

## АЛГОРИТМ ЭКСПРЕСС-АНАЛИЗА СОСТОЯНИЯ РАСТИТЕЛЬНОСТИ ПО ИЗОБРАЖЕНИЯМ

**Введение.** Одной из наиболее значимых областей приложения методов обработки изображений является точное земледелие, которое позволяет снизить материальные и другие затраты в задачах, связанных с выращиванием и прогнозированием урожаев, мониторингом уровня всхожести посевов и др. Решение этих задач подразумевает использование геоинформационных систем (ГИС), в которых совмещаются необходимые методы для обработки изображений [1].

При принятии решений в процессе мониторинга сельскохозяйственных полей основным является распознавание пораженных заболеваниями участков. Для решения данной задачи предложено использование программно-аппаратного комплекса, мощности которого представлены мобильной системой и сервером. Данный комплекс предназначен для сбора информации и ее обработки с целью объективного контроля за состоянием сельскохозяйственной растительности. Серверная часть предполагает использование мощного компьютера. Она представлена подсистемами параллельной обработки изображений и принятия решений. Первая из них включает в себя наиболее часто используемые методы обработки фотоаэроснимков, вторая – отвечает за выбор способа построения информационных признаков на основе данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), а также выделение площадных объектов, их распознавание и формирование управляющего решения в ГИС. В результате эксперт (агроном, агрохимик) получает возможность детального изучения обработанных фотоаэроснимков различными методами, сэкономив при этом время на обработку за счет распараллеливания на современных вычислительных системах.

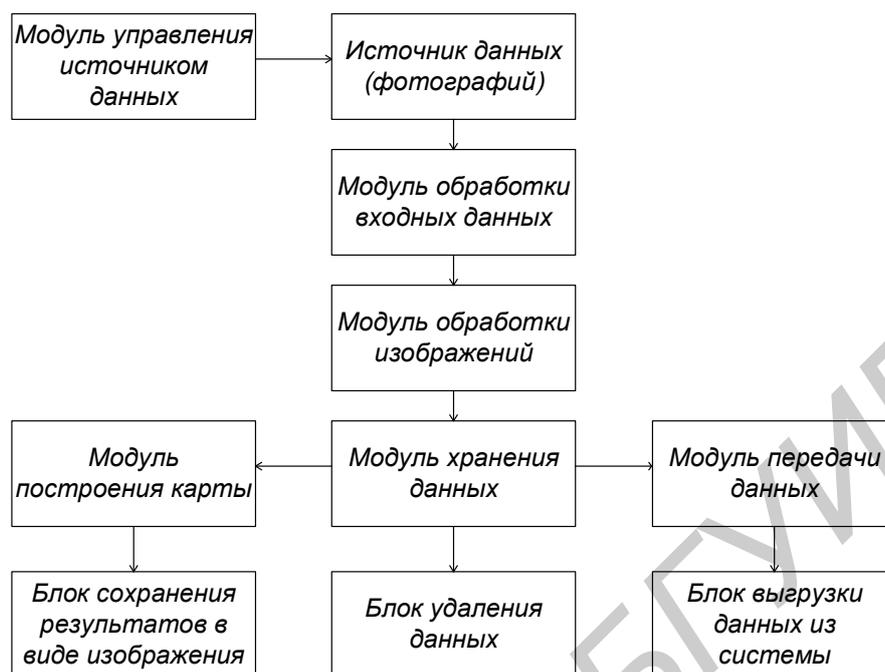
Мобильное приложение (мобильная подсистема) – это программные средства, предоставляющие возможность отображать информацию о состоянии сельскохозяйственной растительности на карте, которая является набором упорядоченных по географическим координатам цифровых фотографий. Данная подсистема оснащена возможностью экспресс-оценки состояния растительного покрова и определения зон (сегментов) с нарушением фотосинтеза, позволяет получать наглядную информацию о состоянии растительности в рамках целого поля или о его отдельных участках. Скорость обработки данных обуславливается нахождением мобильной платформы непосредственно у изучаемого участка – цифровые фотографии попадают в систему сразу после окончания процесса съемки, без их длительной транспортировки на сервер. В процессе обработки эксперт формирует выборки необходимых для дальнейшей обработки фотографий, уменьшая количество поступающих на вход сервера данных.

Источником данных был выбран беспилотный летательный аппарат (БПЛА), но не исключено использование современной сельскохозяйственной техники и средств ДЗЗ [2]. Главным требованием к источнику данных является возможность использовать информацию со спутников глобального позиционирования и добавлять ее к изображениям.

В статье предложена структура мобильного приложения и алгоритм экспресс-анализа состояния сельскохозяйственной растительности. Использование мобильной платформы позволяет ускорить принятие решений при мониторинге состояния растительности данных за счет более ранней обработки и экспресс-анализа, проводимых уже на этапе получения информации, а также за счет сокращения объема данных, посылаемых для обработки на сервер.

**Структура мобильного приложения.** Разработанное мобильное приложение включает пять основных модулей (рис. 1):

приемки и передачи информации, обработки изображений, построения карты, хранения данных, управления БПЛА.

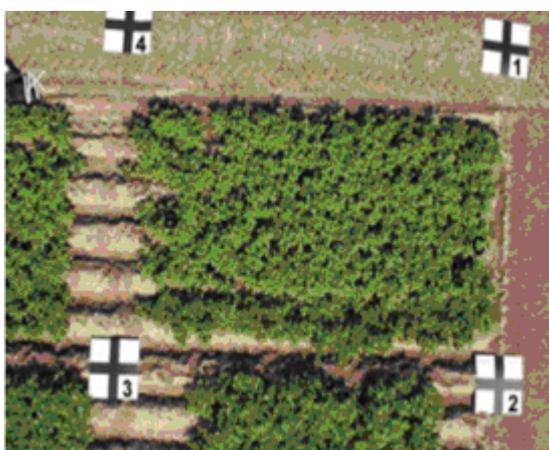


**Рис. 1.** Структурная схема мобильного приложения

В реальном масштабе времени принимаются данные:

- от глобальной навигационной спутниковой системы, которая определяет, на каком участке поля она находится, и записывает координаты в файл с фотографией согласно стандарту EXIF, позволяющему добавлять к изображению метаданные, например, сохранить полученные с приемника GPS-координаты места съемки;
- цветной камеры видимого диапазона. Система может в реальном времени корректировать данные карты особых областей, принимая более точные сведения, что увеличивает эффективность решения задачи.

Пример снимка приведен на рис. 2. Как видно, возможно наличие специальных меток, которые позволяют не только определять участок для исследований без использования глобального позиционирования, но и вычислять пространственное разрешение снимков – размер наименьшей структуры на сфотографированной поверхности, наблюдаемой на изображении, а, следовательно, и масштаб карты.



**Рис. 2.** Пример аэрофотоснимка с высоты 50 метров

Основой концепции точного земледелия является тот факт, что состояние растительных покровов является неоднородным в пределах одного поля. Для оценки и детектирования этих неоднородностей используются новейшие технологии, такие как системы глобального позиционирования (GPS, ГЛОНАСС), специальные датчики, аэрофотоснимки и снимки со спутников, а также специальные программные системы на базе ГИС [3].

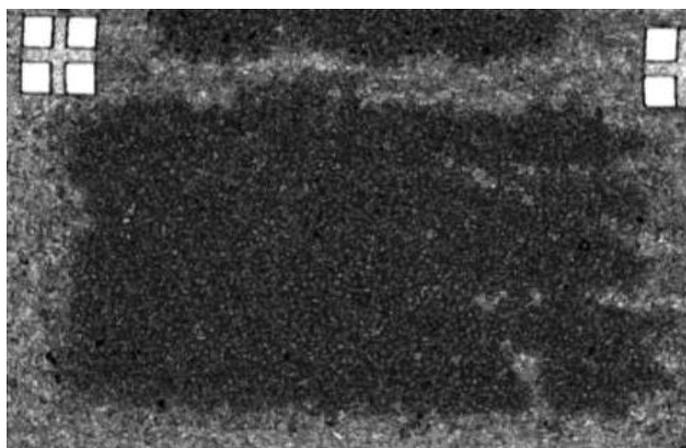
В общем виде технология точного земледелия выглядит следующим образом: спутник или БПЛА сканирует сельскохозяйственные площади. В зависимости от палитры цветов узнают о состоянии растительности, создается электронная карта поля, которая загружается в робототехническое устройство, находящиеся на сельскохозяйственном агрегате. При прохождении по полю, специальная программа компьютера, управляющего агротехническими агрегатами, считывает изображение, идентифицирует с реальной площадью и там, где встречаются проблемные участки, автоматически либо обогащает их соответствующими минеральными удобрениями, либо вносит требуемые средства защиты растений.

**Алгоритмы экспресс-анализа состояния растительных покровов.** Для выполнения распознавания пораженных заболеваниями участков сельскохозяйственных полей необходимо решить следующие задачи:

- разработать алгоритмы предварительной обработки и выделения информативных признаков объектов на изображениях сельскохозяйственных полей;
- разработать алгоритмы анализа изображений (кластеризации изображений, идентификации и классификации объектов на изображениях).

На рассматриваемых изображениях можно выделить объекты следующих классов: почва, здоровая растительность, заболевшие растения. Анализ цветовых характеристик различных типов объектов на снимках показал, что они отличаются незначительно в пределах одного типа и не зависят ни от высоты, с которой производится съемка, ни от времени съемки. В то же время, для разных типов объектов эти характеристики имеют определенные различия. Это различие в цветовых характеристиках и предлагается использовать для мониторинга.

В ряде случаев площадные объекты на снимках могут иметь не только сложную форму, но и сложный состав спектральных характеристик. Поэтому цветовые характеристики дополняются текстурными и фрактальными характеристиками. В ходе экспериментов установлено, что из текстурных характеристик Харалика [4] целесообразно выделять пять главных компонент, которые позволяют выделить на исходных снимках однотонные объекты и сформировать карты растительности, отделяя растительность от почвы. На рис. 3 приведен пример изображения характеристики для снимка, показанного на рис. 2.



**Рис. 3.** Изображение первой главной компоненты текстурных характеристик

Таким образом, в качестве признаков используются цветовые RGB-каналы (три признака), HSV-каналы (три признака), фрактальные размерности (количество зависит о размерности), текстурные (5 признаков).

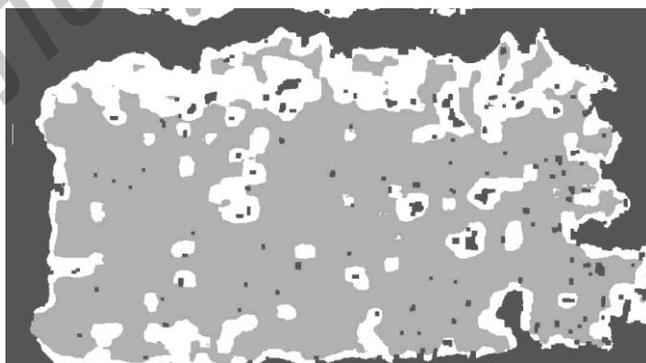
Обработка изображений заключается в сегментации (выделении однородных по своим цветовым или спектральным признакам) объектов изображения (группы пикселей) и отнесении их к тому или иному заранее определенному классу (рис.4). В зависимости от используемых данных алгоритмы обработки изображений могут быть точечного, локального или глобального типа. Первые работают с отдельными пикселями изображения без учета остальных. Вторые, включающие операции масочного типа, работают с некоторой областью изображения, например, квадратной областью размером 3×3 пикселей. Третьи используют при работе значения всех пикселей исходного изображения.

Важной особенностью получаемых снимков является их большой размер, что, вместе с ограниченными вычислительными ресурсами компьютеров, накладывает определенные требования к алгоритмам обработки данных изображений: возможности их оперативной обработки и распараллеливания, ограничения по типу (точечный, локальный или глобальный) и сложности алгоритмов [5, 6].

С точки зрения вычислительной сложности и необходимости лишь экспресс-анализа на мобильном компьютере предпочтительно использовать алгоритм точечного типа.

Алгоритм обработки состоит в следующем.

1. БПЛА согласно заданным параметрам совершает облет поля и предоставляет фотографии на вход системы. Происходит формирование выборок, если это необходимо.
2. На выбранной пользователем фотографии задаются основные параметры – выбирается пять эталонных цветов, их диапазон и пороговое процентное содержание на фотографии.
3. Производится обработка всех фотографий. Подсчитывается количество пикселей для каждого эталона, выполняется проверка, не превышает ли это количество заданный диапазон. Всякое превышение регистрируется и показывается пользователю на информативной карте.
4. Производится обработка GPS-координат фотографии. Данные берутся из информации, закрепленной за каждой цифровой фотографией согласно стандарту EXIF. Упорядочивая снимки по долготе и широте, формируется информативная карта (на ней указаны проблемные участки сельскохозяйственного поля).



**Рис. 4.** Пример карты заболеваемости для поля, изображенного на рис. 2

При необходимости, можно приступить к новому анализу с другими параметрами, сделать более глубокий анализ проблемных фотографий или сделать запрос на повторное фотографирование участка.

**Пример работы программы.** Главное окно программы содержит семь опций, расположенных слева и справа окна. В центре находится область для отображения исходных данных и результатов поэтапной работы алгоритма. На рис. 5 показан вид окна программы с картой (неотсортированные фотографии). Чтобы показать фотографии в соответствии с их координатами, необходимо нажать кнопку «Показать упорядоченные данные».



**Рис. 5.** Вид главного окна программы

Чтобы показать конечный результат работы программы – карту с упорядоченными фотографиями и нанесенными на них данными, указывающими на проблемные участки (такие данные будут выделены красным, если они есть), нужно нажать на кнопку «Показать проблемные участки».

Теперь можно приступить к новому анализу с другими параметрами, сделать более глубокий анализ проблемных фотографий или запрос на повторное фотографирование участка, для чего перейти на вкладку «Управление БПЛА». Характер настроек и метод управления зависят от конкретного БПЛА, в этой вкладке реализованы средства настройки подсистемы в соответствии с требованиями конкретного аппарата и его функций.

**Заключение.** Разработаны структура и алгоритм работы мобильного приложения системы распознавания сельскохозяйственной растительности, что позволило решить задачу экспресс-анализа сельскохозяйственной растительности без задействования мощностей стационарного сервера и производить экспресс-анализ растительности непосредственно возле исследуемого участка, существенно ускоряя работу эксперта. Цифровые фотографии попадают в систему сразу после окончания процесса съемки, без их длительной транспортировки на сервер. В процессе обработки эксперт формирует выборки необходимых для дальнейшей обработки фотографий, что, в свою очередь, уменьшает количество данных, поступающих на сервер.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Ganchenko, V. Development of the hardware and software complex for fertilizer application on agricultural fields / V. Ganchenko, A. Doudkin, A. Petrovsky, T. Pawlowski // Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering. – 2014. – Vol. 59(1). – P. 34–39.
2. Беляев Б.И., Катковский Л.В. Оптическое дистанционное зондирование – Минск: БГУ, 2006. – 455 с.

3. Chao, K., Y.R. Chen, and M. S. Kim. Machine vision technology for agricultural applications // Elsevier science transactions on computers and electronics in agriculture. – 2002.– Vol. 36.– P. 173-191.
4. Haralick R.M., Shanmugam K., Dinstein I. Textural Features for Image Classification // IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics. – 1973. – No.6. – P. 610-621.
5. Foley, J.D. Computer Graphics: Principles and Practice / J.D. Foley. – Addison-Wesley Publishing Company, 1996. – 1175 p.
6. Richards, J.A. Remote Sensing Digital Image Analysis: An Introduction / J. Xiuping – Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2006. – 431 p.

Библиотека БГУИР