

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОСМИЧЕСКИХ СНИМКОВ ДЛЯ ОЦЕНКИ ИЗМЕНЕНИЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ

**С. А. Мустафин**, к.т.н., **А. А. Зейнуллина\***,  
**М. С. Оскенбай**

Институт проблем информатики и управления  
Евразийский национальный университет им. Л. Н. Гумилева\*

---

Рассмотрены проблемы использования космических снимков в сельском хозяйстве РК, предложено использование интерпретирующего функционала по внешней цели.

**Ключевые слова:** космические снимки, классификация спутниковых систем, интерпретирующий функционал.

— — —

ҚР ауылшаруашылығында ғарыштан түсірілген суреттерді пайдалану проблемалары қарастырылған, сыртқы нысана бойынша интерпретациялаушы функционалды пайдалану ұсынылған.

**Түйінді сөздер:** ғарыштан түсірілген суреттер, спутниктік жүйелерді классификациялау, интерпретациялаушы функционал.

— — —

The article considers problems of the use of satellite imagery in the agriculture of Kazakhstan, suggests the use of explanate composite function on external aim.

**Key words:** satellite images, classification of satellite systems, explanate composite function.

В настоящее время для изучения состояния поверхности Земли активно используются данные дистанционного зондирования Земли (ДДЗ). Задачи, решаемые с их помощью, предусматривают как поиск объектов заданного типа на опреде-

ленном участке поверхности Земли, так и классификацию элементов земной поверхности с использованием яркостных, спектральных и пространственных признаков. При этом изменчивость и разнородность указанных задач по изучаемым объектам и явлениям приводит к необходимости создания узкоспециализированных систем. При традиционном подходе эксплуатация таких систем требует работы высококвалифицированных опытных специалистов, которые зачастую интуитивно строят последовательность операций при решении конкретных задач.

Изображения, получаемые средствами ДЗЗ, используются как источники информации во многих задачах картографирования, навигации, управления, технической диагностики, геологоразведки, сельского хозяйства, экологии и т. д. На их основе может формироваться компьютерная пространственно-распределенная модель территории, предназначенная для решения широкого круга задач эффективного управления хозяйственными ресурсами, контроля за протекающими на ней техногенными и природными процессами и т. д. Модель целесообразно строить в рамках существующих баз данных территориальных геоинформационных систем (ГИС) по этапам, с постепенным усложнением и расширением состава решаемых задач. При этом модель может рассматриваться иерархически, т. е. в крупно-, средне-, мелкомасштабном уровне, а также, в двух вариантах изменения во времени: статическом и динамическом с некоторыми периодами обновления. Каждый этап расширяет круг решаемых задач и требует привлечения данных на более качественном уровне. Для уточнения модели используются уже существующие картографические материалы, данные измерений координат с помощью глобальной навигационной системы.

Системы ДЗЗ различаются по сложности, кругу решаемых задач, степени автоматизации, условиям эксплуатации и техническим характеристикам. В области разработки датчиков и их доставки достигнуты определенные успехи, что привело к пересмотру принципов построения и функционирования систем и к необходимости разработки алгоритмов обработки и анализа изображений.

Во-первых, современные оптические системы с матричными полупроводниковыми датчиками экономичны, надежны и в сочетании с высококачественной оптикой могут обеспечить необходимое разрешение.

Во-вторых, повышение разрешающей способности требует увеличения производительности средств видеоизмерений и, как следствие, необходимы планирование выборочной съемки, ведение базы картографических данных, бортовая обработка изображений с целью выявления точек ориентирования и координатной привязки получаемой информации. Выделенные фрагменты изображений до передачи на Землю должны подвергаться сжатию.

В-третьих, компенсация действия искажающих факторов, вызванных повышением разрешения и скоростью получения информации, является дополнительной нагрузкой на вычислительные комплексы.

Компьютерную обработку изображений принято проводить в 2 этапа.

Предобработка провести выравнивание общего яркостного фона изображения, устранить на исходном изображении помехи и различного рода факты (засветка отдельных участков изображения, разрывы на нем, трещины и т. д.), контрастирование, бинаризацию и выполнить другие преобразования. Операции предобработки изображений позволяют улучшить результат интерпретации изображений, т. е. выходное описание исходного информационного образа должно быть преобразовано для хранения, передачи и анализа этой информации. Основными задачами предобработки изображений в системах ДЗЗ являются:

- радиометрическая коррекция;
- геометрические преобразования;
- представление данных;
- сжатие данных;
- улучшение изображений.

Перечисленные задачи используются повсеместно с учетом уменьшения их влияния на качество изображения. Кроме того, некоторые результаты предобработки применяются при

анализе изображений. Окончательная обработка изображений производится для конкретных прикладных задач.

Оперативная наземная обработка поступающей информации требует применения высокоэффективных специализированных вычислительных систем, налагающих зачастую трудновыполнимые ограничения на алгоритмы обработки. В силу этого анализ видеоданных ограничивается задачей синтеза изображения, анализ и распознавание которого проводятся человеком. Одной из наиболее перспективных областей для использования видеоданных является сельское хозяйство. Сельскохозяйственные культуры хорошо проявляются на космических снимках, а именно хорошо дешифрируются как по текстуре, так и по спектральным характеристикам. Применение методов ДЗЗ в задачах сельского хозяйства имеет давнюю историю и развивается с появлением новых космических аппаратов, методик, методов и алгоритмов. Конечной целью автоматизированных систем такого вида являются контроль состояния культур, прогнозирование урожайности и пр. Однако наш опыт решения подобных задач незначителен. Геоинформационные технологии в управлении используются слабо, хотя методы ДЗЗ широко применяются в других странах [1].

Идея создания национальной космической системы ДЗЗ для мониторинга земель сельскохозяйственного назначения Казахстана назрела давно. С момента образования Национальным космическим агентством Республики Казахстан ведется системная работа по реализации крупных проектов (в состав входит и мониторинг земель сельскохозяйственного назначения), большинство из которых включены в программу ФИИР:

- космическая система ДЗЗ, позволяющая с помощью специальных спутников получать различную информацию, которая будет использоваться во многих областях экономики;
- отечественная спутниковая система «KazSat», которая дает возможность эффективно решать проблемы связи, вещания и мониторинга на всей территории республики;
- сборочно-испытательный комплекс космических аппаратов, целью которого является создание высокотехнологично-

го предприятия для проектирования, сборки и испытаний космических аппаратов;

- космический ракетный комплекс «Байтерек» на базе экологически безопасной ракеты-носителя «Ангара», благодаря которому Казахстан получит независимый доступ в космическое пространство и сможет войти в клуб космических держав мира.

Существующие разработки способствуют развитию отраслевого направления Национальной системы космического мониторинга РК.

Производство яровых зерновых культур в Северном Казахстане основано на неполивном земледелии в степной и лесостепной зонах, где количество годовых осадков колеблется в пределах 250-400 мм. Свыше 11 млн. га посевов сосредоточены в 5 областях общей площадью около 1 млн. км<sup>2</sup>. Основные выращиваемые культуры – яровые пшеница и ячмень, которые занимают свыше 90 % всех посевных площадей. Типичный размер поля 200-400 га. Как правило, зерновые хозяйства имеют 10-30 тыс. га посевов. Оптимальные даты сева – вторая половина мая, уборки – середина сентября. Недостаток увлажнения является базовым фактором, лимитирующим урожайность зерновых культур, которая варьируется в среднем по Казахстану в пределах 0,6-1,4 метрических тонн с 1 га [3].

Управление сельскохозяйственным производством требует наличия объективной и регулярно обновляемой информации. Для адресных инвестиций в агропромышленный комплекс необходимо проведение инвентаризации сельхозугодий. Традиционная система получения данных о состоянии сельскохозяйственных земель является недостаточной. Для учета, инвентаризации и классификации сельхозугодий необходимы специальные сельскохозяйственные планы и карты.

*Инвентаризация сельскохозяйственных земель.* Первоочередными задачами, которые необходимо решить с помощью данных ДЗЗ в аграрном секторе экономики, являются учет и контроль сельхозугодий и создание специальных тематических карт. Сельхозугодья, брошенные, засоренные, зарастающие земли хорошо дешифрируются по текстуре изображения. На-

личие массива архивных снимков также может оказать существенную помощь. Например, можно выявить земли, требующие затрат для возврата в оборот.

В настоящее время для инвентаризации сельскохозяйственных земель и создания специальных карт наиболее перспективны данные со спутника ALOS (Япония). Сенсор PRISM, которым снабжен спутник, в основном и предназначен для картографирования. Каждый из 3-х объективов сенсора (для визирования вперед, вертикально вниз и назад) обеспечивает пространственное разрешение 2,5 м. Для PRISM характерна не только высокая разрешающая способность, но и достаточно широкая (до 35 км) полоса съемки. Наиболее показательным параметром, выделяющим съемочную систему среди других, является высокая точность позиционирования снимков с использованием только орбитальных данных без выполнения каких бы то ни было наземных изысканий. Использование коэффициентов рационального полинома позволяет получать пространственную основу с точностью позиционирования не более 10 м, что вполне удовлетворяет задачам сельскохозяйственного картографирования на среднemasштабном уровне. Оптическая система PRISM, основанная на 3-х зеркалах, не имеет хроматической аберрации по всему полю обзора и дает четкое изображение, что важно для дешифрирования и определения границ различных видов сельхозугодий и земель. Следует отметить, что стоимость цифровых изображений с аппарата «ALOS» ниже, чем с других спутников с аналогичным разрешением. Кроме того, себестоимость камеральных работ при построении изображений для создания картографической продукции незначительна в сравнении с общей стоимостью проекта.

Сельскохозяйственное картографирование с использованием данных ДЗЗ должно обеспечить составление карт 3-х уровней:

- административных районов;
- отдельных хозяйств;
- отдельных угодий (конкретных полей, пастбищ, сенокосов и т. д.).

Технология дешифрирования снимков с целью тематического картографирования достаточно хорошо отработана специалистами компании «Қазақстан Ғарыш Сапары» и на создание сельскохозяйственных карт на Северный Казахстан потребуется не более недели [5].

*Мониторинг состояния сельхозугодий на основе космических снимков.* Это важная и перспективная область применения технологии ДЗЗ в аграрной сфере. Типичными задачами мониторинга состояния сельхозугодий являются:

- обеспечение текущего контроля состояния сельскохозяйственных культур;
- раннее прогнозирование урожайности сельскохозяйственных культур;
- одновременный мониторинг уборки урожая в крупных регионах и др.

Решение этих задач предоставляет пользователю возможность создания реальных границ полей, оценки их характеристик по данным ДЗЗ, проверки наличия сельхозкультур на заданном наборе полей, выявления расхождений между данными. Эти данные обусловлены проведением систематических повторных съемок, удовлетворяющих требованиям периодичности и достаточного разрешения, которые обеспечивают наблюдение за динамикой развития сельскохозяйственных культур и прогнозированием урожайности. При дешифрировании обычно используют информацию об изменении спектральной яркости растительности в течение вегетационного периода и индекс NDVI. Он прост в вычислении, обладает широким диапазоном и хорошей чувствительностью к изменениям в растительном покрове. Это дает возможность получать оценку состояния растений. Тон изображения полей позволяет судить о состоянии растений и принимать соответствующие состояниям решения [4].

Отметим, что текущие результаты мониторинга более ценны при совмещении с актуальными и достаточно точными картами сельхозугодий. Сами же задачи мониторинга решаются при этом эффективнее и с меньшими затратами, так как нет необходимости использовать результаты всех экспедиций для

определения границ полей, и гораздо легче выделить эталонные участки. Для комплекса задач сельскохозяйственного мониторинга вполне подходят данные, полученные спектрорадиометром «MODIS», который установлен на спутниках «Terra» и «Aqua». Данные «MODIS» находятся в свободном доступе и в режиме реального времени распространяются службами США. MODIS имеет 36 спектральных диапазонов с 12-битным радиометрическим разрешением в видимом, ближнем, среднем и дальнем инфракрасном диапазонах и проводит регулярную съемку любой территории с пространственным разрешением 250 м, 500 м и 1 км. Период обращения спутников и ширина полосы съемки обеспечивают глобальное покрытие Земли данными наблюдений, что позволяет получать информацию о сезонном ходе развития растительного покрова во времени. Основной интерес для мониторинга изменения оценки растительного покрова представляют измерения отраженного излучения в красном (0,62-0,67 мкм) и ближнем инфракрасном (0,841-0,876 мкм) спектральных каналах «MODIS» [1-4]. Данные ДЗЗ должны удовлетворять таким условиям, как:

- возможность оперативного получения и обработки;
- высокое и сверхвысокое разрешение для повышения точности определения физических параметров растительного покрова;
- наличие мультиспектрального режима для использования при дешифрировании различий в спектральной яркости;
- достаточно частая периодичность получения.

*Задача классификации спутниковых снимков и их фрагментов* считается одной из основных задач обработки космических снимков и активно используется при мониторинге территорий. Наиболее распространенным подходом к ее решению является классификация пикселей изображения с помощью алгоритмов автоматической классификации, а затем дешифровка полученных результатов для выделения на изображении полей и принятие решения о произрастающих на поле культурах.

Основная постановка автоматической классификации состоит в поиске разбиения выборок объектов (при заданных



признаковых пространствах или матрицах близостей объектов) на классы эквивалентности (классы). Причем эквивалентность объектов класса определяется каждым алгоритмом по своему. Принципы, согласно которым объекты объединяются в один класс, индивидуальны для каждого конкретного алгоритма классификации. Пользователь может в определенных пределах интерпретировать результаты каждого конкретного метода. В отличие от задач распознавания, где существуют единые стандартные критерии оценки алгоритмов, отсутствуют универсальные общепризнанные критерии качества решения задачи классификации. Известны методы классификации, где ищется экстремум некоторого функционала качества разбиения (дисперсионный и родственные ему критерии, определитель матрицы внутригруппового разброса и другие). Метод  $k$ -внутригрупповых средних определяет группировки, где каждый объект находится ближе к среднему своей группировки, чем к среднему любой другой. Данные группировки и объявляются классами. Классы в методах иерархической группировки вычисляются по последовательному объединению более мелких группировок в более крупные. В алгоритме FOREL классом объявляется группировка объектов, принадлежащих некоторой окрестности: центр окрестности совпадает со средним принадлежащих ей объектов.

Таким образом, алгоритмы классификации являются общими, оторванными от предметной области знаний и основанными на формальных построениях. Не существует универсальных алгоритмов классификации: любой алгоритм разрабатывается для определенных структур данных и требует привлечения экспертов.

Нами предложена основа общего универсального подхода идея функционала, интерпретирующего внешнюю цель. Кроме того, опыт работы с алгоритмами построения классификаций показывает, что режим диалога, при котором результаты каждого цикла итерации предоставляются пользователю для выбора параметров, мог управлять процессом классификации, при работе с космическими снимками является ресурсоемким. Поэтому возникла необходимость разработки метода распоз-

навания сельхозкультур для контроля полей на основе информации об изменении индексов растительности в течение вегетационного периода. Данные характеристики связаны с природой конкретного объекта исследования и отражают степень изменения классификаций относительно вариации интерпретирующего функционала – индекса вегетации. Оценка эффективности подхода проводилась с учетом совокупности реальных прикладных задач. Исследования показали достаточно высокую эффективность на проверочной информации по сравнению с другими формальными подходами оценки классификаций.

### Литература

1. *Абросимов А. В., Дворкин Б. А.* Перспективы применения данных ДЗЗ из космоса для повышения эффективности сельского хозяйства в России // GEOMATICS. - 2009. - № 4. - С. 45-49.
2. *Султангазин У. М., Муратова Н. Р., Дорайсвами Р., Терехов А. Г.* Оценка санитарного состояния сельскохозяйственных угодий с помощью ДДЗ // Современные проблемы ДЗЗ из космоса: Сб. науч. ст. - М.: Полиграф-сервис, 2004. - С. 286-290.
3. *Султангазин У. М., Дробжев В. И., Жантаев Ж. И., Суйменбаев Б. Т.* и др. Состояние и перспективы развития космических исследований в Казахстане // Суверенный Казахстан: 15-летний путь развития космической деятельности: Матер. Междунар. науч. конф. - Алматы: ИКИ, 2006. - С. 3-11.
4. *Зейнуллина А. А.* Обработка космических снимков и анализ вегетационных индексов // Новости науки Казахстана. - 2008. - № 3. - С. 113-122.
5. [http://www.gharysh.kz/article\\_20.html](http://www.gharysh.kz/article_20.html).