

**Разработка цифрового сервиса для поддержки  
принятых решений по использованию технологий  
точного земледелия в Республике Казахстан**

**Маулит А.<sup>1</sup>, Нугуманова А.Б.<sup>1</sup>, Понькина Е.В.<sup>2</sup>,  
Бондарович А.А.<sup>2</sup>, Акказин А.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>*Восточно-Казахстанский университет им. С.  
Аманжолова, Республика Казахстан, г. Усть-  
Каменогорск;* <sup>2</sup>*ФГБОУ ВО Алтайский государственный  
университет, Россия, Алтайский край, г. Барнаул*

В статье рассмотрена концепция и текущие результаты разработки цифрового сервиса, ориентированного на поддержку принятия решений в системе точного земледелия малых фермеров Республики Казахстан.

**Ключевые слова:** *точное земледелие, системы поддержки принятия решений, информационные технологии*

**Введение.** Развитие аэрокосмических и информационных технологий оказывает медленное, но неуклонное воздействие и на такие консервативные отрасли производства как сельское хозяйство и земледелие. Все больше фермеров, занятых в аграрном секторе, начинают внедрять цифровые решения и технологии точного земледелия в практику землепользования. Технологии точного земледелия в сельском хозяйстве открывают широкие возможности для достижения оптимальных результатов при возделывании сельскохозяйственных полей, проведении посевных работ, защите посевов от сорняков и вредителей и организации уборочных работ.

Ключевая идея точного земледелия заключается в управлении продуктивностью сельскохозяйственных культур с учетом неоднородности и вариабельности среды их произрастания [1]. Цель управления состоит в максимизации качества и количества производимой продукции за счет подбора оптимальных параметров агротехнологических операций в зависимости от изменяющихся в пространстве и времени показателей среды. Другими словами, в точном земледелии решение о проведении агротехнологических операций принимается с привязкой к конкретному месту и времени и

основывается на тщательном и всестороннем сборе, накоплении и анализе данных [2].

Основой и важнейшим инструментом технологий точного земледелия являются цифровые карты сельскохозяйственных полей. Существует два основных источника формирования цифровых карт полей:

- 1) спутниковые снимки;
- 2) снимки, полученные беспилотными летательными аппаратами.

В данной работе мы рассматриваем спутниковые снимки, получаемые из открытых (бесплатных) ресурсов, и предлагаем сервис создания вегетационной карты поля для малобюджетных фермерских хозяйств. Мотивация нашей работы заключается в разработке доступных и простых инструментов, способствующих внедрению передовых цифровых решений в практику малого земледелия.

**Обзор существующих решений.** Рассмотрим существующие цифровые сервисы по созданию вегетационных карт. В данный момент в мире существуют множество подобных цифровых сервисов. Большая часть этих сервисов является, во-первых, платной, во-вторых, англоязычной, в-третьих, требующих от пользователя навыков уверенного владения компьютером и определенных аналитических способностей. В то же время, большинство фермеров не обладает этими навыками и не рассматривает возможность платного доступа к существующим сервисам. В таблице приведен сравнительный анализ существующих сервисов с указанием их достоинств и недостатков.

Как показывает анализ, имеющиеся цифровые платформы в основном рассчитаны на использование больших агрохолдингов и агрофирм, которые обрабатывают значительные площади земли. Соответственно, ниша цифровых сервисов для мелких крестьянских хозяйств в данное время фактически не занята. С одной стороны, это обусловлено трудоемкостью разработки сервисов, которые при этом трудно монетизировать. С другой стороны, отсутствием спроса со стороны малобюджетных землевладений, основная задача которых не развитие и расширение агродеятельности, а получение прибыли и даже в некоторых случаях борьба за выживание. Кроме того, большинство действующих сервисов не поддерживает казахский язык, что является важным для их применения малыми фермерами в республике Казахстан. Также аналитические инструменты, как правило, сводятся к простому вычислению средних величин, инструменты профессиональной аналитики полностью отсутствуют.

Таким образом, целью работы является разработка нового свободно-распространяемого аналитического сервиса для малобюджетных сельскохозяйственных предприятий Республики Казахстан, в виде web-приложения, обеспечивающего информационную поддержку технологий точного земледелия в хозяйстве в масштабе поле-группа полей-хозяйство.

**Архитектура предлагаемого решения.** Для реализации предлагаемого решения используется традиционная трехзвенная архитектура приложения. Она включает в себя следующие уровни пользователя, приложения и данных. На уровне пользователя реализуется взаимодействие системы с пользователем, в т.ч. поддерживается интерактивная отрисовка пользователем границ поля.

Таблица 1. Сравнительный анализ существующих цифровых сервисов в сельском хозяйстве

Цифровой сервис	Описание	Достоинства	Недостатки
EOS Crop Monitoring [3]	Сервис для работы со спутниковыми данными. Позволяет оперативно искать, обрабатывать и извлекать информацию со спутниковых снимков. Предоставляет различные виды сервисов для разных отраслей.	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Большой каталог спутниковых снимков.</li> <li>– Интеграция с любыми сторонними ГИС сервисами.</li> <li>– Спутниковый мониторинг полей.</li> <li>– Поддержка вариативного посева и внесения удобрений.</li> <li>– Расширенная аналитика погодных данных.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Высокая стоимость подписки для мелких крестьянских хозяйств.</li> <li>– Сложный интерфейс для неспециалиста.</li> </ul>
OneSoil [4]	Приложение для фермеров, агрономов и механизаторов, позволяющее проводить спутниковый мониторинг полей.	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Бесплатно для обычных пользователей (существует платная подписка для бизнес-аккаунтов).</li> <li>– Распознавание границы полей.</li> <li>– Расчет вегетационного индекса NDVI.</li> <li>– Скаутинг и заметки.</li> <li>– Поддержка вариативного посева и внесения удобрений.</li> </ul>	Ограниченный выбор вегетационных индексов для сложных рельефных участков.
Egistic.kz [5]	Система управления хозяйством для сельхоз товаропроизводителей и	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Аналитика данных.</li> <li>– Спутниковые снимки полей.</li> </ul>	Высокая стоимость подписки для

	консультантов в области сельского хозяйства.	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Агроконсультанты.</li> <li>– Телематические системы.</li> <li>– Интерпретация агрохимического анализа почвы.</li> <li>– Казахстанский продукт.</li> </ul>	мелких крестьянских хозяйств.
--	--	--	-------------------------------

На уровне приложения разрабатываются правила и алгоритмы обработки данных. На уровне данных производятся операции по сохранению, модификации и удалению данных, связанных с решаемой приложением прикладной задачей. Архитектура приложения представлена на рисунке 1. Пространственные данные в виде отрисовки полей вводятся пользователем и хранятся в формате GeoJSON. На основе файла GeoJSON формируется поисковый запрос к данным открытого источника Copernicus. Затем полученные данные загружаются в область, и на основе обработки многоканального изображения осуществляется расчет вегетационных индексов, необходимых для анализа состояния растительности и динамики ее роста и развития.

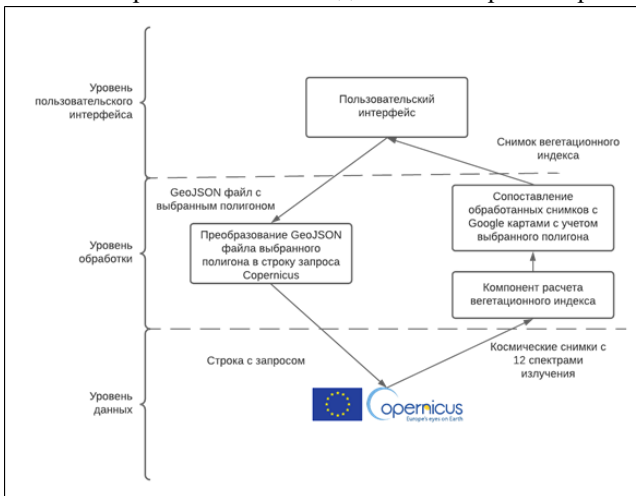


Рисунок 1 – Архитектура предлагаемого решения в части создания

Copernicus – это программа наблюдения поверхности Земли, реализуемая странами Европейского союза [6], также известна как «Центр научных данных Sentinels». Данный сервис предоставляет данные со всех космических миссий спутника Sentinel, включая радиолокационные снимки Sentinel-1, оптические мультиспектральные

изображения от Sentinel-2, Sentinel-3 для совместного анализа окружающей среды, с учетом данных об атмосфере и качестве воздуха, полученных из космической миссий Sentinel-5P.

В качестве базового индекса роста и развития растений принят индекс NDVI, расчет которого производится в библиотеке rasterio для Python. Величина нормализованного вегетационного индекса NDVI вычисляется как:

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED},$$

где RED и NIR обозначают измерения спектральной отражательной способности, полученные в красной (видимой) и ближней инфракрасной областях соответственно.

На рисунке 2 представлена детализированная диаграмма последовательности событий для модуля расчета вегетационного индекса NDVI на основе спутниковых данных.

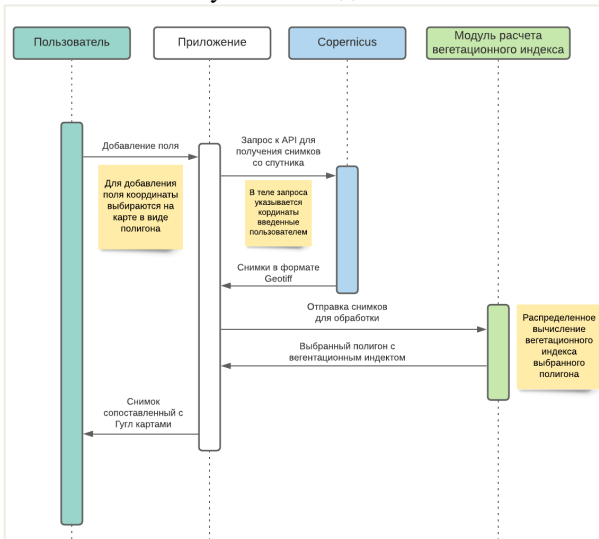


Рисунок 2 – Диаграмма UML, отражающая последовательность действий при расчете вегетационного индекса

В настоящее время в рамках реализации проекта уже создано веб-приложение, обеспечивающее автоматическое получение спутниковых снимков поля, отмеченного пользователем, за указанный период и передачу этих снимков в модуль расчета вегетационных индексов. В дальнейшем в это же приложение будет подключен сервис получения снимков от БПЛА и модуль сопоставления расчетов вегетационных индексов на основе дистанционной и наземной съемки.

**Благодарности.** Работа поддержана грантом Комитета науки МОН РК AP09259379 *«Исследование и разработка методов поддержки принятия агротехнологических решений на основе технологий точного земледелия»*. Работа выполняется в рамках госзадания Алтайского государственного университета *«Тюркский мир «Большого Алтая»: единство и многообразие в истории и современности* (проект номер – 748715Ф.99.1.ББ97АА00002).

### **Библиографический список**

1. Robert P, Rust R, Larson W (1994) Site-specific Management for Agricultural Systems, Proceedings of the 2nd International Conference on Precision Agriculture, 1994, Madison, WI. ASA/CSSA/SSSA.
2. Vasisht D. et al. FarmBeats: An IoT Platform for Data-Driven Agriculture. NSDI. – 2017. – С. 515-529.
3. EOS Crop Monitoring: Спутниковые технологии в сельском хозяйстве. [Электронный ресурс] – URL: <https://eos.com/ru/products/crop-monitoring/>
4. OneSoil – Бесплатные приложения для фермеров. [Электронный ресурс] – URL: <https://onesoil.ai/ru/>
5. EGISTIC – Система управления хозяйством для сельхозтоваропроизводителей и консультантов в области сельского хозяйства. [Электронный ресурс] – URL: <https://egistic.kz/>
6. Copernicus. Europe’s eye on Earth. [Электронный ресурс] – URL: <https://www.copernicus.eu/en>

**УДК 519.87**

## **Моделирование системы управления доступностью объектов социальной инфраструктуры**

***С.П. Пронь, С.П. Семенов, А.О. Ташкин***  
*Югорский Государственный Университет,*  
*г. Ханты-Мансийск*

Существуют три основные проблемы взаимодействия маломобильных групп населения (МГН) с объектами социальной инфраструктуры (ОСИ): первая – физическая, вторая заключается в недоступности информации об ОСИ, а третья – социальная. Указанные обстоятельства обуславливают актуальность разработки системы управления в сфере обеспечения доступности социальной