



С.М. Кочубей, Т.А. Казанцев // Космічна наука і технологія. – 2011. – Т. 17. – № 3. – С. 54-59.

10. Мовчан, Я.И. Фитоиндикация в дистанционных исследованиях / Я.И. Мовчан, В.А. Каневский, В.Д. Семичаевский [и др.]. – К.: Наук. думка, 1993. – 306 с.

11. Николаевский, В.С. Экологический мониторинг зеленых насаждений в крупном городе. Методы исследований / В.С. Николаевский, Х.Г. Якубов. – М.: МГУЛ, 2008. – 67 с.

12. Попов, М.О. Технічні аспекти визначення стану рослинності урбанізованих територій з використанням дистанційних методів / М.О. Попов, С.А. Станкевич, А.О. Козлова // Матер. доп. Першої Всеукр. конф. з запрошенням закордонних учасників "Аерокосмічні спостереження в інтересах сталого розвитку та безпеки України". – К.: Наук. думка, 2008. – С. 70-75.

13. Попов, М.О. До оперативного оцінювання забезпеченості міських територій зеленими насадженнями із застосуванням багатоспектральних аерокосмічних знімків / М.О. Попов, С.А. Станкевич, А.О. Козлова, І.О. Маркова // Наук. вісн. Нац. аграр. ун-ту. – Вип. 128. – К.: НАУУ, 2008. – С. 299-301.

14. Попов, М.А. Послестартовая калибровка многоспектральной съёмочной аппаратуры спутниковой системы "Сич-2" / М.А. Попов, С.А. Станкевич, С.В. Шкляр [и др.] // Abstracts of 13th Ukrainian Conference on Space Research. – Eupatoria: Space Research Institute, 2013. – 196 p.

15. Правила утримання зелених насаджень у населених пунктах України [Затв. Наказом Міністерства будівництва, архітектури та житлово-комунального господарства України № 105 від 10.04.2006] // Офіц. вісн. України. – 2006. – № 31. – С. 415-456.

16. Сахацький, О.І. До можливостей оцінювання зволоженості земного покриття за багатоспектральними космічними зображеннями оптичного діапазону на прикладі території України / О.І. Сахацький, С.А. Станкевич // Доп. НАН України. – 2007. – № 11. – С. 122-128.

17. Станкевич, С.А. Дистанційне оцінювання кількості рослинності в міських агломераціях / С.А. Станкевич,

І.О. Пестова // Матер. II Наук.-практ. конф. "Наукові аспекти геодезії, землеустрою та інформаційних технологій". – К.: Ун-т новітніх технологій, 2013. – С. 75-80.

18. Тропин, И.С. Численные и технические расчеты в среде SciLab / И.С. Тропин, О.И. Михайлова, А.В. Михайлов. – М.: Федер. агент. по образ., 2008. – 65 с.

19. Хандрига, П.А. Информационно-статистический метод оценивания содержания биохимических компонентов в растительности / П.А. Хандрига, В.А. Яценко // Системні дослідження та інформаційні технології. – 2006. – № 1. – С. 119-132.

20. Apan, A. Detecting sugarcane 'orange rust' disease using EO-1 Hyperion hyperspectral imagery / A. Apan, A. Held, S.R. Phinn, J. Markley // International Journal of Remote Sensing. – 2004. – Vol. 25. – № 2. – P. 489-498.

21. Crist, E.P. The tasseled cap de-mystified / E.P. Crist, R.J. Kauth // Photogrammetric Engineering and Remote Sensing. – 1986. – Vol. 52. – № 1. – P. 81-86.

22. Domaç, A. Integration of environmental variables with satellite images in regional scale vegetation classification / A. Domaç, M.L. Süzen // International Journal of Remote Sensing. – 2006. – Vol. 27. – № 7. – P. 1329-1350.

23. Jensen, R. Using remote sensing and geographic information systems to study urban quality of life and urban forest amenities / R. Jensen, J. Gatrell, J. Boulton, B. Harper // Ecology and Society. – 2004. – Vol. 9. – № 5. – A. 5.

24. Landgrebe, D.A. Information extraction principles and methods for multispectral and hyperspectral image data / D.A. Landgrebe // Information Processing for Remote Sensing. – Hackensack: World Scientific Publishing, 2000. – P. 3-38.

25. Merzlyak, M.N. Nondestructive optical detection of pigment changes during leaf senescence and fruit ripening / M.N. Merzlyak, A.A. Gitelson, O.B. Chivkunova, V.Y. Raktin // Physiologia Plantarum. – 1999. – Vol. 106. – № 1. – P. 135-141.

26. Peñuelas, J. Semi-empirical indices to assess carotenoids/chlorophyll a ratio from leaf spectral reflectance / J. Peñuelas, F. Baret, I. Filella // Photosynthetica. – 1995. – Vol. 31. – № 2. – P. 221-230.

Надійшла 18.02.14

* * *

УДК 553.982.239:53.082.5:519.853.62

О. В. Титаренко

ВИКОРИСТАННЯ ГІС ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ ПОКЛАДІВ ВУГЛЕВОДНІВ ЗА ДИСТАНЦІЙНИМИ ТА ГЕОЛОГО-ГЕОФІЗИЧНИМИ ДАНИМИ

Рассматриваются вопросы применения геоинформационных систем для комплексного использования разных по физической сущности информационных данных для прогнозирования залежей углеводородов. Основное внимание уделяется интегрированию геолого-геофизических данных и материалов ДЗЗ.

The questions of the use of the geographic information systems are examined for the complex use of concerning physical basis different informative data for mapping of hydrocarbons. Basic attention is spared to integration of geological and geophysical data and data of the remote sensing of the Earth.

Постановка проблеми. Енергетичні потреби суспільства у значній мірі забезпечуються за рахунок

нафти і газу. У зв'язку з цим постійно актуальним є питання розвідування, пошуку та прогнозування нових родовищ. Для цього розробляються відповідні технології. Найперспективнішими вважаються

© О. В. Титаренко, 2014



технології прогнозування покладів нафти і газу із використанням матеріалів дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) у комплексі з геолого-геофізичними даними та даними наземного спектрометрування рослинного покриву. Специфіка використання значної кількості географічно прив'язаної інформації, яка необхідна для геологічного інтерпретування отриманих результатів, створення моделей об'єктів та оцінювання нафтогазоперспективності ділянок, вимагає застосування геоінформаційного підходу.

Основою таких технологій є комплексне дослідження нафтогазоперспективних площ з використанням ГІС-технологій для накопичення достатньої кількості даних про об'єкти, що вивчаються, коректного інтерпретування цих даних практично на будь-якій стадії, починаючи з підготовчого етапу й закінчуючи створенням кінцевого продукту.

Аналіз останніх публікацій з даної проблеми. Для просторової регуляризації геолого-геофізичних даних та аерокосмічних зображень у геоінформаційних системах використовуються різні засоби сплайн-інтерполяції, геолого-геофізичного моделювання тощо [4].

Поширені моделі інтегрування залишають відкритим питання про спільне оброблення кількісних параметрів (полів) різної фізичної природи. Очевидно, що перед цим різнопланові дані мають приводитися до певної єдиної кількісно-виміральної форми, наприклад, шляхом масштабування, нормування та фільтрування. Так, у математичній статистиці прийнято центрувати та нормувати вхідні фізичні дані таким чином, щоб їх дисперсія складала одиницю [2, 3].

Дуже важливим етапом інтегрування є вибір адекватної метрики спільного оброблення даних. Наразі при одночасному обробленні дистанційних та геолого-геофізичних даних використовують різні статистичні (Махалобіса, Бхатачарія, Чернова тощо) [7], інформаційні (взаємна ентропія, Фішерівська інформація та ін.) [8] та евристичні (нелінійні індекси, топологічні та ін.) оцінки [5].

Постановка задачі. Дані вимірювань та спостережень за природними ресурсами характеризуються такими компонентами: атрибутами, що описують об'єкт, географічними відомостями, які дають уявлення про просторове положення об'єкта, і часовою складовою, що описує дату і час отримання цих даних. Таким чином, дані можна сприймати як "сировину", з якої вибирають корисну інформацію. Ця інформація подається у вигляді, придатному для оброблення автоматичними засобами або за участю людини.

При вирішенні нафтогазопошукових питань оперують такими основними масивами інформації:

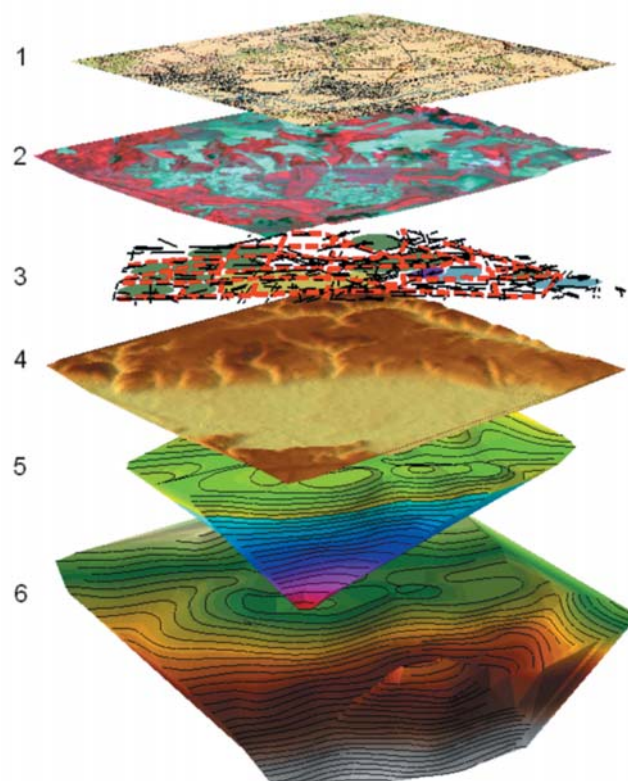
- матеріалами ДЗЗ на площу, яка досліджується, а також результатами їх оброблення та аналізу;
- технічною інформацією (даними) про системи ДЗЗ та наземну вимірювальну апаратуру;
- даними про розташування свердловин, доріг, наземних орієнтирів, гідромережі тощо;

- схемами профілів і маршрутів; даними про наземні та дистанційні фотометричні й спектральні вимірювання; результатами їх статистичного оброблення та аналізу;

- топографічними, геологічними та структурними картами різних масштабів і типів;

- науково-технічною, промисловою та патентною інформацією (географічною, геологічною, геофізичною, геохімічною тощо) про досліджувані об'єкти, отримані різними методами.

Сучасні технології використання матеріалів ДЗЗ у геологопошукових дослідженнях базуються на тому, що аерокосмічна інформація є складовою частиною ГІС і обробляється разом з іншими геопросторовими даними широкого спектра картографічних і цифрових геологічних, геофізичних, екологічних, геохімічних, метеорологічних та інших даних за допомогою відповідного програмного забезпечення (мал. 1).



Мал. 1. Приклад відображення даних у ГІС:
1 – топографічна карта; 2 – космічне зображення; 3 – схема розломно-блокової тектоніки; 4 – візуалізація даних про рельєф; 5, 6 – структурні карти по різних горизонтах

Це дозволяє усунути елемент суб'єктивізму, який має місце при візуальному дешифруванні панхроматичного зображення або окремих спектральних каналів. Інтегрування дистанційних та геолого-геофізичних просторових даних дає змогу автоматизувати процес оцінювання площі, що досліджується, та встановити ступінь її подібності до еталонної ділянки (родовища). Класифікування дистанційних даних з урахуванням геолого-геофізичної



складової дає можливість без створення спеціальних бібліотек для геологічних об'єктів визначати ступінь подібності прогнозних ділянок і типових еталонів на певний регіон та виокремлювати ділянки різного рангу перспективності.

Виклад основного матеріалу. Інтеграція дистанційних, геолого-геофізичних даних і даних наземного спектрометрування рослинності дозволяє суттєво підвищити ефективність застосування дистанційних зображень при вирішенні нафтогазопозушувальних задач. Якщо спільне тематичне оброблення багатоспектральних наборів аерокосмічних зображень зараз не викликає особливих труднощів, то залучення даних принципово іншої фізичної природи потребує розроблення спеціальних моделей.

Аерокосмічні зображення, як правило, одержують у цифровій растровій формі, а геолого-геофізичні дані – у вигляді наборів геопросторових параметрів на нерегулярній решітці, причому майже завжди нижчої просторової розрізненості. Тому на *першому етапі* інтеграції проводиться просторова регуляризація наявних геолого-геофізичних даних до растру аерокосмічного зображення. На *другому етапі* різнопланові дані приводяться до певної єдиної кількісно-вимірювальної форми. Перед обробленням слід обрати один діапазон припустимих змін даних $[f_{\min} \dots f_{\max}]$ та визначити відповідні перетворення F_j , які зазвичай лінійні:

$$F_j: [x_{\max j} \dots x_{\min j}] \rightarrow [f_{\min} \dots f_{\max}]; \quad \forall j = 1 \dots m, \quad (1)$$

де $x_{\max j}$, $x_{\min j}$ – максимальне та мінімальне значення j -го геолого-геофізичного показника; f_{\min} , f_{\max} –

верхня та нижня межі єдиного діапазону; m – загальна кількість використаних геолого-геофізичних полів. Додаткову інформацію про раціональне масштабування даних можуть надати позитивні та негативні приклади пошукових об'єктів. Наприклад, можна підібрати таку систему масштабних перетворень F_j , $j=1 \dots m$, яка забезпечить максимальну відмінність набору різномірних даних від перспективних і неперспективних пошукових об'єктів у заданій інформаційній метриці [2].

На *третьому етапі* вибирається адекватна метрика для оцінювання подібності різномірних даних. При нафтогазопозушувальних дослідженнях з використанням дистанційних даних добре себе зарекомендувала статистико-інформаційна метрика – дивергенція Кульбака – Лейблера D [1]:

$$D = \sum_{j=1}^m p_j \log_2 \frac{p_j}{q_j}, \quad (2)$$

де p_j , q_j – розподіли щільності ймовірностей j -го з полів, що обробляються, даних для поточного вимірювання та цільового зразка відповідно.

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 з набору даних $[x_{\max j} \dots x_{\min j}]$ та єдиного вихідного діапазону $[f_{\min} \dots f_{\max}]$ даних. Щільності ймовірності p_j для обчислення інформаційної дивергенції D оцінюються за вибірковими гістограмами, причому для об'єктів пошуку бажано мати перелік даних, отриманих на еталонних ділянках. Якщо таких ділянок у районі досліджень немає, оцінювання щільності й ймовірності q_j



Мал. 2. Результати інтегрування геолого-геофізичних та дистанційних даних



має здійснюватися за певними додатковими критеріями, зовнішніми відносно системи інтеграції даних.

Після того як визначено процедури просторової регуляризації $R_j, j=1 \dots m$ і масштабні перетворення (1) та обрано інформаційну метрику (2), стає можливим проведення спільного оброблення дистанційних та геолого-геофізичних даних для їх інтегрування (див. мал. 2).

Результатом інтегрування дистанційних та геолого-геофізичних просторових полів даних має бути певна кількісна величина, яка однозначно характеризує близькість m -вимірному просторового сегмента даних до еталонного об'єкта. Так отримується графічний образ просторового розподілу інтегрального індикатора за даними дистанційних та геолого-геофізичних досліджень, який можна трактувати як комплексну оцінку нафтогазоперспективності досліджуваної площі. Просторовий розподіл даної величини – це тематична карта, яка забезпечує інтерпретацію та візуалізацію багатовимірних полів даних різної фізичної природи.

Отримані карти дозволяють площинно в регіональному масштабі визначити ділянки, статистичні характеристики яких найбільше подібні до характеристик еталонного об'єкта – родовища. Після проведеного аналізу та інтерпретування отриманих даних обирають ділянки, які є перспективними щодо наявності нафтогазоносних структур. Результатом є карти оконтурення нафтогазоперспективних об'єктів у масштабах 1:50 000-1:100 000.

Висновки. Проведені дослідження доводять, що комплексне застосування різних за фізичною основою інформаційних даних, тобто їх інтеграція, широко практикується для прогнозування покладів корисних копалин. Під час пошуково-розвідувальних робіт виникає потреба в раціональному інтегруванні результатів геологічних, геофізичних, геохімічних, біогеохімічних та інших видів наземних і дистанційних вимірювань. Прогнозування нафтогазоносних ділянок необхідно проводити з використанням ГІС для спільного аналізу результатів оброблення матеріалів багатоспектрального космічного знімання та геолого-геофі-

зичних даних із застосуванням сучасних методів розпізнавання образів. Це дозволить підвищити оперативність та економічну ефективність нафтогазоперспективних робіт завдяки скороченню витрат на розвідувальне буріння.

Література

1. *Архіпов, О.І.* Картування границь нафтогазоносних ділянок за даними наземного спектрометрування / О.І. Архіпов, С.А. Станкевич, О.В. Титаренко // Теоретичні та прикладні аспекти геоінформатики. – К.: Всеукр. асоц. геоінформат., 2009. – С. 123-131.
2. *Атаков, А.И.* Новые технологии обработки дистанционных геолого-геофизических данных при нефтегазоперспективных работах / А.И. Атаков, Ю.Н. Гололобов, В.Г. Мавричев [и др.] // Матер. 8-ой Всерос. науч.-практ. конф. "Геоинформатика в нефтегазовой и горной отраслях". – М.: ГИСА, 2007 [CD].
3. *Марченко, В.В.* Удосконалювання процесів регіонального прогнозування сировинних ресурсів з використанням банків даних і людино-машинних систем / В.В. Марченко. – У кн.: Проблеми керування розвитком паливно-енергетичного комплексу країн – членів РЕВ. – М., 1982. – С. 198-210.
4. *Пивняк, Г.Г.* ГИС-технология интегрированного анализа разнородных и разноуровневых геоданных / Г.Г. Пивняк, Б. С. Бусыгин, С. Л. Никулин // Доп. Нац. акад. наук України, 2007. – № 7. – С. 115-123.
5. *Станкевич, С.А.* Алгоритм статистичної класифікації об'єктів дистанційного спостереження за їх спектрально-топологічними характеристиками / С.А. Станкевич // Наук. вісн. Нац. гірнич. ун-ту, 2006. – № 7. – С. 38-40.
6. *Станкевич, С.А.* Інтеграція дистанційних та геофізичних просторових даних при пошуку вуглеводнів на морському шельфі / С.А. Станкевич, О.В. Седлєрова // Геоінформатика, 2007. – № 3. – С. 77-81.
7. *Фукунага, К.* Введение в статистическую теорию распознавания образов / К. Фукунага; пер. с англ. – М.: Наука, 1979. – 368 с.
8. *Landgrebe, D.A.* Signal Theory Methods in Multispect, 2003. – 520 p.

Надійшла 12.02.14