z innymi systemami

tego typu. Założenia wstępne stanowią podstawę do dalszego uszczegóławiania zakresu warunków budowy charakteryzowanego systemu.

8.1. Obiekty bazy danych

Analiza obserwowanych przekształceń oraz dotychczasowe doświadczenia w dziedzinie wielorakiej dokumentacji odnośnie wpływów działalności górniczej na środowisko pozwoliły na opracowanie globalnego zestawienia istotnych elementów przekształcanych działalnością górniczą [14,15,16,]. W omawianym systemie informacji przetwarzane będą wszelkie te informacje, które niezbędne są do oceny przyczynowo – skutkowej zmian środowiska i uszkodzeń obiektów na terenie górniczym.



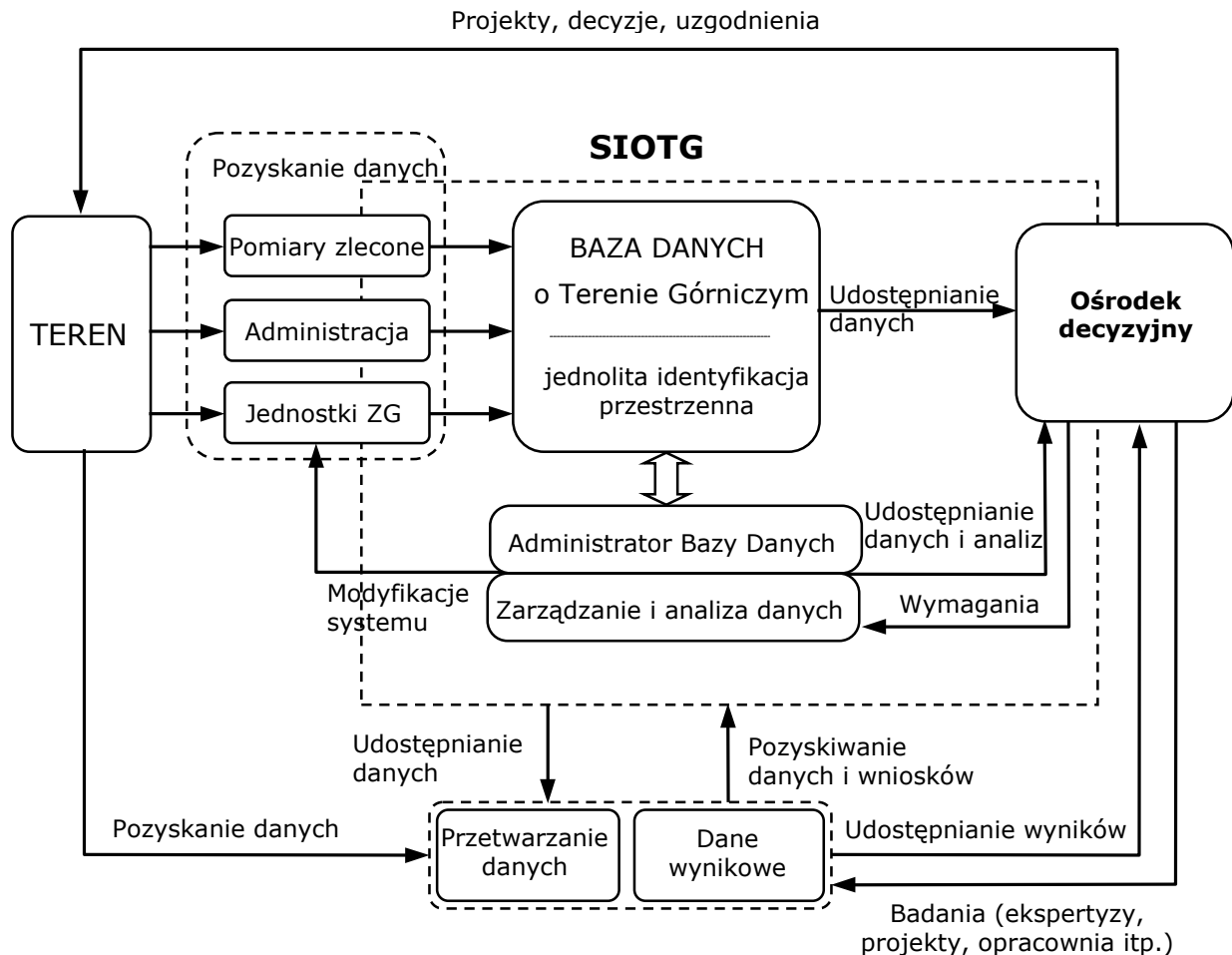
Rys. 4. Obiekty systemu informacji o terenie górniczym

Przedstawione schematycznie obiekty obrazują nam różnorodność zagadnień występujących w trakcie eksploatacji górniczej. Złożoność całokształtu problematyki implikuje podjęcie badań nad możliwościami budowy i stosowania systemów informacji do pozyskiwania i przetwarzania danych charakterystycznych dla terenu górniczego.

8.2. Analiza Funkcjonalna Systemu

Obejmuje zagadnienia dotyczące w pierwszym rzędzie analizy funkcjonowania dotychczas działającego obiegu przetwarzania informacji w zakładzie górniczym. Selekcji miejsc pozyskiwania danych, miejsc przetwarzania i udostępniania danych i analiz. Należy tutaj uwzględnić dotychczasowe sposoby przechowywania informacji, często bowiem zachodzi sytuacja, w której sam użytkownik wyposażony w jakikolwiek sprzęt komputerowy samodzielnie przystępuje do organizacji przechowywania swoich danych. Po wykonaniu tego typu działań można przystąpić do budowania schematu obiegu informacji. Na rysunku 5 przedstawiono projekt schematu przepływu informacji w warunkach funkcjonowania omawianego systemu. W systemie przyjęto założenie, że gromadzenie danych odbywa się w podstawowych jednostkach zakładu górniczego. Następnie po opracowaniu dane są przekazywane do centralnej bazy danych. W trakcie przygotowywania danych część z nich może zostać w tradycyjnej postaci, lub z jakichś innych względów nie może zostać przekazana do systemu, a wtedy dla systemu zostaje stworzona informacja o informacji – czyli tzw.

metadane i dopiero te dane są do niego przekazywane. Czynność ta odbywa się oczywiście pod kontrolą administratora bazy. Administrator następnie przygotowuje bazę danych do dalszego przetworzenia przez zespół analityczny. Wnioski z analiz stanowią podstawę do podejmowania decyzji. W razie konieczności zespół analityczny przeprowadza dalsze badania symulacyjne w celu wyboru właściwego wariantu rozwiązania problemu. Na podstawie uzyskiwanych informacji zespół analityczny opracowuje wnioski.



Rys. 5. Schemat funkcjonalny Systemu Informacji o Terenie Górniczym

Budowa takiego typu systemu powinna zostać wykonana po wcześniejszej analizie działania (dotychczasowego przepływu danych) zakładu górniczego.

Kolejnym istotnym zagadnieniem jest obszar obejmowany przez system:

- system powinien obejmować swym zasięgiem przestrzennym obszar najdalszego negatywnego wpływu zakładu na środowisko, a więc co najmniej do granicy wyznaczonej przez granicę terenu górniczego,
- system powinien uwzględniać możliwości monitoringu perspektywnego terenu eksploatacji złoża będącego aktualnie poza obszarem górniczym.

Następnie należy rozważyć zagadnienie dotyczące rozpoczęcia budowy tego typu systemu. Generalnie, każdy moment związany z postępem informatyzacji zakładu wiążący się instalacją zakupem oprogramowania finansowo – księgowego, przetwarzania dokumentów lub instalacji oprogramowania do prowadzenia cyfrowych map górniczych zwiększa szansę wdrożenia nowego systemu. Ze względu na pozyskiwanie danych optymalnym momentem dla rozpoczęcia budowy omawianego systemu jest okres pomiędzy otrzymaniem koncesji przez przedsiębiorcę górniczego na wydobywanie kopaliny a przystąpieniem do prac nad

zmianą miejscowego planu zagospodarowania przestrzennego a dla istniejących zakładów górniczych przystąpienie gminy do uchwalenia nowego mpzgp.

8.3. Aspekty zastosowania systemu

System ten może zostać wykorzystany do wielu zastosowań, np. do:

- formułowania uwarunkowań działalności zakładu górniczego zarówno w aspekcie tworzenia m.p.zg.p. jak i jego aktualizacji,
- przygotowywania planu ruchu zakładu górniczego,
- prognozowania perspektywicznego i bieżącego monitorowania wpływów działalności górniczej,
- weryfikowania założeń do wcześniej wykonanych prognoz,
- ustalenia relacji przestrzennych oraz przyczynowo skutkowych pomiędzy występowaniem różnych zjawisk wpływów eksploatacji górniczej z uwzględnieniem istniejących i projektowanych elementów zagospodarowania przestrzennego,
- przestrzennej wizualizacji i analizy wybranych danych.

Lista ta prezentuje wstępny zakres ogólnych obszarów zastosowań omawianego systemu. Należy tutaj zwrócić szczególnie uwagę na zwiększenie niewymiernej wielkości jaką jest zmiana formy przechowywania danych na cyfrową, uzyskujemy bowiem wtedy ich lepsze zintegrowanie. Konsekwencją tego faktu może być uporządkowanie danych, ułatwienie dostępu do danych zarówno przez fakt posiadania ich w postaci cyfrowej jak i możliwość pozyskania informacji o posiadanych informacjach nie będących w systemie. Umożliwia to wykonywanie analiz również dla małego wybranego obszaru oparte o pełny zestaw zgromadzonych danych. System pozwala również wymianę danych pomiędzy jednostkami (działami) zakładu górniczego, co tym samym przyczyniło by się do efektywniejszego śledzenia zmian wywołanych eksploatacją górniczą.

9. PODSUMOWANIE

Opracowany i częściowo oprogramowany projekt geoprzestrzennego systemu informacji o terenie górniczym tworzy nam nową jakość dostępu do danych gromadzonych w zakładzie górniczym dając nieosiągalne dotąd warunki pracy z tego typu informacjami. Zagadnienie budowy takiego typu systemu stanowi niezwykle obszerny i wielodyscyplinarny problem badawczy, którego rozwiązanie jest możliwe w zakresie działania wieloosobowego zespołu. Potencjalne efekty wynikające z zastosowania tego systemu wyraźnie wpłyną będą na wzrost efektywności zagospodarowania przestrzeni terenu górniczego.

LITERATURA

1. Ustawa z dnia 4 lutego 1994 Prawo geologiczne i górnicze Dz. U. Nr 27. Poz. 96
2. *Popiołek E., Trzcionka P.*: Zagospodarowanie przestrzenne terenów górniczych. Materiały III Konferencji Naukowo-Technicznej nt.: „Ochrona środowiska na terenach górniczych”. Ustroń - Jaszowiec 1998.
3. Zarządzenie MOŚZNIL z 26 sierpnia 1994 w sprawie dokumentacji mierniczo – geologicznej.
4. Ustawa z dnia 31 stycznia 1980 o ochronie i kształtowaniu środowiska tekst jednolity z 1994 roku Dz. U. Nr 49. Poz. 196
5. *Date C.J.*: Wprowadzenie do baz danych. Warszawa WNT 1981
6. Projekt PB 376/9/91 „Przeciwdziałanie szkodom górniczym w oparciu o numeryczne metody optymalizacji wydobycia złóż kopalin użytecznych” KBN Zespół S6 AGH Kraków 1993 (maszynopis)
7. *Piwowarski W., Popiołek E.*: System przetwarzania baz danych dotyczących zagrożenia obiektów powierzchniowych wpływami eksploatacji górniczej. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej Nr 1257, Górnictwo 222, 1994.
8. *Gądzicki J.*: Systemy Informacji Przestrzennej. PPWK Warszawa - Wrocław 1990 r
9. *Cowen D.J.*: GIS versus CAD versus DBMS: what are the differences? "Photogrametric Engineering and Remote Sensing" 1988 nr 11.
10. Udoskonalone działanie poprzez wykorzystanie GIS. Materiały z prezentacji grupy DISGRAPH na Kongresie UNIPEDE w Montreux, maj 1997.
11. *Krawczyk A.*: System Informacji o terenach przekształconych działalnością górniczo - przemysłową w rejonie Olkusza. praca dypl. AGH Kraków 1994 (maszynopis)
12. *Popiołek E. i zespół.*: Aktualizacja inwentaryzacji zabudowy kubaturowej powierzchni w Brzezinach Śląskich w granicach terenu górniczego KWK „Andaluzja” SIOTG Katowice 1997 (maszynopis).
13. *Bojarski W.W.*: Podstawy analizy i inżynierii systemów. PWN Warszawa 1984
14. *Popiołek E.*: Ochrona terenów górniczych Skrypt AGH Kraków 1989
15. Red. *Kwiatkiewicz J.*: Ochrona Obiektów Budowlanych na Terenach Górniczych. Wyd. GIG Katowice 1998
16. Red. *Ostrowski J.*: Ochrona środowiska na terenach górniczych. Biblioteka Szkoły Eksploatacji AGH Kraków 1999

Autorzy:

Prof. dr hab. inż. Wiesław Piwowarski

Mgr inż. Artur Krawczyk

<http://galaxy.uci.agh.edu.pl/~artkraw>

Adres:

AGH Wydział Geodezji Górniczej i Inżynierii Środowiska

Katedra Ochrony Terenów Górniczych

Al. A. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków

<http://galaxy.uci.agh.edu.pl/~zotg>

Conception of a GeoSpatial Information System of a Mining Area

SUMMARY:

The paper characterizes underground exploitation influences from the point of view of mining area in district planning and development. Mining activity is concerted with certain legal requirements such as the documentation concerning both natural environment and buildings within the mining area. The authors point to the necessity of the use of numerical data form, the data being stored in information systems. Both general information systems as well as spatial information systems have been discussed. The paper presents the structure of an information system of a mining area (developed at the University of Mining and Metallurgy) seen as possible to be used in geographical information system (geospatial information system). The analysis of legal and research conditions as well as hitherto obtained experience in the sphere of underground exploitation influences make it possible to formulate functional requirements with reference to the construction of geospatial information system of a mining area.