

НОВЫЙ СТРУКТУРНЫЙ АНАЛИЗ ЦИФРОВЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ ПРИРОДНЫХ КОМПЛЕКСОВ

Э.Я. Островский (Лаборатория структурного анализа)

Окончил геологический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова по специальности «геофизические методы поисков полезных ископаемых». Доктор технических наук, профессор, лауреат Государственной премии СССР, специалист в области аэрогеофизических исследований. В настоящее время — научный руководитель Лаборатории структурного анализа.

С.В. Румянцев (Лаборатория структурного анализа)

Окончил физический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова по специальности «теоретическая физика». Кандидат физико-математических наук, специалист в области компьютерных технологий. В настоящее время — ведущий специалист по программному обеспечению Лаборатории структурного анализа.

В.А. Фадеев (Лаборатория структурного анализа)

Окончил факультет электроники Военной инженерной академии им. Ф.Э. Дзержинского по специальности «военный инженер-математик», специалист в области геоинформационных технологий. В настоящее время — руководитель Лаборатории структурного анализа.

Известно, что «изображение» и «воображение» — главные инструменты, с помощью которых осуществляется проникновение в суть явлений окружающего мира.

В современных исследованиях различных природных комплексов все большую роль играют их цифровые изображения (DI): 2D-3D матрицы чисел, объектам которых поставлены в соответствие цифровые значения интенсивности « n » наблюдаемых параметров ($n \geq 1$).

Монна Лиза, рентгеновский снимок внутренних органов человека, отпечаток следа Йети, фрагмент спутниковой съемки планетарного объекта, фотография муравейника, топографическая, геофизическая, другие карты поверхности Земли и т. п. — все это может быть представлено в виде матриц чисел и, следовательно, стать доступным компьютерному «вторжению» для превращения их в источник информации.

Традиционные технологии такого превращения базируются на использовании специальных, адаптивных алгоритмов, с помощью которых DI «приспосаблива-

ется» к внутренней предустановке исследователя: знаниям, опыту, интуиции, ожиданиям, предпочтениям и т. д., позволяющим узнавать известные события. Базовый принцип адаптивного алгоритма — видеть желаемое.

Таким образом, DI автоматически сводится в фокус понимания или точку зрения исследователя, которая представляется ему наиболее подходящей в конкретных условиях. В результате исследователь, пытаясь перейти прямо от исходного DI к его интерпретации («семантике»), сосредотачивается на одних аспектах организации исследуемой DI и неизбежно упускает другие. Это естественная избирательность адаптивного, поверхностного восприятия, которая вкупе с известным «принципом дополнительности», постулирующим неустранимую множественность точек зрения на одну и ту же реальность, создает условия для появления артефактов типа слуховых или зрительных галлюцинаций.

Отмеченные ограничения адаптивных стратегий по превра-

щению DI в источник информации ставят на повестку дня вопрос о необходимости создания альтернатив: абстрактных, независимых от исследователя стратегий для формирования «синтаксиса» DI, которые не меняются при изменении граничных условий наблюдений DI (числа наблюдений, их плотности, параметров наблюдений) и целевых установок исследователя.

В данной статье рассматривается один из возможных подходов к проблеме «синтаксиса». Речь идет о новой разработанной технологии структуризации цифровых матриц, суть которой в неадаптивном упорядочивании объектов произвольной DI путем ее спонтанной редукции к информационно значимому стационарному состоянию — непротиворечивой консистентной структуре (CS) [1–3].

Концепция CS-технологии основана на признании истинности следующих фундаментальных утверждений:

1. Основной информационной единицей, необходимой для описания структуры DI, является **од-**

нородность или сообщество объектов, эквивалентно идентифицированных в пространстве спонтанных, стабильных признаков DI. При этом **спонтанность** означает, что признаки формируются вне зависимости от исследовательской предугаданки, а **стабильность** — наличие их взаимной когеренции, взаимопоглощения.

2. Если неравновесная изолированная система событий не может перейти в состояние с нулевым производством энтропии, она спонтанно эволюционирует к стационарному состоянию, характеризующему минимумом производства энтропии или «наименьшей диссипацией» (теорема Пригожина) [4, 5].

Из обоих утверждений следует, что, если на объектах DI образовать псевдослучайный хаос из всевозможных элементарных однородностей, то последовательности из высококогерентных (минимально энтропийных) однородностей, спонтанно сформировавшиеся в этом хаосе, могут рассматриваться в качестве стабильных признаков — индикаторов стационарного состояния DI.

Объекты DI, эквивалентно идентифицированные этими признаками, объединяются в непересекающиеся сообщества — «ассоциации по смежности». При этом каждый объект может принадлежать одной и только одной «ассоциации». Совокупность всех «ассоциаций» образует уникальную, непротиворечивую консистентную структуру, являющуюся объективным и адекватным источником информации как в отношении целого (исходного пространства DI), так и слагающих его однородностей или частей.

▼ Алгоритм неадаптивной редукции DI

Компьютерная версия «неадаптивной редукции» DI реализуется с помощью р-алгоритма, включающего:

— формирование множества функционально разнообразных трансформаций входного DI (его проекций на функционально разнообразные оси) путем вычисления на DI в скользящем «окне»

значений разнообразных функций: энтропии, дисперсии, градиентов, кривизны и т. д.;

— формирование набора всех матриц-проекций;

— формирование базовых дихотомий: приведение матриц-проекций к бинарному виду путем разбиения множества объектов каждой матрицы на два равномогущих, несовместных подмножества;

— отбор наиболее значимых (наименее когерентных) дихотомий, число которых должно обеспечивать выполнение условия:

$$2^N < K < 2^{N+1},$$

где K — число объектов DI, N — число отбираемых базовых дихотомий;

— образование псевдослучайного Хаоса элементарных однородностей путем всех возможных пересечений базовых дихотомий между собой; полное число элементарных однородностей при этом может достигать величины $(3^N - 1)$;

— отбор спонтанных стабильных признаков, образующих низкоэнтропийные ансамбли в виде последовательностей (цепочек) из взаимовложенных (высококогерентных) элементарных однородностей;

— идентификацию (перекодирование) объектов входного DI теми стабильными признаками, в образовании которых участвуют эти объекты;

— объединение эквивалентно идентифицированных объектов в «ассоциации по смежности»;

— визуализацию образовавшейся уникальной, непротиворечивой консистентной структуры в виде совокупности «ассоциаций по смежности» и отдельных «ассоциаций по смежности» как областей адекватной пространственной экстраполяции, (прогнозирования) для образующих их объектов.

Созданная CS-технология, в отличие от традиционных, может осуществлять редукцию цифровых изображений к стационарной структуре в условиях, когда число наблюдаемых параметров больше одного, т. е. при использовании мультипараметровых, комплексных наблюдений.

CS-технология была успешно использована при прогнозировании и поисках редкометальных, золото-серебряных и углеводородсодержащих объектов по данным комплексных геофизических и сейсмических съемок на территории США, КНР, Узбекистана.

На рис. 1 показан пример формирования CS-структуры по данным многоканальных цифровых наблюдений в одном из районов штата Техас (США): поля силы тяжести, гравиметрического, магнитного и радиоактивного (торий, уран и калий) полей, топографии. На рис. 2 представлена однородность CS-структуры, содержащая объекты прогнозирования. Здесь геометрическим центром круга показан известный объект, пространственные координаты которого были указаны исследователем; красным цветом — возможное местоположение аналогичных объектов.

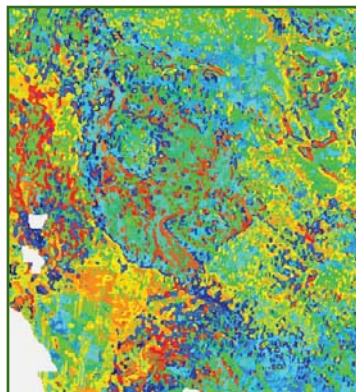


Рис. 1
Консистентная структура комплексной цифровой матрицы

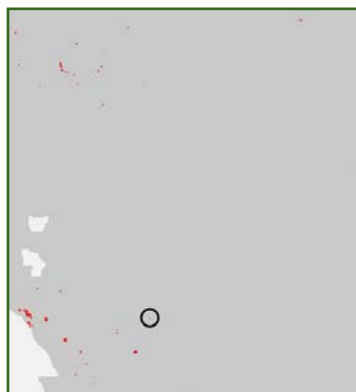


Рис. 2
Прогнозируемые объекты

▼ Области применения CS-технологии

Таким образом, формирование «синтаксиса» цифровых изображений путем их неадаптивной редукции к непротиворечивому (уникальному) стационарному состоянию является технологически новым направлением в области информатизации данных наблюдений природных комплексов. Объективный и адекватный характер получаемого результата позволяет рассматривать CS-технологию в качестве новой стратегии классификации данных — их объединения в устойчивые однородные ассоциации. Сочетание этой технологии с традиционными программами, приспособленными для решения разнообразных семантических задач, позволяет надеяться на обнаружение ранее неизвестных явлений, способных повлиять на устоявшиеся догмы.

CS-технология может эффективно использоваться для:

— **прогнозирования** объектов DI, заданных в качестве цели (поиски полезных ископаемых, участков развития болезнетворных процессов в тканях живого организма и др.);

— **оценки** природных ресурсов;

— **мониторинга** изменений во времени консистентной структуры (экологический мониторинг последствий хозяйственной деятельности и т.п.);

— **усиления** контрастности выявляемых однородностей;

— **поисков** следов упорядоченности (устойчивых однородностей) в сильно шумовых средах (обнаружение и контроль загрязнений водной или воздушной среды, выявление слабоконтрастных структурных «ловушек» в земной коре и т. д.);

— **атрибуции произведений живописи**, в частности, на основе оценки сходства разных DI.

▼ Список литературы

1. Ostrovski E.Y. US Pat. N 5, 606, 499. Feb.25. 1997.
2. Островский Э.Я., Румянцев С.В., ДАН, Геофизика, т. 398, № 3, 2004.
3. Roehl P.O., Ostrovsky E.Y., Weinberg A., Oil & Gas journal, USA, October 25, 1999.
4. Пригожин И. От существующего к возникающему. — М.: Издательство «Восход», 2002.
5. Гленсдорф П., Пригожин И. Термодинамическая теория структуры, устойчивости и флуктуаций. — М.: Мир, 1973.



Лаборатория структурного анализа

109172, Москва,
ул. Гончарная, 26
Тел/факс: (095) 915-15-50,
915-14-57
E-mail: cs-tehno@mail.ru

RESUME

The article is devoted to the foundation and realize of new technology structural analysis for any digital image of the natural complexes.

The technology provides independent exposing of comprehensive (for the border conditions) nonintersected sustainable homogeneities composition on the arbitrary digital image (2D-3D matrix).

This homogeneities composition is the noncontradictory (unique) consistent structure — the objective information source about natural complex investigated.

Группа компаний "Промнефтегрупп"

ЗАО "ПНГео" предлагает весь спектр геодезического оборудования:



- РУЧНЫЕ ДАЛЬНОМЕРЫ
- АКСЕССУАРЫ
- МЕРНЫЕ КОЛЁСА
- НИВЕЛИРЫ
- ТЕОДОЛИТЫ
- ТАХЕОМЕТРЫ
- GPS СИСТЕМЫ

Приглашаем к сотрудничеству региональных партнеров на очень выгодных условиях. Гибкая система скидок.

Тел./факс - (095) 785-01-19, 785-01-20

Web: www.pngeo.ru E-mail: png@sovintel.ru

117638 Москва, ул Сивашская 7 "ГГА"