

УДК 553.982:681.785.235:519.226

СЕГМЕНТНИЙ АНАЛІЗ ДАНИХ ПОЛЬОВОГО СПЕКТРОМЕТРУВАННЯ В НАФТОГАЗОПОШУКОВИХ ЗАДАЧАХ

C.А. Станкевич, д-р техн. наук,

O.В. Титаренко

(Науковий центр аерокосмічних
досліджень Землі ІГН НАН України)

Запропоновано алгоритм просторового багатосегментного аналізу наборів прецизійних спектрограм, одержуваних в ході польового спектрометрування при вирішенні нафтогазопошукових задач.

Предложен алгоритм пространственного многосегментного анализа наборов прецизионных спектрограмм, получаемых в ходе полевого спектрометрирования при решении нефтегазопоисковых задач.

Algorithm for the multisegment spatial analysis of the precision spectrograms sets registered during field spectrometry in oil and gas exploration is offered.

Вступ

Для оперативного і ефективного картування природного середовища в усьому світі застосовують дистанційні методи, засновані на використанні космічних знімків земної поверхні. Однак для правильної інтерпретації матеріалів космічного знімання необхідна наземна завіркова інформація. Для досліджень в галузі геологорозвідки та екологічного контролю нафтогазового комплексу широко і ефективно застосовується наземне спектрометрування.

Польові роботи дозволяють валідувати результати дистанційних вимірювань і створювати відповідні гібридні методики. Польове спектрометрування часто дозволяє замінити проведення трудомістких і дорогих геохімічних аналізів, які до того ж вимагають спеціального лабораторного устаткування. Крім геологорозвідувальних робіт за даними польового спектрометрування можливо оперативно контролювати інші процеси нафтогазового комплексу — виявлен-

ня витоків, фільтрацій вуглеводнів, тощо. При цьому значно підвищується продуктивність праці, а також стає можливим використання нових технологічних процесів.

Польове спектрометрування збільшує ефективність робіт із установлення наявності запасів вуглеводнів та їх планового розташування в межах ділянки, яка розвідується. Спектрометрування проводиться під час здійснення наземних і аерокосмічних робіт та опирається на виявлення глибинних флюїдів і реакції на них рослинного покриву як одного з чутливих елементів прямих методів виявлення родовищ вуглеводнів. Так можливо значне скорочення обсягів сейсмічної розвідки і етапу розвідницьких робіт.

Крім того, можливе здійснення контролю за мікроритоками із трубопроводів і виявлення урізань. За допомогою наземного спектрометрування виконуються роботи з екологічного контролю місць переробки, зберігання й застосування вуглеводнів.

Постановка задачі

В загальному випадку задача полягає у виявленні статистичної аномалії в даних польового спектрометрування, яка може бути пов'язаною з наявним покладом вуглеводнів. Вимірювання, як правило, здійснюються вздовж просторового профілю, який за попередніми даними має перетнути межу покладу [1]. Теоретично ця задача є досить простою і при достатній кількості вимірювань може бути вирішена шляхом їх стандартної статистичної обробки. На жаль, в реальних умовах вздовж профілю спектрометрування майже завжди розташуються не два, а декілька сегментів, що може визначатися як просторовою структурою покладу, так й зовнішніми факторами — природними (геофізичними, геохімічними, екосистемними) або антропогенними.

В попередніх дослідженнях нами було застосовано обробку вимірювань прецизійних польових спектрометрів СФ-18 та FieldSpec 3FR вздовж просторових профілів на основі двосегментної моделі статистичного розділення спектрограм [2]. Але використання цієї моделі є некоректним у випадку, якщо профіль перетинає декілька статистично різнопідвидів сегментів.

Отже, метою даної роботи є удосконалення моделі статистичного розділення спектрограм на випадок наявності декількох сегментів вздовж просторового профілю польового спектрометрування.

Алгоритм

Нехай наявні вимірювання спектrogram в n точках просторового профілю, який містить декілька статистично різномірних сегментів. Висунемо гіпотезу, що межа двох суміжних сегментів полягає між точками з номерами i та $i+1$, перший сегмент починається з точки $j \leq i$, а другий сегмент закінчується в точці $k \geq i+1$. Тоді імовірність помилки e_{ijk} , тобто переплутування спектrogram сегментів $[j .. i]$ і $[i+1 .. k]$ буде [3]:

$$\varepsilon_{ijk} \equiv \exp(-n_{jk} \cdot D_{ijk}), \quad (1)$$

де D_{ijk} — інформаційна дивергенція між сегментами $[j .. i]$ і $[i+1 .. k]$, n_{jk} — обсяг сумарної статистичної вибірки сегментів $[j .. i]$ і $[i+1 .. k]$, $n_{jk} = k - j + 1$. Інформаційна дивергенція визначається формулою Кульбака-Лейблера [4]:

$$D_{ijk} = \int p_{ij}(\lambda) \ln \frac{p_{ij}(\lambda)}{p_{jk}(\lambda)} d\lambda, \quad (2)$$

де $p_{ij}(\lambda)$ і $p_{jk}(\lambda)$ — розподіли густини імовірності спектральних сигналів всередині сегментів $[j .. i]$ і $[i+1 .. k]$ відповідно.

Отже, для кожного довільного $i = 1 .. n-1$ можна визначити такі оптимальні $j^*(i)$ і $k^*(i)$, які мінімізують імовірність помилки e_{ijk} (1):

$$\{j^*(i), k^*(i)\} = \arg_{j,k} \varepsilon_{ijk}. \quad (3)$$

Схему алгоритму розрахунку оптимальних меж сегментів $j^*(i)$ і $k^*(i)$ показано на рис.1.

Для кожної i -ої гіпотези провадиться $i(n-i)$ розрахунків (2)–(1), з результатів яких вибирається той, що задоволяє умові (3). Всього $3 \cdot (n-1)$ можливих меж сегментів розподіляються вздовж просторового профілю, що ілюструється рис. 2.

Якщо декілька з меж сегментів накладаються одна на одну, то це підвищує достовірність наявності їх розділу само тут. Кількісно підвищення цієї достовірності можна оцінити багатьма різними методами, такими, як розповсюдження помилки як сумисної імовірності незалежних подій, агрегування нечітко-логічних величин, метод максимальної правдоподібності, байесівський вивід, підхід

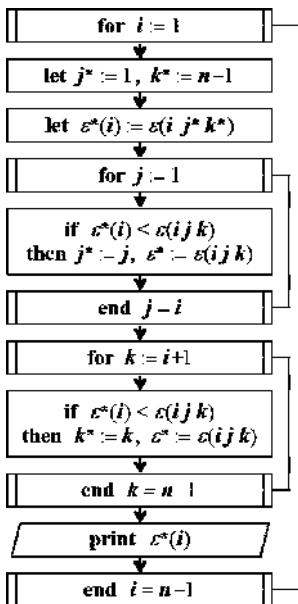


Рис. 1. Схема алгоритму сегментного аналізу даних польового спектрометрування.

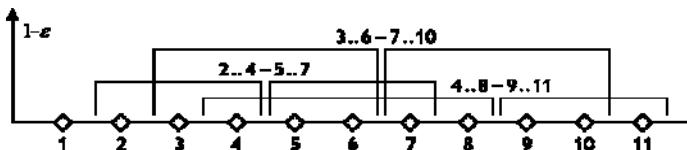


Рис. 2. Просторовий розподіл сегментів даних польового спектрометрування.

Демпстера-Шефера, тощо [5]. Зокрема, в простішій моделі сумісних незалежних подій імовірність помилки e_s в разі збігання s меж сегментів запишеться як

$$e_s = \prod_{r=1}^s e_r. \quad (4)$$

Згортання (4) дозволяє сформувати розподіл вірогідності розташування меж сегментів вздовж просторового профілю і тим самим

одержати прикінцевий результат сегментного аналізу даних польового спектрометрування.

Результати

Для апробації запропонованого алгоритму було проведено спектрометрування рослинності за допомогою сучасного польового спектрометра типу FieldSpec 3FR.

Відбір листя берези здійснювалося 17.06.2009 року за пошуковим маршрутом вздовж лісосмуги (рис. 3). Проведено спектрометрування листя берези в 35 точках уздовж обраного профілю. Просторовий профіль, вздовж якого проводилося вимірювання спектrogramm рослинності, прокладено в межах однорідних рослинних фацій ландшафту, він перетинає продуктивну та непродуктивну ділянки покладу вуглеводнів охрест простягання геологічної структури, що досліджується.

Результати сегментного аналізу даних польового спектрометрування вздовж просторового профілю рис. 3 показано на рис. 4.



Рис. 3. Розташування просторового профілю, вздовж якого проводилося спектрометрування рослинності.

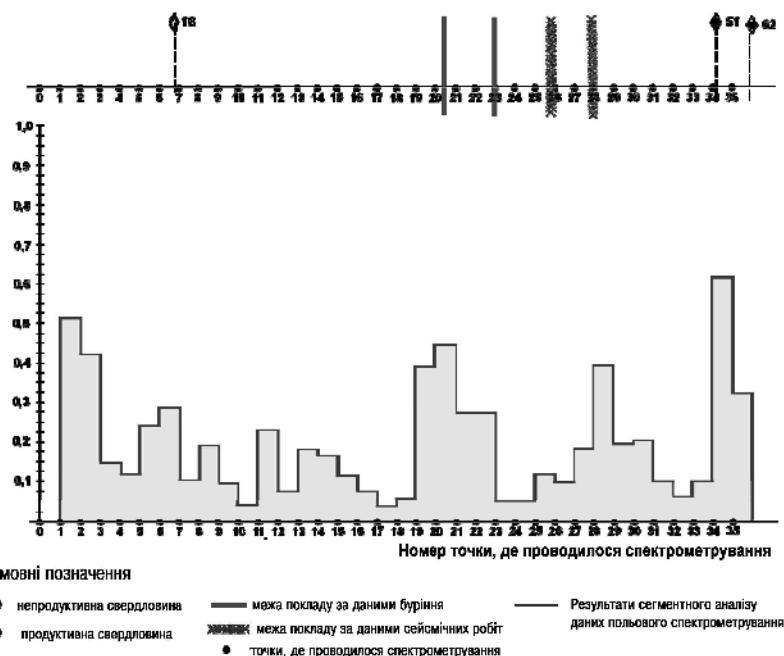


Рис. 4. Результати сегментного аналізу даних польового спектрометрування.

За результатами сегментного аналізу спектрограмм максимальна вірогідність розділу сегментів виявляється в трьох точках просторового профілю — 2-й, 20-й та 34-й. Наявність піків вірогідності у 2-й та 34-й точках пояснюється наявністю там розбурених свердловин (16, 51 та 62 свердловини). На цих ділянках спостерігається значне забруднення території, яке впливає на спектральні характеристики рослин. Висока вірогідність розділення спектрограмм рослинності у 20-ій точці просторового профілю співпадає з межею контуру покладу вуглеводню за даними буріння. Отже, спектрограмми рослинності в точках 1—19 можуть бути віднесені до продуктивної ділянки покладу вуглеводнів, а в точках 19—35 — до непродуктивної, що добре співпадає з наявними геолого-геофізичними даними.

Висновки

Таким чином, запропоновано алгоритм багатосегментного наборів прецизійних спектрограм, одержуваних в ході польового спектрометрування вздовж лінійних просторових профілів при вирішенні нафтогазопошукових задач.

Алгоритм дозволяє виявляти статистичні аномалії рослин за даними польового спектрометрування, що пов'язано з наявним покладом вуглеводнів, у випадку його складної просторової структури.

Подальші дослідження мають бути спрямовані на підвищення вірогідності відокремлення просторових сегментів за рахунок оптимального відбору інформативних спектральних відліків спектрограм або інших їх інформативних ознак.

* * *

1. Архипов А.И. Определение границы контура залежи углеводородов по признаку статистической разделимости спектрограмм растительного покрова / А.И. Архипов, С.А. Станкевич, О.В. Титаренко // Материалы Всероссийской конференции «Дегазация Земли: геодинамика, геофлюиды, нефть, газ и их парагенезы». — М.: ИПНГ РАН, 2008. — С. 33—36.
2. Stankevich S.A. Registration of the spectral phyto-indicative anomaly over oil and gas fields / S.A. Stankevich, A.I. Arkhipov, O.V. Titarenko // Proceedings of the 10th International Conference on Pattern Recognition and Information Processing (PRIP'2009). — Minsk: BSU, 2009. — P. 368—370.
3. Eguchi S. Interpreting Kullback-Leibler divergence with the Neyman-Pearson lemma / S. Eguchi, J. Copas // Journal of Multivariate, 2006. — Vol. 97. — Iss.9. — P. 2034—2040.
4. Basseville M. Distance measures for signal processing and pattern recognition / M. Basseville // Signal Processing, 1989. — Vol.18. — P. 349—369.
5. Jia X. Efficient maximum likelihood classification for imaging spectrometer data sets / Jia X., Richards J.A. // IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 1994. — Vol. 32. — P. 274—281.

Отримано: 17.09.2010 р.