

**КОМПЛЕКСНЫЙ АНАЛИЗ СОЦИО-ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО  
СОСТОЯНИЯ РЕГИОНОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ  
ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ**

Н.С. Абрамов – к.т.н., ведущий научный сотрудник

О.Г. Шишкин – инженер

*e-mail: shishkinog@mail.ru*

*ИПС им. А.К. Айламазяна РАН, г. Переславль-Залесский*

**Аннотация.** В работе предложен комплексный подход к анализу социо-эколого-экономического состояния регионов. Метод предполагает использование различных данных, в том числе, поступающих от систем дистанционного зондирования Земли. Такой подход позволит оценить актуальное социо-эколого-экономическое состояние изучаемого региона и организовать эффективное управление предприятиями в различных отраслях.

**Ключевые слова:** дистанционное зондирование Земли, обработка изображений, анализ, модель, искусственные нейронные сети, мониторинг

**Введение**

На сегодняшний день трудно представить развитие отраслей регионов без тщательного мониторинга и многоуровневого анализа данных. Данные, получаемые в результате дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) с космических и беспилотных авиационных аппаратов, являются важным источником информации. Эти данные могут быть эффективно использованы в сельском хозяйстве, машиностроении, обороне и других отраслях [1-3]. Таким образом, в дополнение к стандартным методам анализа развития региона, использование ДЗЗ как средства формирования информационного обеспечения, позволяет получить объективные данные, необходимые

- для оценки состояния природных ресурсов регионов и других используемых ими потенциальных возможностей;
- для принятия управленческих решений, связанных с вовлечением всех потенциальных возможностей регионов в экономический рост;
- для построения организационно-экономических и организационно-технических мероприятий, обеспечивающих эффективное поведение и развитие различных хозяйствующих субъектов в экономической среде региона.

Настоящая работа посвящена концепции построения такой системы.

## Методы анализа состояния регионов

Применение интеллектуальных систем в обработке и анализе изображений позволяет решать множество задач широкого спектра. Методы обработки ДЗЗ на основе обработки видеопотоков, многоспектральных, монохромных или инфракрасных снимков могут быть использованы для мониторинга и анализа

- состояния земель сельскохозяйственного назначения;
- пожаров, незаконной вырубке лесов;
- загрязнений водных ресурсов;
- незаконных застроек;
- состояния коммуникаций, в том числе газовых, нефтяных и иных трубопроводов;
- прочих изменений в наблюдаемом регионе.

Анализ состояния наблюдаемых регионов позволяет оперативно выявлять изменения ситуации, предотвращая развитие неблагоприятных факторов. Для контроля состояния регионов предлагается использовать следующие методы:

1. Математические модели развития региона [2,3] для оценки и прогнозирования состояния.
2. Метод инвариантных моментов для распознавания ригидных объектов и зон с четкими геометрическими границами [4].
3. Сверточные нейронные сети для выявления зон и объектов интереса [5].

Примеры построения систем анализа состояния наблюдаемого региона на основе данных ДЗЗ показаны в работе [6]. Авторами развита концепция автоматизированного рабочего места как интеллектуальной системы, оснащенной программно-инструментальными средствами для мониторинга территории, обмена данными с информационными источниками, высокопроизводительной обработки информации и поддержки принятия решений на основе анализа текущих и накопленных данных ДЗЗ.

В качестве примера рассмотрим математическую модель засева подготовленных аграрных площадей различными культурами. Рассмотрим задачу линейного программирования.

Пусть даны три типа культур, которые засеиваются на трех площадях:  $x_1$ ,  $x_2$ ,  $x_3$ , имеющих известную выходную прибыль за единицу площади засева:  $a_1$ ,  $a_2$ ,  $a_3$ , соответственно. Целевая функция прибыли, которую мы максимизируем:

$$F = a_1x_1 + a_2x_2 + a_3x_3 \rightarrow \max,$$

при ограничениях:

$$\begin{cases} x_1 + x_2 + x_3 \leq X \\ x_1, x_2, x_3 \geq 0 \\ b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 \leq B \\ c_1x_1 + c_2x_2 + c_3x_3 \leq C \end{cases} \quad (1),$$

где  $X$  – общая доступная площадь для засева площадей  $x_i$  ( $i = 1, 2, 3$ ) под различные культуры,  $a_i$  ( $i = 1, 2, 3$ ) – известная выходная прибыль с трех культур,  $b_i$  – трудовые ресурсы на каждый тип культур за единицу площади,  $B$  – общий доступный объем трудовых ресурсов,  $c_i$  – финансовые затраты на засев и сопровождение роста культур за единицу площади, и  $C$  – общий доступный объем финансов.

Данную задачу можно решить, например, не требовательным к временным и вычислительным ресурсам симплекс-методом. В систему (1) могут быть включены ограничения на производимые в рабочем процессе вредные вещества, в том числе, негативно влияющие на почву, либо риски потерь урожая. Понятно, что с течением времени площади засева могут меняться, как от природных явлений, так и вследствие деятельности человека. Лесные пожары, ураганы и прочие негативные факторы накладывают дополнительные ограничения. Можно уточнять и добавлять новые условия в системе (1), совершенствуя, тем самым, модель в целях повышения благосостояния региона [3].

Для оперативного мониторинга зон, в частности для задачи, рассмотренной выше, предлагается использовать методы инвариантных моментов, которые на сегодняшний день широко используются в различных областях. Возможность извлекать из снимков ДЗЗ инвариантные дескрипторы важна для распознавания объектов независимо от их позиции, масштаба и ориентации на плоскости. Использование алгоритмов, анализирующих контуры с помощью инвариантных моментов, позволяет быстро и качественно распознавать объекты разных классов, кроме того, такие алгоритмы устойчивы к изменениям освещения [4]. Такие методы можно, в том числе, использовать для вычисления площадей и выявления изменений в границах лесных и аграрных зон. При этом отсутствие процесса обучения, низкие требования к вычислительной мощности, малое количество анализируемых признаков (инвариантов), выгодно отличают данные методы. Отметим, что в условиях сильной зашумленности снимков, нечетких границ или наличия сложных текстур наблюдаемой поверхности, данный метод уступает интеллектуальным методам обработки изображений на основе искусственных нейронных сетей (ИНС).

Постоянно растущие объемы пополняемых данных ДЗЗ существенно повысили требования к скорости и качеству передачи и обработки информации. В последнее время

все чаще применяют ИНС, в частности, сверточные нейронные сети (СНС), и технологии высокопроизводительных вычислений. Существуют методы для сжатия целевой информации [7,8], оценки качества снимков ДЗЗ и синтеза улучшенного изображения по серии снимков [9,10]. Отдельно можно упомянуть методы «спектрографической закрашки» (рис. 1), которые хорошо себя зарекомендовали, в том числе, в качестве инструмента классификации зон поверхности Земли [11].

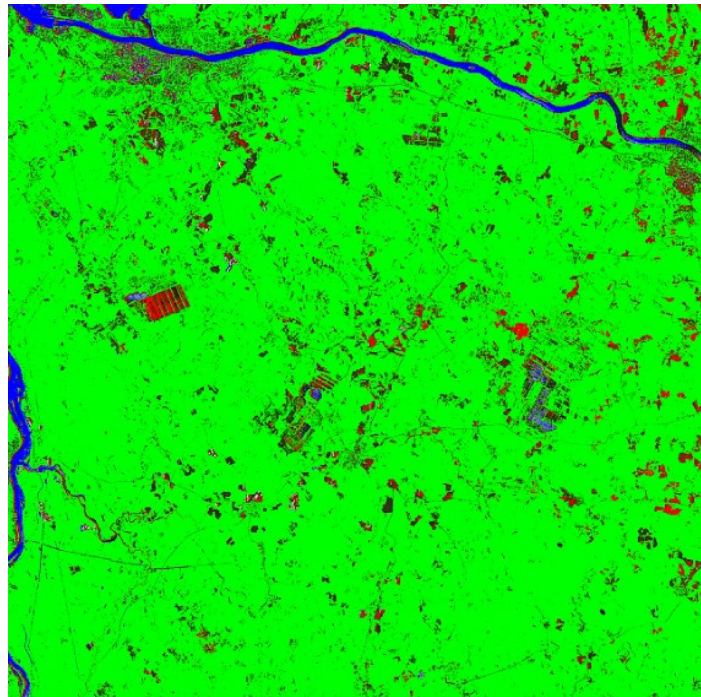


Рисунок 1 — Пример «спектрографической закрашки» различных зон региона

Современные ИНС могут не только классифицировать целевые объекты, но и указывать их позиции на снимке ДЗЗ. Так, в работе [5] описаны исследования по использованию модифицированной СНС типа «Darknet» в задаче обнаружения и распознавания целевых объектов. При этом для ускорения вычислений задействованы графические процессорные устройства как при обучении нейронных сетей, так и при их использовании. Проведенные исследования показали высокую скорость обработки снимка ДЗЗ (от 2 до 6 сек., в зависимости от разрешения) при достаточно высокой точности и полноте распознавания,  $F1$ -мера различных тестов составила от 0.85 до 0.91.

### **Заключение**

Рассмотренная в работе математическая модель — одна из многих возможных экономических моделей, которые могут быть применены в комплексе для анализа благосостояния регионов. Использование данных ДЗЗ дополнительно к стандартным методам анализа состояния региона позволит уточнить модели развития и оперативно реаги-

ровать на изменяющиеся условия, что, в свою очередь, повысит общий уровень экономического развития в сельском хозяйстве, машиностроении и других отраслях наблюдаемого региона.

*Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проекты № 18-29-03011-мк, № 20-07-00022-а) и Программы фундаментальных исследований Президиума РАН «Перспективные физико-химические технологии специального назначения» (проект «Разработка и исследование методов и технологии высокопроизводительного сжатия целевой информации, передаваемой по каналам космической связи в интересах национальной безопасности Российской Федерации»).*

### **Список литературы:**

1. Бо Б. Применение данных ДЗЗ для повышения экономической эффективности планирования сейсморазведочных работ / Геоматика, 2016. URL: <http://geomatca.ru/clauses/4-2/> (дата обращения: 23.03.2020).
2. Абрамов Н.С., Мелехин В.Б., Хачумов В.М., Шишкин О.Г. Использование данных дистанционного зондирования территории Земли для оценки состояния и управления социально-экономическим развитием регионов. – Приборы и системы. управление, контроль, диагностика, №3, 2019, с.65-73.
3. Абрамов Н.С., Мелехин В.Б., Хачумов М.В., Хачумов В.М. Построение многофакторных моделей на основе данных дистанционного зондирования Земли. – Авиакосмическое приборостроение, №12, 2019, с.22-31.
4. Абрамов Н.С., Хачумов В.М. Распознавание на основе инвариантных моментов. – Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Математика, информатика, физика, №2, 2014, с.142-149.
5. Abramov N.S., Talalayev A.A., Fralenko V.P., Shishkin O.G., Khachumov V.M. Neural network technology to search for targets in remote sensing images of the Earth \ CEUR Workshop Proceedings. Vol. 2391. Proceedings of the V International conference Information Technology and Nanotechnology. Session Image Processing and Earth Remote Sensing. Samara, Russia, May 21-24, 2019, pp.180-186.
6. Абрамов Н.С., Агроник А.Ю., Емельянова Ю.Г., Латышев А.В., Талалаев А.А., Фраленко В.П., Хачумов М.В. Методы, модели и программные средства обработки данных космического мониторинга Арктической зоны. – Авиакосмическое приборостроение, №7, 2017, с.38-51.

7. Талалаев А.А., Хачумов В.М. Оценка эффективности сжатия данных ДЗЗ без потерь с применением возможностей библиотеки HDF5. – Авиакосмическое приборостроение, №9, 2018, с.42-49.
8. Лисейцев А.Е., Фраленко В.П., Шишкин О.Г. Восстановление и сжатие информации, поступающей с космического аппарата. – Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика, №11, 2018, с.7-13.
9. Куракин А.В., Фраленко В.П., Хачумов В.М. Нейросетевой метод оценки качества снимков дистанционного зондирования Земли. – Современные наукоемкие технологии, №10, Ч.1, 2019, с.62-67.
10. Куракин А.В., Абрамов Н.С., Карпеш С.В., Хачумов В.М. Метод синтеза улучшенного изображения по серии снимков дистанционного зондирования Земли. – Современные наукоемкие технологии, №10, Ч.2, 2019, с.268-272.
11. Хачумов В.М., Фраленко В.П., Chen Guo Xian, Zhang Guo Liang «Перспективы построения высокопроизводительной системы обработки данных дистанционного зондирования Земли». – Программные системы: теория и приложения, Т.6, №1(24), 2015, с.121-133.