

- Построение первичной классификации – многообразий элементарных однородностей как пересечения выбранных двоичных фильтров. При программной реализации удобнее представить классификацию как кодовый файл, определяющий первичную классификацию.

- Выделение устойчивых однородностей для первичной классификации. Проводится на основе анализа последовательностей вложенных однородностей. Результаты такого анализа позволяют выделить последовательности, обладающие свойством устойчивости. Примечательно, что, несмотря на большое количество точек, устойчивых последовательностей оказывается несколько десятков. Этот примечательный факт и послужил основой технологии спонтанного структурирования.

- Идентификация объектов DME устойчивыми однородностями – построение ассоциации по смежности.

- Визуализация результатов – возможность графического представления объектов спонтанного структурирования:

- примитивная визуализация – раскраска цифровых матриц по цветовой шкале, пропорциональной значению или площади, занимаемой данным признаком, двухцветная раскраска области по двоичному фильтру или по пространству элементарных множеств, заданных пересечением нескольких двоичных фильтров;

- визуализация уникальной (непротиворечивой) высокоинформативной структуры DME – совокупности непересекающихся ассоциаций по смежности;

- визуализация отдельных ассоциаций по смежности, содержащих объекты, заданные экспертом для прогнозирования.

Опыт применения технологии спонтанного структурирования

Опыт применения основан на развитии алгоритма для возможности применения к исходным данным различной природы. Изначально алгоритм строился применительно к анализу аэрогеофизических данных. В настоящее время допустим анализ сейсмических данных как 2D-формата, так и 3D. Сложностью в трехмерном случае остается визуализация, но эта проблема не связана с алгоритмом и решается преобразованием результатов прогноза в формат программы 3D-визуализации (например, использование элементов типа voxel в VoxelGeo – системе объемной визуализации и детальной интерпретации 3D-данных) (рис. 2) [13].

Для геофизических исследований эксплуатационных нефтегазовых скважин и для данных геофизического опробования необходим модифицированный алгоритм, не использующий меры близости точек исходных данных.



Рис. 2. Исходные данные – GoogleMap. В центре снимка Olympic Dam Mine Cu-Au-U deposit – известное месторождение в Австралии

Fig. 2. Input data is GoogleMap. In the center of the picture is Olympic Dam Mine Cu-Au-U deposit, a well-known deposit in Australia

Отметим, что стремительное развитие вычислительной техники позволяет анализировать аэрокосмоснимки предельных размеров, но в то же время обеспечивает получение исходных данных с труднопредставимыми скоростями. Американская статистика свидетельствует о 9,5 млрд фотографий в день, сделанных только американцами, больше трети фотографий при этом снимается телефоном.

Ограничения на время для обработки одного снимка приводят, как следствие, к ограничению на размер исходных данных, которые могут возникнуть при анализе аэрокосмоснимков в режиме реального времени (рис. 3).

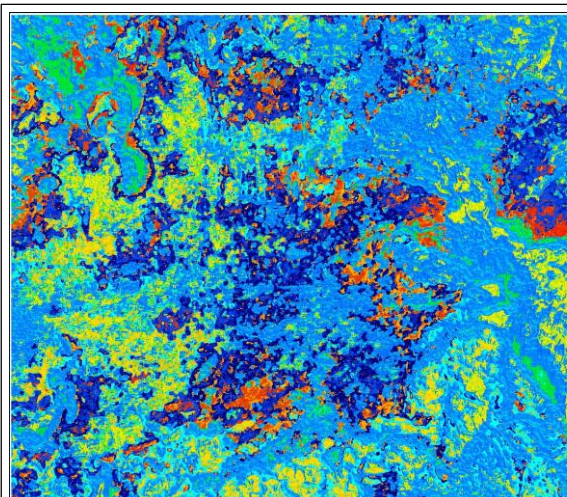


Рис. 3. Результат обработки – consistente структура изображения на рисунке 1

Fig. 3. A result of processing. The consistent structure of the image in Figure 1

Человеческий фактор, или роль эксперта в использовании технологий

Использование технологии, вообще говоря, не зависит от использования вычислительной техники, которая определяет только время, необходимое для анализа, или размеры анализируемой цифровой матрицы. Однако принципиальным является участие в проведении анализа эксперта, то есть развитие технологии рассматривается как создание инструмента, который используется экспертом для решающего заключения.

Заключение

В работе представлено развитие созданной ранее технологии (концепции, алгоритма) спонтанного структурирования произвольной цифровой матрицы, которая может эффективно использоваться для прогнозирования объектов, заданных в качестве целевых (поиск полезных ископаемых, участков развития болезнетворных процессов в тканях живого организма и др.), оценки природных ресурсов, мониторинга изменений во времени consistente структуры (экологический мониторинг последствий хозяйственной деятельности и т.п.) и для усиления контрастности выявляемых однодностей.

Кроме того, технология применима при поиске следов упорядоченности (устойчивых однородностей) в шумовых средах (обнаружение и контроль загрязнений водной или воздушной среды, выявление слабоконтрастных структурных «ловушек» в

земной коре и т.д.) и в атрибуции уникальных произведений искусства, в частности, на основе оценки сходства разных объектов.

Литература

1. Дородницын А.А., Каспицкая М.Ф., Сергиенко И.В. Об одном подходе к формализации классификации // Кибернетика. 1976. № 6. С. 132.
2. Островский Э.Я. Радиоактивные аномалии как индикаторы рудного процесса // Докл. АН СССР. 1975. Т. 221. № 1. С. 201–204.
3. Портнов А.М. О геохимической связи калия и тория в изверженных породах и околорудных метасоматитах // Докл. АН СССР. 1978. Т. 239. № 6. С. 1441–1444.
4. Островский Э.Я., Портнов А.М. Индикаторные свойства геохимической связи калия и тория // Геохимия. 1979. № 5. С. 767–774.
5. Портнов А.М. Радиогеохимический поиск руды // Природа. 1984. № 5. С. 99–105.
6. Островский Э.Я., Румянцев С.В. Спонтанное структурирование цифровых геофизических изображений природных комплексов; прогнозирование полезных ископаемых // ДАН. Геофизика. 2004. Т. 398. № 3. С. 396–399.
7. Островский Э.Я., Румянцев С.В., Фадеев В.А. Новый структурный анализ цифровых изображений природных комплексов // Геопрофи. 2005. № 2. С. 49–51.
8. Островский Э.Я. Асимптотическое прогнозирование на основе дистанционных геофизических исследований // Докл. АН СССР. 1986. Т. 289. № 4. С. 827–836.
9. Гонсалес Р., Вудс Р. Цифровая обработка изображений. М.: Техносфера, 2005. 1072 с.
10. Гонсалес Р., Вудс Р., Эддинс С. Цифровая обработка изображений в среде MATLAB. М.: Техносфера, 2006. 621 с.
11. Гленсдорф П., Пригожин И. Термодинамическая теория структуры, устойчивости и флуктуации. М.: Мир, 1973. 280 с.
12. Федер Е. Фракталы. М.: Мир, 1991. 254 с.
13. VoxelGeo. Объемная интерпретация и выделение тел. URL: <http://www.pdgm.com/products/voxelgeo/> (дата обращения: 02.04.18).

Software & Systems
DOI: 10.15827/0236-235X.123.495-499

Received 04.04.18
2018, vol. 31, no. 3, pp. 495–499

Development of the spontaneous structuring algorithm of natural complex digital images

*E.Ya. Ostrovsky*¹, *Dr.Sc. (Engineering), Scientific Supervisor*
*S.V. Rummyantsev*², *Ph.D. (Physics and Mathematics), Head of Group, Sergey_Rumyancev@srisa.ru*
*V.A. Fadeev*¹, *Director General, cs-tehno@mail.ru*

¹ *Fores Ltd., 109518, Moscow, Russian Federation*

² *Scientific Research Institute for System Analysis of the Russian Academy of Sciences, Moscow, 123182, Russian Federation*

Abstract. The paper considers the way of improving the algorithm of spontaneous formation of a consistent structure on digital matrix objects with observation data of parameters (magnetic, gravimetric, radioactive etc.) of the natural complex under investigation.

In the section “A Spontaneous Structuring Concept: Chaos Self-Organization in Stable Homogeneities – Structure Parts” the authors state the problem. They consider a spontaneous structuring technique that is alternative to traditional technologies and reveals stable properties (signs), creates a unique (only possible) consistent structure.

In the section “The Algorithm of Spontaneous Formation of a Unique Highly Informative Structure” the authors consider the algorithm as a sequence of key stages that form the basis of the technique of the spontaneous formation of a consistent structure.

The section “Experience in Applying Spontaneous Structuring Technique” gives brief overview of technology application.

In section “Human Factor or the Role of an Expert in Using the Technology” the authors emphasize the role of a man as an expert when using the spontaneous formation technology of a consistent structure. The conclusion contains possible applications of the technology.

Thus, technology development (conception, algorithm and software) for consistent structure formation in the form of a set of the non-crossing stable multidimensional homogeneities (contiguity associations) that represents regions of adequate extrapolation (forecasting) of objects in them.

Keywords: forecast, structure, technique.

References

1. Dorodnitsyn A.A., Kaspshitskaya M.F., Sergienko I.V. On an approach to the formalization of classification. *Cybernetics*. 1976, no. 6, pp. 132–140 (in Russ.).
2. Ostrovsky E.Ya. Radioactive anomalies as indicators of the ore process. *Reports of the USSR Academy of Sciences*. 1975, vol. 221, no. 1, pp. 201–204 (in Russ.).
3. Portnov A.M. On the geochemical connection of potassium and thorium in igneous rocks and near-ore metasomatites. *Reports of the USSR Academy of Sciences*. 1978, vol. 239, no. 6, pp. 1441–1444 (in Russ.).
4. Ostrovsky E.Ya., Portnov A.M. Indicator properties of potassium and thorium geochemical connection. *Geochemistry*. 1979, no. 5, pp. 767–774 (in Russ.).
5. Portnov A.M. Radiogeochemical ore search. *Nature*. 1984, no. 5, pp. 99–105 (in Russ.).
6. Ostrovsky E.Ya., Rummyantsev S.V. Spontaneous structuring of digital geophysical images of natural complexes; forecasting of minerals. *DAN. Geophysics*. 2004, vol. 398, no. 3, pp. 396–399 (in Russ.).
7. Ostrovsky E.Ya., Rummyantsev S.V., Fadeev V.A. New structural analysis of digital images of natural complexes. *Geoprosfi*. 2005, no. 2, pp. 49–51 (in Russ.).
8. Ostrovsky E.Ya. Asymptotic prediction based on remote geophysical studies. *Reports of the USSR Academy of Sciences*. 1986, vol. 289, no. 4, pp. 827–836 (in Russ.).
9. Gonzalez R., Woods R. *Digital Image Processing*. Moscow, Technosphere Publ., 2005, 1072 p.
10. Gonzalez R., Woods R., Eddins C. *Digital Image Processing in the MATLAB Environment*. Moscow, Technosphere Publ., 2006, 621 p.
11. Glensdorf P., Prigogine I. *Thermodynamic Theory of Structure, Stability and Fluctuations*. Moscow, Mir Publ., 1973, 280 p.
12. Feder E. *Fractals*. Moscow, Mir Publ., 1991, 254 p.
13. *VoxelGeo. Volumetric Interpretation and Allocation of Bodies*. Available at: <http://www.pdgm.com/products/voxelgeo/> (accessed April 2, 2018).

Примеры библиографического описания статьи

1. Островский Э.Я., Румянцев С.В., Фадеев В.А. Развитие алгоритма спонтанного структурирования цифровых изображений природных комплексов // Программные продукты и системы. 2018. Т. 31. № 3. С. 495–499. DOI: 10.15827/0236-235X.123.495-499.
2. Ostrovsky E.Ya., Rummyantsev S.V., Fadeev V.A. Development of the spontaneous structuring algorithm of natural complex digital images. *Software & Systems*. 2018, vol. 31, no. 3, pp. 495–499 (in Russ.). DOI: 10.15827/0236-235X.123.495-499.