

Исследование почвенных особенностей с помощью фрактальных методов обработки аэрокосмических изображений

В.К. Иванов, Р.Э. Пащенко, С.Е. Яцевич, Е.И. Яцевич, Л.А. Егорова

Институт радиофизики и электроники им. А.Я. Усикова НАН Украины
E-mail: sey59@mail.ru

В работе рассмотрены вопросы фрактальной обработки данных дистанционного зондирования сельскохозяйственных полей. На основе фрактальных методов обработки ИК и радиолокационных изображений показана возможность разделения разных типов почв.

Ключевые слова: почва, дистанционное зондирование, ИК и СВЧ данные, обработка данных, фракталы.

Введение

Эффективное использование природных ресурсов и экологический мониторинг земной поверхности требуют разработки и введения в практику природопользования дистанционных методов определения характеристик почвенного и растительного покровов для нужд сельского хозяйства, изучения лесных массивов и бассейнов больших и малых рек, а также акваторий морей и океанов. Данные дистанционного зондирования служат основным источником информации при подготовке карт землепользования и топографических карт.

Актуальность решения этих задач не вызывает сомнения, так как традиционные контактные измерения не обеспечивают получение информации с достаточной детальностью в пространстве и времени и, кроме того, оказываются трудоемкими.

Решение всех указанных выше проблем невозможно без внедрения дистанционных методов исследования Земли, основанных на анализе структуры сигналов, сформированных в результате отражения или излучения электромагнитных волн природными образованиями, аппаратурой дистанционного зондирования, установленной на борту самолетов-лабораторий и космических платформ.

Дешифрирование аэрокосмических снимков проводят с использованием комплекса прямых и косвенных дешифровочных признаков. Прямые признаки (тон, структура, форма, тени и т.д.) непосредственно изображаются и воспринимаются со снимков при дешифрировании, а косвенные дают возможность установить зависимости между прямыми признаками и закономерностями культурных насаждений, почвенных характеристик и пр.

Космические снимки, имеющие большую обзорность и высокую оперативность, требуют применения автоматизированных методов обработки информации. Основными задачами автоматизированного дешифрирования аэрокосмических снимков являются распознавание объектов и определение их численных характеристик. В автоматизированных системах они решаются методами теории распознавания образов и статистической оценки параметров.

Перспективным путем повышения информативности полученных оптических, инфракрасных и радиолокационных аэрокосмических изображений является применение

методов фрактальной топологии с использованием фрактальных моделей (под ред. Р.Э. Пашенко, 2006; Иванов и др., 2006, а также литература, цитируемая там).

Цель наших исследований – с помощью фрактальных методов обработки аэрокосмической информации выявить возможность индикации гумуса в черноземах по материалам космической съемки.

Экспериментальные исследования и обработка результатов

Оценка содержания гумуса в почвах по данным аэрофотосъемки основывается на связи оптических характеристик с содержанием гумуса в воздушно-сухих образцах (Михайлова, Орлов, 1985). Однако, почти нет опыта индикации гумуса по данным космической съемки (Шатохін, Ліндін, 2000).

Для демонстрации возможностей применения фрактальных методов обработки космических данных для решения вышеизложенных задач нами были использованы данные, полученные в ходе исследований, проведенных сотрудниками НЦ «Институт почвоведения и агрохимии» УААН (Шатохін, Ліндін, 2000). В работе были использованы фоновые материалы института Укрземпроект: почвенный план и план землепользования ($M 1 : 25000$), а также архивные снимки спутника SPOT (HRV). Дешифрованы снимки с разрешающей способностью 20 м, полученные в многоспектральном режиме (видимый и ближний инфракрасный диапазоны спектра), а именно по трем каналам: 1) 0,50–0,59 мкм; 2) 0,61–0,68 мкм; 3) 0,79–0,89 мкм. Во время съемки облачность 0%, поверхность почвы – воздушно-сухая (черный пар).

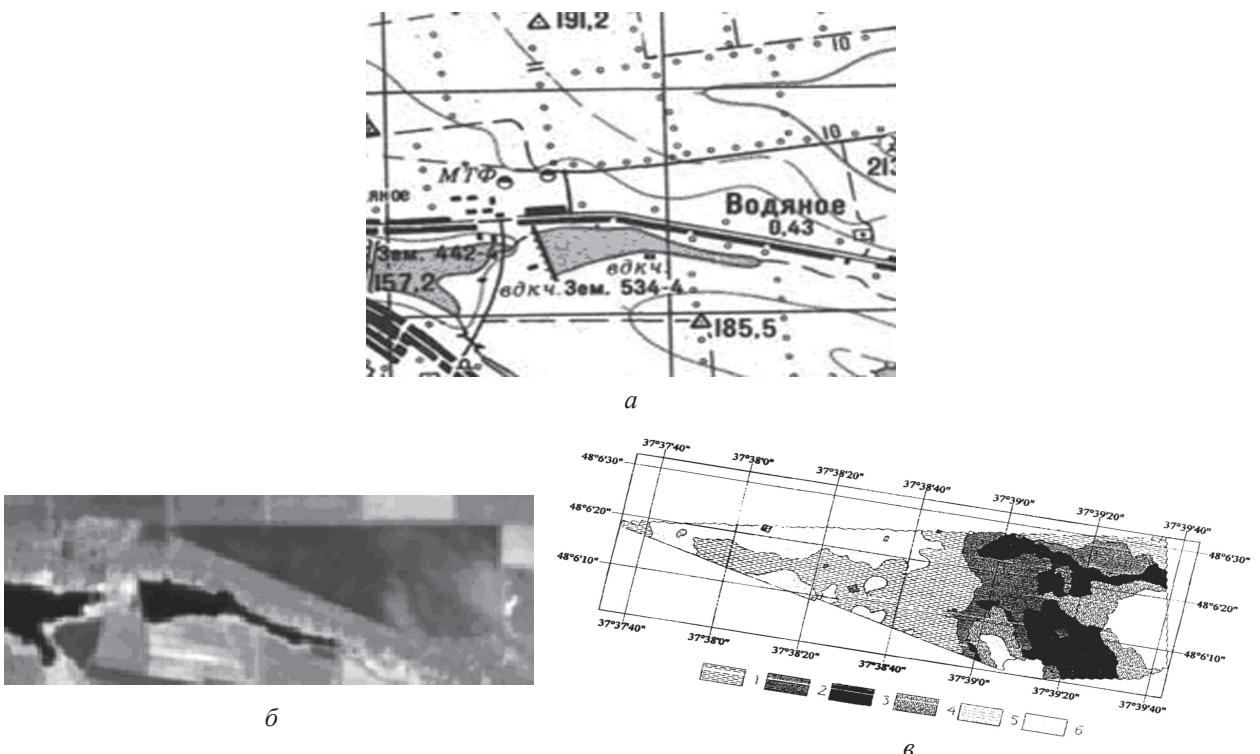


Рис. 1. Исследуемое поле: географическая карта (а), космическое оптическое изображение (б), почвенные ареалы (в)

В работе проанализирован случай, когда в пределах одного поля (*рис. 1*) по данным крупномасштабных обследований, выделено шесть почвенных ареалов. В структуре почвенного покрова этого поля выделены такие черноземные почвы: 1 – намытый среднесолонцеватый на лессовых породах; 2 – обычный слабосмытый на лессовых породах; 3 – обычный неглубокий на лессовых породах; 4 – обычный на рыхлых песчаных породах слабосмытый; 5 – обычный на рыхлых песчаных породах легкосуглинистых; 6 – обычный на рыхлых песчаных породах супесчаный.

Вариаций шероховатости и поверхностной влажности по всей площади поля не наблюдается, что подтверждается и синхронной съемкой, проведенной в миллиметровом диапазоне радиоволн (*рис. 2*) с борта самолета лаборатории ИЛ-18Д ИРЭ им. А.Я. Усикова НАН Украины (под. ред. Конюхова и др., 2007). Данный вывод основывается на отсутствии обратного рассеяния по всей площади тестового поля, а РБО в дальнейшем может быть использован как дополнительный инструмент оценки состояния сельскохозяйственных полей.

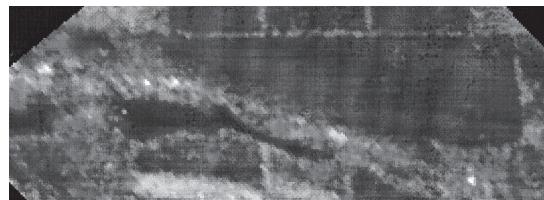


Рис. 2. Изображение тестового поля в миллиметровом диапазоне радиоволн

В пределах шести контрастных по яркости изображений (*рис. 1в*) ареалов отобрано 24 почвенных образца, в которых определены содержание гумуса и гранулометрический состав. С помощью геоинформационной системы в тех же точках данного поля были сняты яркости космических изображений по всем трем каналам.

Установлена тесная связь между содержанием гумуса и физической глины, а также между гумусом и илистой фракцией. Яркость изображения в местах отбора образцов также тесно коррелирует с гумусом, наблюдается теснейшая связь в ближнем ИК-диапазоне. Достаточно тесно коррелируют с яркостью отдельные фракции гранулометрического состава (Шатохін, Ліндін, 2000).

Для выделения почвенных ареалов на изображении в ИК-диапазоне нами был использован аппарат фрактального анализа.

Достоверно установлено, что большое число процессов и явлений в физике и окружающей нас природе может быть представлено с использованием фрактальных моделей (Иванов и др., 2006; Пашенко, 2005). Фактически фракталы встречаются везде, где заканчиваются привычные правильные формы евклидовой геометрии.

Одним из перспективных путей повышения информативности аэрокосмических изображений является применение методов фрактальной топологии, основанной на том факте, что независимо от природы или метода построения у всех фракталов есть ряд общих важных свойств: части фрактальных структур в определенном смысле подобны всей структуре

в целом, а степень изрезанности или сложности фрактальных структур может быть описана неким характеристическим числом – фрактальной размерностью. Данное обстоятельство позволяет применить эти методы для дешифрирования радиолокационных изображений.

Использование фракталов для описания радиолокационных отражений от неровных структур позволяет учитывать различные пространственные масштабы анализируемой поверхности. В (Иванов и др., 2006; Пащенко, 2005) представлены исследования фрактальных структур разнообразных поверхностей. Использование таких моделей предполагает учет парадигмы топологии зондируемого пространства – его фрактальная размерность.

Для создания поля локальных фрактальных размерностей анализируемых изображений была разработана программа, которая позволяет выделять характерные кластеры фрактальных размерностей и отображать их определенным (в нашем случае – белым) цветом. Локальные фрактальные размерности строились для «окна» размером 8 x 8 пикселей с перекрытием 3 пикселя, т.е. использовалось «скользящее окно».

Программа строит гистограмму локальных фрактальных размерностей, для анализируемого ИК изображения (рис. 3), показанную на рис. 4, и позволяет произвольно выбирать диапазоны фрактальных размерностей, используемых при проведении сегментации изображений.



Рис. 3. Изображение тестового поля в ИК-диапазоне

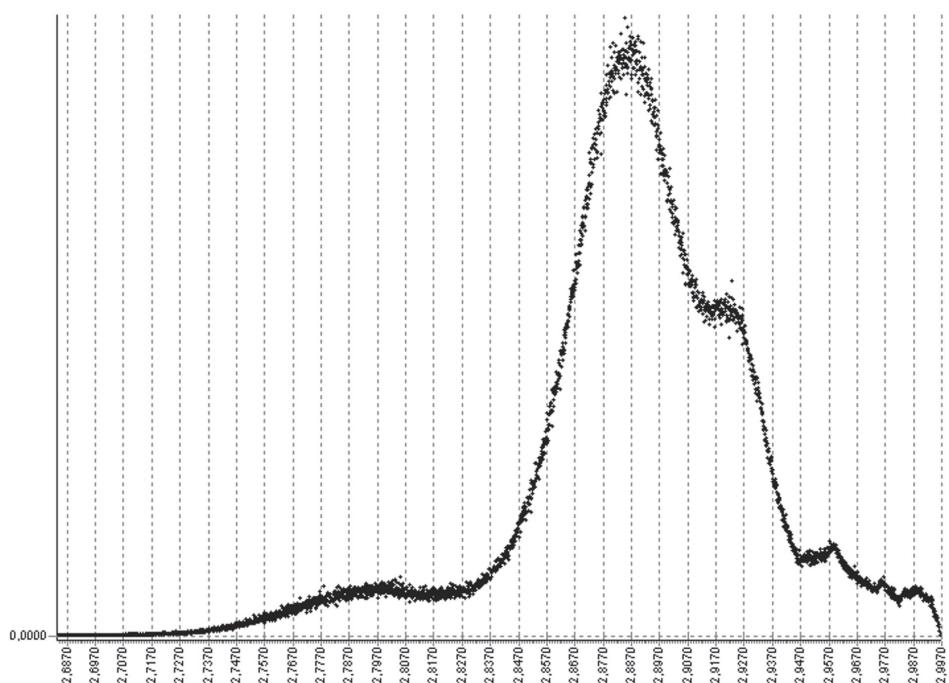


Рис. 4. Гистограмма локальных фрактальных размерностей

На гистограмме по оси X отложена величина фрактальной размерности D, а по оси Y относительная частота наличия фрактальной размерности f_D на анализируемом изображении.

Как видно из *рис. 4*, гистограммы локальных фрактальных размерностей анализируемого изображения имеют ряд характерных особенностей. Локальная фрактальная размерность данного изображения (*рис. 3a*) изменяется от величины $D_a = 2,747$ до величины $D_a = 2,995$. Левая часть гистограмм плавно возрастает до величины $D_a = 2,83\text{--}2,89$, $D = 2,88\text{--}2,91$. Правая часть гистограмм характеризуется резким спадом с тремя ярко выраженными участками относительной частоты фрактальной размерности ($2,92\text{--}2,953$; $2,886\text{--}2,947$, минимум относительной частоты достигается при $D = 2,995$).

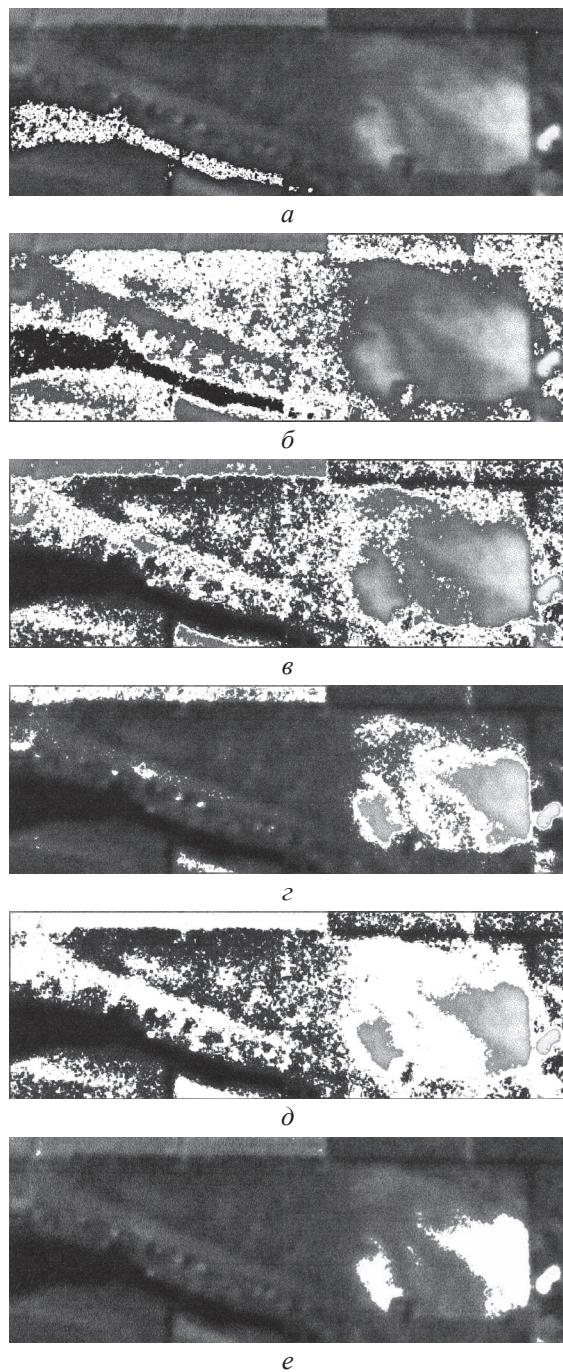


Рис. 5. Селективные изображения для различных диапазонов значений фрактальной размерности: а – $D = 2,747\text{--}2,797$; б – $2,83\text{--}2,89$; в – $2,8847\text{--}2,9145$; г – $2,9203\text{--}2,953$; д – $2,8868\text{--}2,9474$; е – $2,9469\text{--}2,9951$

Проведем анализ характерных особенностей гистограмм локальных фрактальных размерностей анализируемого изображения и построим селективные изображения соответствующих диапазонов изменения величины фрактальной размерности.

Селективные изображения для различных диапазонов значений фрактальной размерности показаны на *рис. 5а–е*.

На селективных изображениях можно уверенно выделить водную поверхность (*рис. 5а*), намытые черноземные среднесолонцеватые почвы на лесовых породах и обычный чернозем на рыхлых песчаных легкосуглинистых и супесчаных породах ($1 + 6 + 5$, *рис. 5б*), намытый среднесолонцеватый чернозем на лесовых породах и на рыхлых песчаных породах легкосуглинистых ($1 + 5$, *рис. 5в*), чернозем обычный слабосмытый на лесовых породах и обычный неглубокий на лесовых породах ($3 + 2$, *рис. 5г*), обычные – слабосмытый на лесовых породах и неглубокий на лесовых породах и на рыхлых песчаных породах слабосмытый ($2 + 3 + 4$, *рис. 5д*), чернозем обычный на рыхлых песчаных породах супесчаный (*рис. 5е*).

Заключение

Показано, что в результате применения ИК и радиолокационной съемки, использования фрактального аппарата для тематической обработки полученных изображений возникает хорошая перспектива мониторинга состояния почв для проведения широкомасштабного обследования гумусного состояния черноземов.

Для более детального разделения почвенных ареалов и уточнения их границ в дальнейших работах необходимо провести дополнительный анализ различных селективных изображений на базе их математического сравнения.

Литература

1. Иванов В.К., Пащенко Р.Э., Яцевич С.Е. и др. Использование теории фракталов для анализа радиолокационных изображений поверхности земли // Успехи современной радиоэлектроники. М., 2006. № 5. С. 17–45.
2. Михайлова Н.А., Орлов Д.С. Оптические свойства почв и почвенных компонентов. М.: Наука, 1985. 118 с.
3. Пащенко Р.Э. Основы теории формирования фрактальных сигналов. Харьков: ХООО НЭО «ЭкоПерспектива», 2005. 296 с.
4. Шатохін А.В., Ліндін М.О. Моніторинг гумусного стану чорноземів за допомогою космічного зондування // Вісник аграрної науки. 2000. С. 14–16.
5. Радиолокационные методы и средства оперативного дистанционного зондирования Земли с аэрокосмических носителей / Под ред. С.Н. Конюхова, В.И. Драновского. В.Н. Цымбала. Киев: Джулла прнт, 2007. 439 с.
6. Фрактальный анализ процессов, структур и сигналов / Под ред. Р.Э. Пащенко. Харьков: ХООО НЭО «ЭкоПерспектива», 2006. 348 с.

**Study of soil characteristics using fractal methods
of aerospace image processing**

V.K. Ivanov, R.E. Paschenko, S.Ye. Yatsevich, Ye.I. Yatsevich, L.A. Yegorova

Institute of Radophysics and Electronics of NAS of Ukraine, Kharkov
E-mail: sey59@mail.ru

Work examines questions of fractal processing of remote sensing of agricultural fields. Based on fractal processing methods of IR and radar image shows the possibility of separating the different types of soil.

Keywords: soil, remote sensing, IR and microwave data, data processing, fractals.