

## СУЧАСНІ ГЕОІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ У ГІРНИЧОДОБУВНІЙ ГАЛУЗІ І ПЕРСПЕКТИВИ ЇХНЬОГО РОЗВИТКУ

*Омельченко Андрій, Анциферов Вадим*

Український державний науково-дослідний  
і проектно-конструкторський інститут гірничої геології,  
геомеханіки і маркшейдерської справи (УкрНДМІ)  
Україна, 83121, м. Донецьк,  
вул. Челюскінцев 291

### *Abstract*

*State of the art of geoinformation systems (GIS) used in the mining industry of Ukraine is reviewed. A generalized structure scheme for a typical GIS for the field mentioned is given and its components are considered. Philosophies important for the development and improvement of such systems are given. Enumerated are the main problems arising in the process of using GIS in the mining industry and approaches to their solution are given. Trends for future development and improvement of GIS oriented for the uses in the given industry are specified.*

Геоінформаційні системи (ГІС), як правило, мають проблемну орієнтацію - їх проєктують для вирішення конкретної задачі в будь-якій сфері людської діяльності: дослідження геологічного стану будь-якої території, її екологічного моніторингу, земельного кадастру і подібн. Кінцева мета ГІС - прийняття рішення в окремій області діяльності, що цікавить, або на перетинанні декількох областей (4). Рациональне використання природних ресурсів, прийняття управлінських, проектно-інженерних та економічних рішень при їхній розвідці і розробці неможливе без достовірного і актуального інформаційного забезпечення. Ідеологія ГІС - топологічне структурування, яку можна розуміти як опис просторових взаємовідносин елементів, розташованих на деякій території; орієнтація на роботу з природними системами або системами, в яких природні структури взаємодіють з техногенними; можливості аналізу, спрямованого на визначення просторових взаємовідносин об'єктів, обумовили можливість застосування ГІС в гірничодобувній галузі. Основною перевагою ГІС перед системами цифрового картографування й АСУ є потужні можливості просторового аналізу відношень між об'єктами. Використовуючи ці можливості можна більш ефективно вирішувати задачі управління, насамперед, просторово розподіленими об'єктами, якими є гірничодобувні підприємства.

Геоінформаційні системи, як засіб інтеграції різномірних просторово розподілених даних, можуть бути ефективно використані при автоматизації практично всіх технологічних процесів гірничодобувного підприємства на всіх етапах розробки родовища. ГІС також незамінні при автоматизації технологічного

процесу розвідки корисних копалин, де специфічний кінцевий результат - інформація про родовище. На цьому етапі ГІС надає потужні засоби для накопичування, обробки, наочного подання й аналізу вихідної геолого-геофізичної інформації. Одержання тривимірної картини топології залягання вугільних пластів з інформацією про їхні якісні характеристики, що забезпечується ГІС, дозволяє спростити процес проектування робіт з видобутку корисних копалин, більш точно намічати зони тектонічних порушень, наочно зображати їхнє положення і положення інших об'єктів відносно лав і виробок. На етапі проектування гірничодобувного підприємства ГІС можуть бути використані для автоматизації проектування стволів, виробок, транспортної системи і системи вентиляції, а також систем електроживлення, водовідливу та ін. На етапі експлуатації родовища ГІС можуть знайти застосування при плануванні розвитку гірничих робіт, при визначенні оптимального навантаження на вибій, при прогнозуванні вибросонебезпечності вугільних пластів, при вирішенні задач оптимізації транспортування видобутої корисної копалини, у вирішенні задач підтримки функціонування системи життєзабезпечення шахти. Можливість швидкого внесення змін і доповнень даних про технічні параметри, що забезпечується ГІС-технологіями, створює передумови для підвищення ефективності і продуктивності експлуатаційних і підготовчих робіт на дільницях, по яких постійно складаються паспорти і схеми виїмки корисної копалини, проведення і кріплення підземних гірничих виробок. Однією з найважливіших областей використання ГІС є забезпечення безпечних умов роботи на вугільних шахтах. На етапі закриття вугледобувних підприємств ефективним є використання ГІС для екологічного моніторингу, моделювання небезпек від покинутих гірничих виробок, прогнозу деформацій земної поверхні та ін. Крім того, накопичена із застосуванням ГІС інформація про родовище та гірничі роботи може бути використана і в інших галузях господарської діяльності, таких як: автоматизація проектування шляхів, трубопроводів, будівельних споруд та ін.

Аналіз і узагальнення накопиченого до нинішнього часу досвіду в галузі створення і впровадження геоінформаційних систем для рішення задач вугледобувної галузі дозволяє виділити перелік функцій, реалізація яких визначає доцільність застосування тієї або іншої системи. Перелік функцій, що виконуються, умовно можна поділити на два класи - «стандартні» і «специфічні» функції (3). До «стандартних» функцій можна віднести: моделювання даних по тематичним або функціонально виділеним шарам; наявність відкритої для змін і доповнень бібліотеки умовних позначень; взаємодія з СУБД; наявність засобів підтримки створення додаткових прикладних програм для вирішення специфічних задач конкретного користувача; можливість імпорту-експорту даних до інших систем і найбільш поширені програмні пакети, які обробляють графічну інформацію; підтримка виводу на плотери та іншу графічну периферію; простота освоєння та експлуатації. Згадані вище «стандартні» функції, тією чи іншою мірою забезпечує будь-яка з сучасних ГІС-систем. Тому, критерієм, що дозволяє оцінити доцільність застосування системи до вирішення задач вугледобувної галузі, є виконання «специфічних» функцій, а саме: орієнтація на роботу з об'ємними тривимірними моделями об'єктів гірничодобувного підприємства; можливість побудови типових графічних зображень, що використовуються в галузі: планів та розрізів; термінологія і символика, безпосередньо пов'язана з роботою спеціалістів-геологів і маркшейдерів; орієнтація на вирішення конкретних задач спеціалістів галузі.

У нинішній час ГІС вийшли з рамок використання вузьким колом фахівців-ентузіастів, одержали широке визнання, і доцільність їх використання у вугледобувній галузі не викликає сумнівів, про що свідчить значна кількість публікацій. Також пройдений перший і самий тяжкий етап - етап ознайомлення з реальними можливостями і недоліками існуючих ГІС, визначення кола основних задач і шляхів їхнього вирішення з урахуванням галузевих особливостей. розроблений і широко використовується в практиці ряд конкретних технологій, що ґрунтуються на зарубіжних та вітчизняних ГІС, створених НГА України, ДонДТУ, УкрНДМІ, ВО Павлоградуголь та ін. Однак, зазначені технології в основному використовуються для виготовлення гірничо-графічної документації і не повною мірою використовують переваги ГІС. На основі аналізу систем, що застосовуються в нинішній час у вугледобувній галузі, можна виділити типову структуру ГІС (рис. 1). В самому загальному вигляді структуру геоінформаційної системи можна подати у вигляді традиційної схеми АСУ (1), яка являє собою сукупність технічного, математичного, інформаційного, програмного, організаційного забезпечень і особи приймаючої рішення (спеціаліста-геолога).

Технічне забезпечення сучасної ГІС, що застосовується на гірничодобувному підприємстві, у загальному випадку складається з ПЕОМ, засобів автоматичного й автоматизованого введення цифрової та графічної інформації (GPS, сканери, дигітайзери та ін.) (5) і засобів графічного відображення інформації (плотери, принтери). Подальший розвиток технічного забезпечення ГІС пов'язаний з застосуванням перспективних ЕОМ і видів носіїв інформації

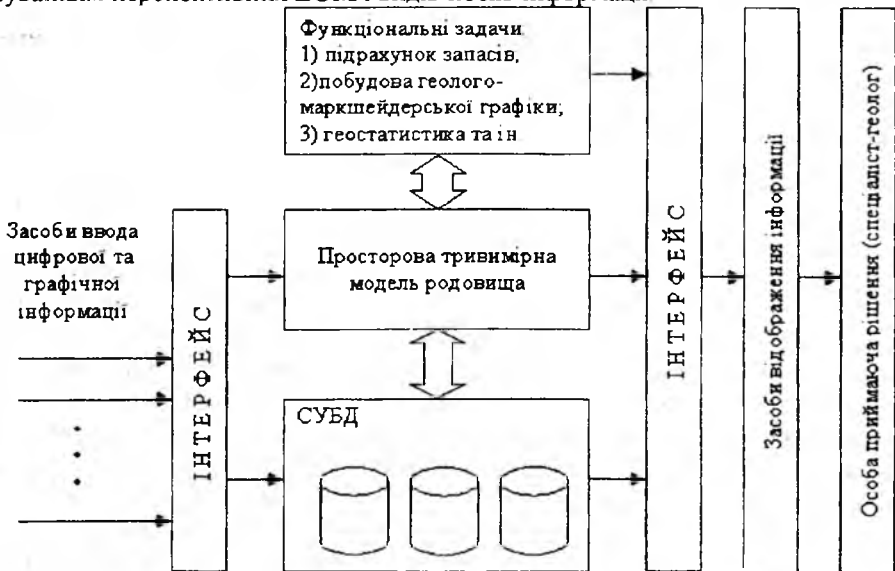


Рисунок 1 - Узагальнена структура типової ГІС для використання в гірничодобувній галузі

Основу математичного забезпечення системи складають алгоритми моделювання природних об'єктів родовища і техногенних об'єктів, розташованих в його межах. Математичне забезпечення геоінформаційної системи повинно враховувати специфіку галузі застосування системи і досвід робіт у цій галузі. Слід відзначити, що при сучасній різноманітності різного роду алгоритмів моделювання

необхідно тестувати і відбирати по результатах тестування математично обґрунтовані. Ретельно ставиться до математичної основи комп'ютерних алгоритмів необхідно, щоб зберегти об'єктивність і фізичний зміст одержуваних результатів.

Інформаційну основу системи складають база первинних геолого-геофізичних і маркшейдерських даних, одержаних в результаті розвідки і промислової розробки родовища, та одержана на її основі за допомогою розрахункових процедур модель родовища, що є ядром системи. Джерелом означених даних є дані по свердловинам, геофізичним дослідженням, гірничим роботам. Для накопичування і поповнення вхідної інформації як інтерфейс баз даних слід використовувати електронні аналоги існуючої документації. При цьому ГІС повинна забезпечити максимальну незалежність прикладних програм від фізичного надання вхідних даних. Вхідні дані повинні містити мінімум інформації, достатній для повного відзеркалення явища; дані не повинні дублюватися (6).

Програмне забезпечення складається з програм растр-векторного перетворення; програм, що реалізують алгоритми аналітичної і обчислювальної геометрії (алгоритми визначення перетинань об'єктів, моделювання поверхонь, побудови ізоліній і под.) і програм вирішення функціональних задач системи. Програмні модулі ГІС можуть бути реалізовані як на універсальних мовах програмування високого рівня (C, Pascal), так і на внутрішніх мовах ГІС-пакетів з використанням принципів об'єктно-орієнтованого програмування. Програмне забезпечення повинно передбачати можливість створення додатків для вирішення специфічних задач конкретного користувача, а також можливість розширення для задоволення майбутніх вимог до складу вирішуваних задач. Перспективи розвитку програмного забезпечення ГІС в гірничодобувній галузі пов'язані з розробкою об'єктної моделі, що орієнтована на об'єкти і логіку предметної області. Організаційне забезпечення, як правило, складають посібники користувача та нормативно-методичні документи і рекомендації щодо автоматизації вирішення геолого-маркшейдерських задач з застосуванням ГІС.

Сучасні розробки, спрямовані на створення і вдосконалення ГІС для застосування у гірничодобувній галузі можна поділити на дві основні групи. Одна з них (більш велика) включає роботи з автоматизації вирішення окремих задач на основі теоретичних уявлень і засобів, що склалися раніше (так званий послідовний або «позадачний підхід»). Такий напрямок у нинішній час користується перевагою серед спеціалістів в Україні, оскільки саме за практичними результатами оцінюються роботи з автоматизації. Другий напрямок, що отримав назву в літературі «системотехнічний підхід», передбачає попереднє розроблення проекту для всієї системи, в результаті чого досягається комплексна обробка даних. Другий підхід потенційно може дати кращі результати за рахунок комплексності обробки вхідної інформації, причому не лише в області вирішення окремих, прикладних задач, але навіть в теоретичних побудовах геології, тому що він вимагає проведення підготовчої роботи з поліпшення й уточнення геологічних понять, цілей, схем міркування і доказів, а також засобів вирішення задач. Основний «недолік» цього підходу - необхідність проведення робіт широким фронтом з залученням фахівців у різних областях знань. Необхідно відзначити, що для більшості систем в чистому вигляді він взагалі може виявитися непридатним тому, що цілком нереально, що, десь в стороні від діючої технології і системи виробництва, буде повністю розроблена така нова система, встановлена і відлагоджена її технічна база, вирішені питання підготовки всіх необхідних кадрів, а після цього вся система у готовому

вигляді перенесена на практику. Більш логічно припустити, що процес створення і впровадження ГІС носитиме багатоетапний характер, при якому одні елементи системи реалізуються з перших кроків, другі розробляються, а треті поновлюються й удосконалюються.

На сучасному етапі основні проблеми застосування ГІС у гірничодобувній галузі пов'язані з основним об'єктом - родовищем корисної копалини. Родовище корисної копалини являє собою складний погано визначений об'єкт, що називається в літературі «нетрадиційним» об'єктом. Основними властивостями родовища як «нетрадиційного» об'єкта є: 1) унікальність; 2) неповнота опису (неможливість забезпечення інформацією, якої завідомо було б достатньо для створення ГІС, що адекватно відображає топологію геологічних об'єктів); 2) неможливість побудови об'єктивного критерію опису, що не залежить від особи приймаючої рішення (спеціаліста-геолога). Найбільші труднощі викликає моделювання геометричних характеристик природних об'єктів родовища (зокрема, для родовищ з пластовим заляганням корисної копалини: моделювання пластів копалини, пластів порід і різного роду порушень), що вимагає розробки шляхів переходу від інтуїтивно-логічних методів вирішення геологічних задач до формально-математичних.

Перспективи розвитку ГІС у гірничодобувній галузі обумовлені необхідністю, головним чином, вирішення ряду обчислювальних задач, що опираються на єдину інформаційну базу, яка включає геологічні, геофізичні і маркшейдерські дані, а також відомості про інфраструктуру підприємства, його технологічні процеси та ін. Подальший розвиток таких систем пов'язаний, в першу чергу, з використанням просторових моделей родовища, що є основою переходу від площинного зображення геологічного простору до об'ємного. Удосконалення просторових моделей родовища, в свою чергу, пов'язане з використанням при їхній побудові додаткової геометричної та негеометричної інформації: закономірностей викривлення свердловин і под. Це дозволить, наприклад, сформулювати задачу побудови моделі пласта породи або корисної копалини математично в наступному виді: інтерполяція функції двох змінних при відомих значеннях функції і дотичних площинах до неї (або іншої додаткової геометричної інформації) в  $N$  довільним чином розташованих точках, що в свою чергу створить передумови для більш точної і достовірної побудови моделі, а в деяких випадках дозволить виявляти окремі види розривних порушень. Подальший розвиток ця ідея може дістати в створенні методів моделювання поверхонь, що враховують фізичний зміст і негеометричні особливості вхідних даних.

Другим напрямком розвитку ГІС є використання методів і засобів штучного інтелекту (ситуаційне управління, експертні системи і под.). Постановка задачі відновлення поверхні пласта по окремих його точках аналогічна геометричній інтерпретації проблеми навчання розпізнавання образів для тривимірного простору ознак. Викладений вище приклад постановки задачі моделювання пласта з урахуванням дотичних площин, запроваджуючи додаткові обмеження, може зменшити довільність рішення цієї задачі. Пов'язаним з використанням штучного інтелекту напрямком розвитку ГІС є вдосконалення системи надання вхідних даних про родовище. Розвиток полягає в переході від існуючих в нинішній час реляційних баз даних як засобу зберігання інформації до реляційної моделі, що являє собою засіб зв'язку інформації і зберігає дані не просто як окремі відомості, а як особливим чином організовану інформаційну мережу (2). При цьому система може мати елементи інтелекту, якщо в ній реалізовані функції обробки і надання знань.

функції міркування й узагальнення. Ця система повинна бути наділена здібністю накопичувати знання про родовище, класифікувати й оцінювати їх з точки зору прагматичної корисності і непротирічності, ініціювати процеси одержання нових знань і здійснювати їх співвіднесення з раніше відомими. Також систему необхідно наділити можливістю здійснювати поповнення знань шляхом логічного висновку, що віддзеркалює закономірності родовища, або накопичених нею раніше знаннях, одержувати узагальнені знання на підставі більш окремих знань і логічно «планувати» свою діяльність.

Таким чином, подальший розвиток геоінформаційних систем, що орієнтовані на застосування в гірничодобувній галузі пов'язаний з забезпеченням інтелектуальної інтегрованої обробки різних видів інформації про родовище, що зберігається в логічно єдиному автоматизованому фонді, з застосуванням перспективних видів носіїв інформації і засобів її обробки.

Рецензію на статтю склав професор д. т. н. Дорожинський О. Л..

### Список літератури

1. Автоматизация геолого-маркшейдерских графических работ / В.В. Ершов, А.С. Дремуха, В.М. Трость и др. - М.: Недра, 1991. - 347 с.: ил.
2. Васильев В.И., Шевченко А.И. Формирование и распознавание образов, – Донецк: ДонГИПИ, 2000. – 360 с.
3. Глухов А.А., Омельченко А.А., Анциферов В.А. Разработка геоинформационной системы, ориентированной на задачи угледобывающей отрасли // Геология і геохімія горючих копалин. №4 (105) - 1998. - С. 79 - 87.
4. Зиборов В.В. Об особенностях, отличиях ГИС и систем цифрового картографирования / Сборник научных трудов НГА Украины №7, Т. 1. Геоинформационные технологии в горном деле и геологии – Днепропетровск: РИК НГА Украины, 2000. – С. 121 – 125.
5. Ліщитович Л.І., Порев В.М. Про мобільні ГІС технології / Проблеми и перспективы использования геоинформационных технологий в горном деле. Доклады II Международной научно-практической конференции. 15-17 мая 2000 г. – Днепропетровск: РИК НГА Украины, 2000. – С. 78-82.
6. Панфилов А.Л., Голендухин М.Г. Разработка информационно-аналитической системы геологического обеспечения горных работ / Сборник научных трудов НГА Украины №9, Т. 1. – Днепропетровск: РИК НГА Украины, 2000. – С. 125 - 130.

### Анотація

*Виконано огляд стану геоінформаційних систем (ГІС), що використовуються гірничодобувній промисловості України. Розглядаються узагальнені структурні схеми для типових ГІС у вищезгаданій галузі. Подаються основні принципи, важливі для розвитку та покращення таких систем. Перераховуються основні проблеми, що виникають в процесі використання ГІС в гірничодобувній промисловості та подаються підходи до їх вирішення. Визначені тенденції майбутнього розвитку та покращення ГІС, орієнтованих на використання в цій галузі.*