

УДК:528.85

ІНТЕГРУВАННЯ ГЕТЕРОГЕННОЇ ПРОСТОРОВОЇ ІНФОРМАЦІЇ ПІД ЧАС РОЗВ'ЯЗАННЯ НАФТОГАЗОПОШУКОВИХ ЗАДАЧ

С. Станкевич, М. Попов, О. Зайцев, С. Марков

Науковий центр аерокосмічних досліджень Землі ІГН НАН України, Київ, Україна

Ю. Кудашев

Інститут космічних досліджень РАН, Москва, Російська Федерація

О. Дишлик

Інститут географії НАН України, Київ, Україна

Ключові слова: геопросторова інформація, гетерогенність, нафта, газ, інтеграція даних, ДЗЗ.

Постановка проблеми

Основою розв'язання різноманітних тематичних задач дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) – природо-ресурсних та природоохоронних – виступають аерокосмічні зображення, як правило, багато- та гіперспектральні [1]. Проте, окрім аерокосмічних зображень, для розв'язання хоч якоюсь мірою складних тематичних задач потрібні ще й додаткові геопросторові дані – модельні, допоміжні, завіркові тощо. Під час виконання тематичних проектів ДЗЗ кількість шарів та обсяг додаткових геопросторових даних іноді може перевищувати обсяг власне аерокосмічних зображень.

Специфіка використання великої кількості географічно орієнтованої та прив'язаної інформації, яка необхідна для створення геопросторових моделей об'єктів, уточнення дистанційних даних та тематичної інтерпретації отриманих результатів, вимагає застосування сучасних геоінформаційних технологій [2]. Основою таких технологій є комплексне різнобічне дослідження об'єктів (ділянок, регіонів) спостереження з використанням геоінформаційних систем та систем цифрової обробки, зокрема розподілених, задля накопичення достатньої кількості даних щодо об'єктів, які вивчають, коректної інтерпретації цих даних практично на будь-якій стадії, починаючи з підготовчого етапу й закінчуючи створенням аналітичного результуючого продукту.

Під час вирішення тематичних завдань ДЗЗ ми маємо справу з вимірами, спостереженнями, які мають три головні компоненти: атрибути, що описують об'єкт, географічні дані, які дають уявлення про просторове положення об'єкта, і часові дані, що описують момент і період години. Отже, геопросторові дані можна подати як “сировину”, з якої за допомогою спеціальних засобів добувають інформацію. Ця інформація найчастіше подана у вигляді, придатному для обробки автоматичними інтелектуальними або автоматизованими (за часткової участі людини-оператора) системами [3].

Зрозуміло, що здобуття тематичної інформативної інформації з “сировини” геопросторових даних потребує складної сумісної їх тематичної обробки. Але вхідні геопросторові дані майже завжди мають різну фізичну природу, надаються в різних способах

подання (растрові, векторні, текстові), різних просторових і часових масштабах, різних файлових форматах. Тому перед початком тематичної обробки наявні геопросторові дані мають бути тим чи іншим способом інтегровані до єдиного взаємоузгодженого та чітко формалізованого багатовимірного набору – гіперкуба даних. Ця задача є досить складною, навіть за умови наявності всіх потрібних метаданих та описів форматів. При цьому мають враховуватися або принаймні оцінюватися можливі похибки – вхідні, конвертації, інтерполяції, попередньої обробки, застосованих моделей, злиття [4].

Зв'язок із важливими науковими і практичними завданнями

Проблема ефективного інтегрування гетерогенних різноманітних даних є актуальною не тільки для розв'язання нафтогазопошукових завдань. Майже в усіх предметних галузях є задачі, для яких потрібно сумісно опрацьовувати дані різних джерел, і ці задачі, як правило, є важливими та складними. Проблеми “здобування даних” (data mining), що є дуже актуальними сьогодні, також тісно пов'язані з виявленням шляхів ефективного пошуку інтегрування різноманітної інформації.

Аналіз останніх досліджень та публікацій, які стосуються вирішення цієї проблеми

Розробляючи об'єднану е-інфраструктуру геоінформаційних ресурсів, для розв'язання тематичних задач ДЗЗ пропонуємо концептуальну модель сервіс-орієнтованого доступу та обробки геопросторових даних [5], яку можна застосувати також для їх інтеграції.

Можливу архітектуру побудови системи інтеграції аерокосмічних зображень, що отримуються через Інтернет, запропоновано фахівцями Шаньдунського технологічного університету (Китай). Особливістю цієї архітектури є її призначення для функціонування на базі Grid системи, що потенційно забезпечує високу продуктивність та резистентність до великих навантажень. Архітектура містить апаратну складову на основі сервера платформи, серверів прикладних програм та серверів баз даних, і програмну складову, центральною ланкою якої є агентний сервіс Grid системи [6]. Недоліком цієї архітектури є вузька спеціалізація – лише до аерокосмічних зображень, тобто до регулярних растрових даних з добре формалізованими метаописами. Можна прогнозувати, що

при інтеграції поданих іншими способами даних, наприклад векторних або нерегулярних растрових, виникнуть серйозні проблеми з інтероперабельністю.

У роботі [7] розглянуто питання інтеграції гетерогенних геопросторових даних при вирішенні проблем сталого розвитку територій та концептуальні підходи до побудови електронної інфраструктури доступу до гетерогенної просторової інформації, проаналізовано основні проблеми інтеграції різнорідних даних, запропоновано модель інтеграції даних на основі архітектури SOA.

Невирішені частини загальної проблеми

Якщо сумісна тематична обробка багатоспектральних наборів аерокосмічних зображень нині не викликає особливих труднощів, то залучення даних принципово іншої фізичної природи залишається доволі складною проблемою та потребує розробки спеціальних моделей. Крім того, підходи до інтегрування різнорідних даних під час вирішення нафтогазопозукових завдань мають суттєві особливості, які також до кінця не визначені.

Постановка завдання

Завданням досліджень є розроблення визначення підходів до інтегрування гетерогенної просторової інформації при вирішенні нафтогазопозукових завдань.

Виклад основного матеріалу дослідження

Загальна модель інтеграції наземних геопросторових та дистанційних даних

У багатьох задачах сталого розвитку територій, зокрема нафтогазопозукових задачах, необхідно одночасно опрацювати аерокосмічні дані, дані наземних вимірювань, різнорідну текстову інформацію тощо. Це накладає суттєві особливості на всі процеси обробки даних та використання прикладних інструментів, призначених для цього.

По-перше, аерокосмічні зображення, як правило, одержують у цифровій растровій формі, а дані наземних вимірювань, як правило, – у формі наборів просторових відліків на нерегулярній решітці, причому майже завжди нижчої просторової розрізненості. Тому першим етапом інтеграції має бути просторова регуляризація наявних наземних даних до растра аерокосмічного зображення. Сучасні геоінформаційні системи мають для цього цілий арсенал способів – від простої сплайн-інтерполяції до тематичного моделювання [8].

По-друге, відомі моделі інтеграції залишають відкритим питання про порядок сумісної обробки кількісних полів різної фізичної природи. Очевидно, що перед обробкою різнорідні дані треба приводити до певної єдиної кількісно-вимірювальної форми, наприклад, за допомогою різного роду масштабування, нормування та фільтрування. Наприклад, в математичній статистиці прийнято центрувати та нормувати вхідні фізичні дані так, щоб їх дисперсія дорівнювала одиниці. В загальному випадку слід перед обробкою вибрати певний єдиний діапазон допустимих змін даних $[f_{\min} .. f_{\max}]$ та визначити відповідні перетворення F_j , зазвичай лінійні:

$$F_j: [x_{\max j} .. x_{\min j}] \rightarrow [f_{\min} .. f_{\max}] \quad , \quad j = 1 .. m ,$$

де $x_{\max j}$, $x_{\min j}$ – максимальне та мінімальне значення j -го просторового поля, f_{\min} , f_{\max} – верхня та нижня границі єдиного діапазону, m – загальна кількість використаних шарів даних. Додаткову інформацію про раціональне масштабування даних можуть надати позитивні та негативні приклади пошукових об'єктів. Наприклад, інколи можливо підібрати таку систему масштабувальних перетворень F_j , $j = 1 .. m$, яка забезпечить максимальну відмінність набору різнорідних даних від позитивних і негативних прикладів у заданій інформаційній метриці [9].

По-третє, дуже важливим етапом інтеграції є вибір адекватної метрики сумісної обробки даних. Нині для сумісної обробки дистанційних та геолого-геофізичних даних використовують різнорідні статистичні – Махалобіса, Бхатачарія, Чернова [10] тощо, інформаційні – взаємна ентропія, фішерівська інформація [11], тощо та евристичні – нелінійні індекси, топологічні оцінки [12] тощо. В нафтогазопозукових дослідженнях з використанням дистанційних даних добре себе зарекомендувала інформаційна дивергенція Кульбака–Лейблера [13] D :

$$D = \sum_{j=1}^m p_j \log_2 \frac{p_j}{q_j} ,$$

де p_j , q_j – розподіли густин імовірностей j -го з оброблюваних шарів даних для поточного вимірювання та цільового зразка відповідно.

Після того, як визначено процедури просторової регуляризації R_j , $j = 1 .. m$ та масштабувальні перетворення (1) та вибрано інформаційну метрику, наприклад (2), можна провести сумісну обробку дистанційних та наземних геопросторових даних для їх інтеграції. При цьому за вибраною інформаційною метрикою оцінюють верхню межу імовірності можливої помилки ε . Для дивергенції Кульбака–Лейблера значення ε оцінюють за формулою [14]:

$$\varepsilon \leq 2^{-m \cdot D} .$$

Загальний порядок інтеграції m просторових шарів даних пояснюється схемою (рис. 1).

Для виконання просторової регуляризації R_j та масштабувальних перетворень F_j потрібні параметри вхідних Δx_j та цільового растра, а також значення вхідних діапазонів кожного набору даних $[x_{\max j} .. x_{\min j}]$ та єдиного вихідного діапазону $[f_{\min} .. f_{\max}]$ даних. Густина імовірності p_j для обчислення інформаційної дивергенції D оцінюють за вибірковими гістограмами, причому для об'єктів пошуку бажано мати перелік зразкових ділянок даних $z(x)$.

Якщо зразкових ділянок у межах району досліджень немає, оцінювання густин імовірності q_j має здійснюватися або за виявленими аномаліями наборів даних, або за певними додатковими міркуваннями, зовнішніми відносно системи інтеграції даних.

Застосування програмної платформи FME для інтеграції геопросторових даних

Ефективним засобом реалізації процедур інтегрування гетерогенної геопросторової інформації є програмна платформа FME, що дає змогу трансформувати та

конвертувати геопросторові дані більш ніж 250 поширених форматів. FME побудовано так, щоб охопити всі можливі геометричні та атрибутивні перетворення. Платформа дає змогу реструктурувати схему даних, не втрачаючи їх семантики. FME підтримує шаблони конвертації, для повторного використання користувацьких налаштувань конвертації та перетворення даних.

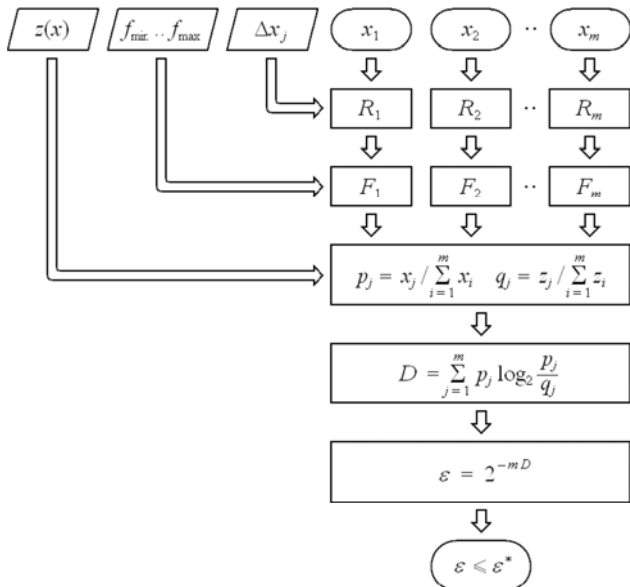


Рис. 1. Інтеграція просторових дистанційних та геолого-геофізичних даних

Можливо працювати зі всім набором даних або ізолювати певні типи функцій або атрибути, а потім визначити програмні тригери для управління даними [15].

Платформа FME складається з трьох програмних модулів:

1. FME Workbench – для створення візуальних схем конвертації даних.
2. FME Quick Translator – для швидкої конвертації даних без можливостей тонкого налаштування.
3. FME Universal Viewer – для візуальної перевірки та перегляду просторових даних.

Основними функціями FME є:

- конвертація форматів – переведення просторових даних з одного файлового формату на інший;
- реструктуризація – перетворення структури вхідних даних (наприклад функція RasterResample забезпечує зміну просторової розрізненості);
- трансформація змісту – додатково до реструктуризації можна маніпулювати змістом даних під час перетворення формату;
- перепроєктування – перетворення геопросторових даних в іншу систему координат.

Програмний комплекс FME дає змогу реалізувати досить складні перетворення даних, що можливо здійснити за допомогою процедур трансформації (так званих трансформерів – рис. 2).

Основні групи трансформерів FME призначено для:

- маніпулювання з рядками, поверхнями та списками;

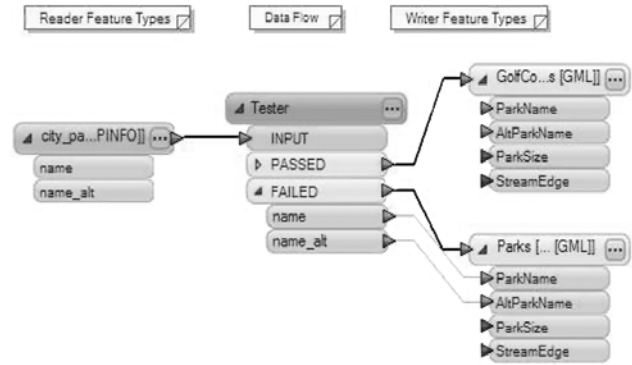


Рис. 2. Приклад використання трансформера в FME

- геометричних операцій з даними та геореференціювання;
- обчислень над растровими даними;
- фільтрації зашумлених даних;
- організації конвеєрів обробки даних;
- взаємодії із мережевими ресурсами та web-сервісами.

У FME можливе гнучке перепроєктування даних (підтримується 5300 датумів) між різноманітними проєкціями, еліпсоїдами і системами координат. Також користувач може визначити власні системи координат.

Приклад інтеграції геопросторових даних під час розв’язання нафтогазопошукових задач

Грамотна інтеграція аерокосмічних зображень та геолого-геофізичних даних спроможна суттєво підвищити ефективність застосування дистанційних методів при розв’язанні геологорозвідувальних тематичних задач [16]. Для розв’язання нафтогазопошукових задач необхідно мати такі основні масиви інформації:

- матеріали ДЗЗ на площу, яка досліджується, результати їх обробки та аналізу;
- технічну інформацію (характеристики та метадані) про системи ДЗЗ та наземну вимірювальну апаратуру;
- схеми профілів, маршрутів, розташування свердловин, доріг, наземних орієнтирів, гідромережі тощо;
- дані наземних та дистанційних фотометричних та спектральних вимірювань, результати їх статистичної обробки та аналізу;
- топографічні, геологічні та структурні карти різних масштабів та видів;
- науково-технічну, промислову та патентну інформацію про досліджувані об’єкти (географічну, геологічну, геофізичну, геохімічну тощо), застосовані прямі та непрямі методи пошуку покладів вуглеводнів [17, 18].

Сучасні технології використання матеріалів ДЗЗ у геологорозвідувальному виробництві ґрунтуються на тому, що аерокосмічна інформація являє собою складову частину геопросторових даних і обробляється разом з іншими поверхнями широкого спектра картографічних і цифрових геологічних, геофізичних, екологічних, геохімічних, метеорологічних та інших даних за допомогою відповідного програмного забезпечення.

Використання технологій ДЗЗ для пошуків нафти і газу потрібно додатково підтвердити геологічною інформацією, оскільки переважно поклади вуглеводнів розта-

шовані на значній глибині від поверхні. Поклади розташовуються у пастках, які можуть бути структурними або неструктурними. Мета дистанційного знімання при пошуках вуглеводнів полягає у виявленні аномалій у геологічній будові, у ландшафті та обґрунтуванні поверхневих індикаційних ознак (індикаторів) глибинної будови літосфери, які, зокрема, можуть вказувати на наявність сприятливих пасток на глибині [19].

Основними постулатами у пошуках нафтогазоносних структур дистанційними методами були й залишаються твердження про неоген-четвертинний час утворення нафтогазових покладів, провідну роль неотектонічного фактора та геофлюїдодинамічних процесів у формуванні родовищ нафти і газу. Ці процеси та явища впливають на формування сучасної земної поверхні та її покриття, що фіксують дистанційні сенсори одночасно на значній території в широкому спектрі електромагнітного випромінювання.

Для застосування інтеграції геопросторових даних для виявлення геологічних об'єктів – площинних структурних утворень з певними геологічними (а також оптичними, морфологічними та іншими) характеристиками потрібні багатоспектральні матеріали дистанційного зондування у різних спектральних діапазонах та різномірні геолого-геофізичні дані [20]. З урахуванням цього можна скласти перелік просторових геолого-геофізичних і геоморфологічних шарів, що мають бути охоплені при інтегруванні з дистанційними даними:

- матеріали багатоспектрального космічного знімання;
- топографічні карти масштабів 1:100 000–1:10 000;
- цифровий рельєф території дослідження;
- різночасові розподіли температури поверхні;
- структурні карти по відбивних горизонтах масштабів 1:10 000 – 1:50 000;
- геолого-промислові дані про продуктивність свердловин;
- геологічні розрізи;
- стратиграфічні колонки;
- дані наземних та дистанційних фотометричних та спектральних вимірювань;
- інформація щодо геоecологічної ситуації в районах досліджень.

Проведення інтеграції тестового набору дистанційних та геолого-геофізичних даних із застосуванням FME

Вхідними даними для інтеграції є просторові шари, що містяться у відповідних файлах різних форматів та систем координат:

- супутникові зображення Landsat/ETM+, 6 спектральних каналів, формат ENVI BSQ;
- рельєф місцевості SRTM v2, формат DEM HGT;
- температура поверхні [K], формат ENVI BIN;
- карти систем лінеаментів, 4 шт. з кроком 45°, формат GeoTIFF;
- карта геологічних підняттяв, формат ENVI BIN;
- карта геологічних горизонтів, формат ArcGIS SHP;
- перелік продуктивних/непродуктивних свердловин, формат ASCII.

Після підключення всіх джерел одержують проект FME, схему якого зображено на рис. 3. В середовищі FME створюються зв'язки між вхідними файлами, перетворювачем та вихідним файлом. В результаті виконання створеного проекту формується вихідний куб геопросторових даних, готових до інтеграції.

Результати інтеграції тестового набору дистанційних та геолого-геофізичних даних

На рис. 4 показано розподіли вхідних просторових шарів дистанційних та геолого-геофізичних даних, перелічених раніше. Загальну модель інтеграції (рис. 1) реалізовано скриптом в обчислювальному середовищі SciLab.

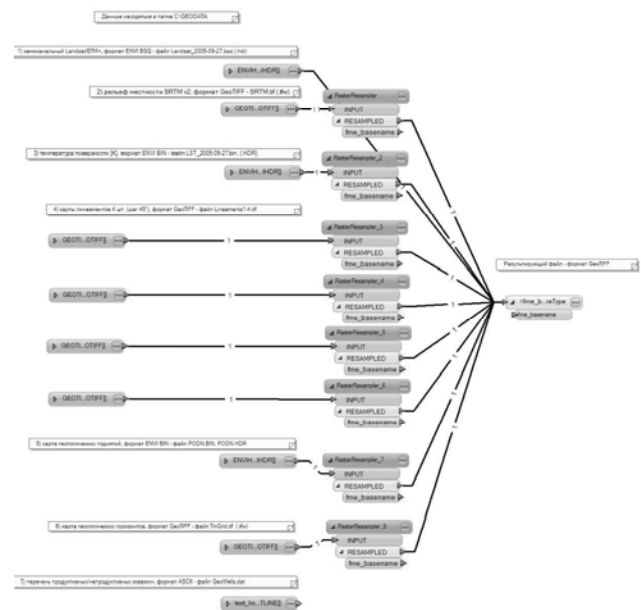


Рис. 3. Схема проекту FME

За результатами інтеграції геопросторових даних тестового прикладу одержано розподіл вихідної імовірності (3), який показано на рис. 5.

В результаті інтеграції одержано графічний образ просторового розподілу інтегрального індикатора дистанційних та геолого-геофізичних даних, який можна трактувати як комплексну оцінку нафтогазоперспективності досліджуваної площі. За результатами розвідувального буріння встановлювали наявність чи відсутність вуглеводнів у прогнозній точці. Оскільки достовірних кількісних характеристик виявлених покладів вуглеводнів немає, оцінювали рангову кореляцію між розподілом інтегрального індикатора та розташуванням продуктивних / непродуктивних свердловин.

Коефіцієнт рангової кореляції Кендала, за даними 22 розвідувальних свердловин, перевищує 0,82, що свідчить про достатню ефективність запропонованої методики [21].

За нашими оцінками та даними попередніх досліджень [22], можна очікувати на високу підтвердженість (на рівні 60–80 %) результатів інтеграції дистанційних та геолого-геофізичних даних під час дослідження нафтогазоперспективності окремих територій.

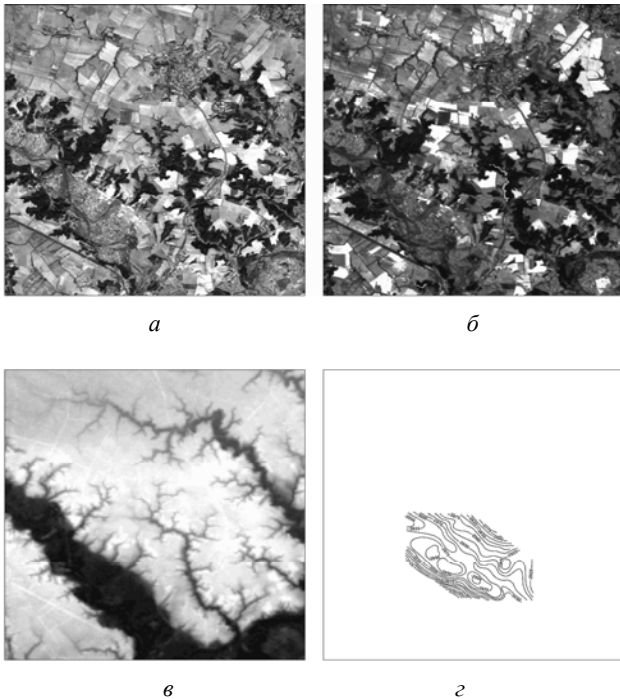


Рис. 4. Вхідні шари дистанційних та геолого-геофізичних даних:
 а – космічне зображення Landsat/ETM+ на територію дослідження, 27.09.2005, просторова розрізненість 30 м;
 б – просторовий розподіл температури поверхні, К;
 в – цифровий рельєф території дослідження;
 г – структурна карта по відбивному горизонту В-26 масштабу 1:50 000

Застосування запропонованої моделі і технології інтеграції дистанційних та інших геопросторових даних полягає в реалізації ідеї підкріплення геоіндикаційних ознак природних утворень та явищ на аерокосмічних зображеннях вимірними наземними даними.

Це дасть змогу підвищити оперативність та об'єктивність дистанційних та польових досліджень під час розв'язання широкого кола тематичних задач ДЗЗ.



Рис. 5. Просторовий розподіл імовірності помилки за результатами інтеграції дистанційних та геолого-геофізичних даних

На схему (рис. 5) нанесено розвідувальні свердловини: + – продуктивні, ° – непродуктивні

Висновки

Запропонований підхід є перспективним для виконання різноманітних завдань, в яких необхідно враховувати гетерогенні дані, як геопросторові, так і негеопросторові. Він дає змогу виконати процедури необхідної гармонізації різнорідної інформації та ефективніше розв'язувати комплексні задачі сталого розвитку. Подальші дослідження слід спрямувати на удосконалення описаних алгоритмів інтегрування гетерогенних даних, а також на розширення використання описаних підходів на інші галузі.

Подяки

Дослідження, викладені в статті, проведено відповідно до спільного Російсько-українського проекту № Ф.40 “Російсько-український сегмент глобальної е-інфраструктури постійного доступу до наукових ресурсів ДЗЗ для вирішення завдань сталого розвитку територій” за фінансової підтримки Російського та Українського фондів фундаментальних досліджень.

Література

1. Багатоспектральні методи дистанційного зондування Землі в задачах природокористування / За ред. В.І. Лялько та М.О. Попова. – К.: Наукова думка, 2006. – 360 с.
2. Геоінформатика / Под ред. В.С. Тикунова. – М.: Академия, 2005. – 480 с.
3. Бурачек В.Г. Основи геоінформаційних систем / В.Г. Бурачек, О.О. Железняк, В.І. Зацерковний. – Ніжин: Аспект-Поліграф, 2011. – 512 с.
4. Lunetta R.S., Congalton R.G., Fenstermaker L.K., Jensen J.R., McGwire K.C., Tinney L.R. Remote sensing and geographic information system data integration: error sources and research issues // Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 1991. – Vol. 57. – № 6. – P. 677–687.
5. Попов М.А., Кудашев Е.Б., Марков С.Ю., Топольницький М.В., Станкевич С.А. Принципы построения объединённой е-инфраструктуры геоинформационных ресурсов для оптимизации процедур решения тематических задач дистанционного зондирования Земли // Материалы 14-й Всероссийской объединённой конференции “Интернет и современное общество”. – СПб.: Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, 2011. – С. 100–106.
6. Cui B., Wang C., Wang Q. Remote sensing images data integration based on the agent service // International Journal of Grid and Distributed Computing, 2008. – Vol. 1. – № 1. – P. 23–29.
7. Попов М., Марков С., Кудашев Е., Дишлик О. Модель використання гетерогенної просторової інформації при вирішенні комплексних завдань сталого розвитку територій // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва: Зб. наук. пр. – Львів, 2012. – № 1(23). – С. 205–210.

8. Пивняк Г.Г., Бусыгин Б.С., Никулин С.Л. ГИС-технология интегрированного анализа разнородных и разноуровневых геоданных // *Доповіді Національної академії наук України*, 2007. – № 7. – С. 115–123.
9. Христодуло О.И. Интеграция и генерализация разнородной территориально распределенной пространственной информации на основе многомерных моделей данных для задач, связанных с управлением природными ресурсами // *Вестник УГАТУ*. – Уфа: Уфимский государственный авиационный технический университет, 2011. – Т. 15. – № 2(42). – С. 39–44.
10. Фукунага К. Ведение в статистическую теорию распознавания образов / К. Фукунага; пер. с англ. – М.: Наука, 1979. – 368 с.
11. Landgrebe D.A. *Signal Theory Methods in Multispectral Remote Sensing*. – Hoboken: John Wiley, 2003. – 520 p.
12. Станкевич С.А. Алгоритм статистичної класифікації об'єктів дистанційного спостереження за їх спектрально-топологічними характеристиками // *Науковий вісник Національного гірничого університету*, 2006. – № 7. – С. 38–40.
13. Архіпов О.І., Станкевич С.А., Титаренко О.В. Картування границь нафтогазоносних ділянок за даними наземного спектрометрування // *Теоретичні та прикладні аспекти геоінформатики*. – К.: Всеукраїнська асоціація геоінформатики, 2009. – С. 123–131.
14. Cover T.M., Thomas J.A. *Elements of information theory*. – N.Y.: John Wiley, 1991. – 564 p.
15. *FME Reference Manual*. – Surrey: Safe Software, 2002. – 520 p.
16. Станкевич С.А., Седлерова О.В. Интеграція дистанційних та геофізичних просторових даних при пошуку вуглеводнів на морському шельфі // *Геоінформатика*, 2007. – № 3. – С. 77–81.
17. *Геофизические методы исследования* / Под ред. В.К. Хмелевского. – М.: Недра, 1988. – 396 с.
18. Бондаренко В.М. *Общий курс геофизических методов разведки* / В.М. Бондаренко, Г.В. Демур, А.М. Ларионов. – М.: Недра, 1986. – 454 с.
19. Корчуганова Н.И. *Дистанционные методы геологического картирования* / Н.И. Корчуганова, А.К. Корсаков. – М.: КДУ, 2009. – 288 с.
20. Станкевич С.А., Титаренко О.В. Методика інтеграції дистанційних та геолого-геофізичних даних при пошуку нафти та газу // *Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского*, 2009. – Т. 22(61). – № 1. – С. 105–113.
21. Кендалл М. *Статистические выводы и связи* / М. Кендалл, А. Стьюарт; Пер. с англ. – М.: Наука, 1973. – 899 с.
22. Popov M.A., Stankevich S.A., Kovalchuk S.P., Arkhipov A.I., Kaushal A., Levchik E.I., Titarenko O.V. Oil deposits mapping using remote sensing / ground data and PCI Geomatics technologies // *Proceedings of the Second Ukrainian Conference with International Participation "Earth Observations for Sustainable Development and Security"*. – Kiev: Osvita Ukraine, 2010. – P. 18–21.

Інтегрування гетерогенної просторової інформації під час розв'язання нафтогазопошукових задач

С. Станкевич, М. Попов, О. Зайцев,
С. Марков, Ю. Кудашев, О. Дишлик

Розглянуто проблеми сумісного використання гетерогенної геопросторової інформації при виконанні завдань пошуку нафти та газу. Розглянуто модель інтеграції аерокосмічної інформації та даних наземних спектральних вимірювань, запропоновано підхід до інтегрування даних з використанням програмного продукту FME, наведено результати експериментальних досліджень.

Интегрирование гетерогенной пространственной информации при решении задач поиска нефти и газа

С. Станкевич, М. Попов, А. Зайцев,
С. Марков, Е. Кудашев, А. Дышлык

Статья посвящена проблемам совместного использования гетерогенной геопространственной информации при решении задач поиска нефти и газа. Рассмотрена модель интеграции аэрокосмической информации и данных наземных спектральных измерений, предложен подход к интегрированию данных с использованием программного продукта FME, приведены результаты экспериментальных исследований.

Integration of heterogeneous spatial information for gas and oil searching

S. Stankevich, M. Popov, A. Zaytsev,
S. Markov, E. Kudashov, A. Dyshlyk

The article is devoted to the problems of mutual use of heterogeneous geospatial information for gas and oil searching. The model of aerospace information and in-situ spectral data integration is assumed, data integration approach using FME software is offered, the results of experimental researches are presented.