

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

**САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г.
ЧЕРНЫШЕВСКОГО»**

Кафедра геоморфологии и геоэкологии

**Мониторинг типов землепользования по данным дистанционного
зондирования Земли (на примере Марковского района Саратовской
области)**

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВАРСКОЙ РАБОТЫ

студента(ки) 4 курса 431 группы

направления 05.03.03 Картография и геоинформатика

географического факультета

Рузановой Алёны Юрьевны

Научный руководитель
старший преподаватель

должность, уч. степень, уч. звание

Зав. кафедрой

к.с-х.н., доцент

должность, уч. степень, уч. звание

подпись

подпись

П.А. Шлапак

инициалы, фамилия

В.А. Гусев

инициалы, фамилия

Саратов 2025

Введение. По данным на 1 января 2019 года, общая площадь земель сельскохозяйственного назначения в России составляла 382,5 млн га, в том числе сельскохозяйственных угодий - 197,7 млн га [1]. Границы посевных территорий, характеристики почв, состояние посеянных культур постоянно изменяются. Различные природные процессы и другие факторы затрудняют получение точных и объективных данных. *Актуальность* работы состоит в растущей роли данных дистанционного зондирования для получения регулярных, точных, охватывающих значительные территории данных, способствующих эффективному использованию сельскохозяйственных угодий.

Целью моей дипломной работы является выполнение многолетнего мониторинга состояния типов землепользования с использованием вегетационных индексов за период пяти лет и выявление пространственно-временных особенностей развития растительности для различных типов землепользования с целью оценки динамики.

Для достижения поставленной цели были предприняты следующие *задачи*:

1. изучить теорию о данных дистанционного зондирования Земли, применяемых для мониторинга сельскохозяйственных угодий;
2. рассмотреть методологию расчета вегетационных индексов NDVI, DMCi и NDMI и их роль в анализе здоровья растительности;
3. провести классификацию рассматриваемых угодий методами машинного обучения;
4. выполнить мониторинг и проанализировать полученные результаты и их применение для оценки основных типов землепользований в Марксовском районе Саратовской области.

Структура работы: работа состоит из трёх разделов, заключения, списка использованных источников, приложений.

1 ДДЗ для мониторинга сельскохозяйственных угодий

Дистанционное зондирование Земли (ДЗЗ) представляет собой получение информации о поверхности Земли и объектах на ней, атмосфере, океане, верхнем слое земной коры бесконтактными методами, которые подразумевают, что регистрирующий прибор удален от объекта исследований на значительное расстояние. Платформы для дистанционных приборов могут быть расположены на Земле, на самолете, на космическом корабле или на спутнике вне пределов атмосферы Земли [2].

Методы зондирования могут быть:

- активными, предполагая использование вынужденного излучения объектов, инициированное искусственным источником направленного действия;
- пассивными, регистрирующими естественное излучение, например, отраженную солнечную радиацию [3].

Для сбора информации о территории, объектах на ней, о различных явлениях в области **сельского хозяйства** все чаще используется дистанционное зондирование Земли.

С помощью ДЗЗ можно получать снимки, по которым определяют тип засеянной культуры и площади под ней. Мониторинг сельхозугодий проводится на больших площадях, поэтому появляется возможность одновременного анализа территорий районов, областей или даже целых стран. Другой особенностью применения ДЗЗ в сельском хозяйстве является возможность выявления и прогнозирования таких неблагоприятных явлений, как засоление почв, ветровая и водная эрозия, вытаптывание почвы скотом, все это играет немаловажную роль при планировании сельскохозяйственной деятельности.

Дешифрирование снимков как метод исследования территорий, акваторий, явлений основано на зависимости между свойствами объектов и характером их воспроизведения на снимках.

К достоинствам информации, полученной при дешифрировании космических снимков, можно отнести следующие:

- многомасштабность;
- многозональность;
- автоматизация;
- непрерывность;
- комплексность;
- генерализация [2].

Следующий раздел будет посвящен спектральным индексам, которые играют важную роль в обработке ДДЗ. Этот раздел углубит понимание того, как ДДЗ преобразуются в конкретные показатели, необходимые для принятия управленческих решений в сельском хозяйстве.

2 Расчет относительного вегетационного индекса (NDVI) и его роль в анализе здоровья растительности

Данные дистанционного зондирования Земли из космоса позволяют неконтактно оценить условия вегетации растений на больших площадях по отражательным свойствам подстилающей поверхности [4].

Вегетационный индекс – показатель, рассчитываемый в результате операций с разными спектральными диапазонами данных дистанционного зондирования, и имеющий отношение к параметрам растительности в данном пикселе снимка. Его эффективность зависит от особенностей отражения [5].

Широкое применение вегетационных индексов связано с относительной простотой их получения, а также разнообразием научно-практических задач, решаемых с их помощью. Основным способом использования вегетационных индексов является составление и сравнение разновременных индексных изображений на одну и ту же территорию.

Наиболее распространенный в сельском хозяйстве, NDVI (англ. Normalized Difference Vegetation Index) – нормализованный относительный вегетационный индекс. Он характеризует плотность растительности и

позволяет специалистам оценить всхожесть, рост, наличие сорняков и болезней, а также спрогнозировать продуктивность полей [4].

Показатели индекса формируются через спутниковые снимки зеленой массы, которая поглощает электромагнитные волны в видимом красном диапазоне и отражает их в ближнем инфракрасном.

Индекс рассчитывается:

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

где NIR — значение отражения в ближней инфракрасной области спектра; RED — значение отражения в красной области спектра. Показатели этой величины изменяется от –1 до 1 [4].

Значения от -1 до 0 присущи поверхностям, покрытым искусственными материалами (асфальт, бетон), а также для воды, снега, льда и облаков. На открытой почве величина NDVI составляет около 0,025. Густая зеленая, т.е. здоровая растительность будет иметь значения индекса примерно до 0,6-0,65.

Относительный индекс NDVI в сельском хозяйстве помогает решать такие оперативные задачи, как:

- Отслеживать здоровье и развития культур,
- Динамика развития посевов за сезон,
- Засоренность земель,
- Прогноз урожайности [6].

Также были рассмотрены еще два вегетационных индекса.

NDMI — нормализованный разностный индекс влажности (англ. Normalized Difference Moisture Index) определяет уровень содержания влаги в растениях, используя комбинацию спектральных диапазонов в ближнем инфракрасном (NIR) и коротковолновом инфракрасном (SWIR) диапазонах, и является надежным индикатором дефицита влаги в посевах [7].

Формула расчета NDMI:

$$NDMI = \frac{NIR - SWIR2}{NIR + SWIR2}$$

Где NIR – значение отражения в ближней инфракрасной области спектра; SWIR – значение отражения в коротковолновом инфракрасном диапазоне.

DMCI (Dry Matter Content Index) – индекс сухости растительного покрова – спектральный индекс, который используется для оценки содержания сухой биомассы и уровня увлажненности растительности. В первую очередь этот индекс необходим в лесном хозяйстве, для определения уровня пожароопасности территории, однако также он используется и в сельском хозяйстве [8].

Формула расчета DMCI:

$$DMCI = \frac{SWIR3 - SWIR2}{SWIR3 + SWIR2}$$

Где SWIR2 и SWIR3 – разные участки коротковолнового инфракрасного спектра. Они позволяют отличать сухую землю от влажной, а также скалы и почвы, которые выглядят похоже в других диапазонах, но отличаются в SWIR.

3 Мониторинг и применение полученных данных для улучшения управления сельскохозяйственными угодьями

Для анализа состояния сельскохозяйственных угодий был выбран Марковский район Саратовской области. По данным спутниковых снимков Landsat 8-9 было проведено дешифрирование основных объектов землепользования выбранного района.

Также на территорию района были найдены необходимые для долгосрочного мониторинга космические снимки на три разных периода:

- Начало вегетационного периода – конец весны и начало лета, когда большинство пашен уже подготовлено под посевы;
- Середина вегетационного периода – середина лета. Сельскохозяйственные культуры уже нарастили основную массу и преимущественно готовы к сбору урожая;

- Конец вегетационного периода конец лета – начало осени. Основное созревание практически остановилось, большая часть урожая убрана.

Общий период наблюдения составляет пять лет – 2020-2024 гг.

В результате манипуляций с предоставленными каналами на каждый рассматриваемый период вегетации были составлены спектральные индексы, рассмотренные в предыдущем разделе.

Для дальнейшей работы с полученными данными необходимо перевести их из растрового формата в векторный. Поэтому была создана сетка точек с шагом 100 метров по горизонтали и вертикали на весь Марковский район. Сетка содержит 290851 объект, каждый из которых содержит атрибуты: ID землепользования, наименование землепользования и значения рассматриваемых вегетационных индексов за 13 дат. Получилась таблица, в которой было заполнено 40 столбцов.

Всего было решено выделить 6 типов землепользования: 1) Орошаемые сельскохозяйственные участки; 2) Неорошаемые сельскохозяйственные участки (богарные); 3) Луга и сенокосы; 4) Древесно-кустарниковая растительность; 5) Населенные пункты; 6) Прочие несельскохозяйственные участки (неудобья, склоны, элементы эрозионной сети и т.п.).

Этот массив данных стал основой для последующего анализа в дипломной работе, включая построение графиков вегетации, выявление тенденций, а также на основе полученной базы данных была проведена классификация землепользований.

В данной работе были проведены две **классификации**: по шести типам землепользований и по пяти, исключая прочие несельскохозяйственные участки. Классификация данных происходила 5 методами: Random Forest, CatBoost, LightGBM, XGboost и с помощью ансамбля Voting по четырем моделям. Классификация по методу Random Forest показывает наиболее достоверные результаты в обоих случаях (и для пяти типов землепользования, и для шести).

Наиболее отчетливо идентифицируются классы «орошаемые сельскохозяйственные участки», «неорошаемые сельскохозяйственные участки», «луга и сенокосы». Приемлемо разделяются типы «населенные пункты» и «древесно-кустарниковая растительность». Есть проблемы с идентификацией категории «прочие несельскохозяйственные земли». Вероятно, это связано с нечеткостью признаков, определяющих эту группу.

Во вторую очередь был проведен анализ данных, полученных в ходе мониторинга, по индексам NDVI, DMCI и NDMI. Были сделаны следующие выводы:

- Орошаемые земли имеют наивысшие значения в периоды вегетации, стабильные положительные значения увлажненности и низкие значения при анализе сухости, что подтверждает наиболее благоприятные условия для растительности за счет регулярного полива.
- Богарные земли находятся в более уязвимом положении, страдая от засух и низкой биомассы.
- Леса имеют высокие значения, аналогично орошаемым полям, что указывает на стабильную биомассу, а индексы влажности и сухости остаются в границах нормы. Лесные массивы сохраняют устойчивое экологическое состояние, несмотря на сезонные стрессы.
- В населенных пунктах можно заметить, что условия относительно стабильны, с умеренной засушливостью и сезонной растительностью.

Также задачей дипломной работы являлось проведение детального мониторинга, чтобы иметь более конкретные выводы о состоянии сельскохозяйственных землепользований. Был проведен подробный анализ хода вегетационного индекса NDVI за 2023 год.

- Орошаемые земли: NDVI растёт весной, пик в августе, затем резкое снижение. Некоторые участки демонстрируют устойчивую высокую растительность.

- Богарные земли: аналогичная динамика, но с большей вариативностью.
- Заливные луга: отчётливо выраженный летний пик NDVI, затем снижение.
- Леса: NDVI стабилен с мая по август (0,3–0,5), к сентябрю начинает снижаться из-за начала листопада.

Заключение. Результаты исследования позволяют сделать следующие выводы:

1. Данные дистанционного зондирования оказываются необходимым и эффективным инструментом для мониторинга типов землепользования, обеспечивая регулярное и обширное покрытие территории.
2. Вегетационные индексы NDVI, NDMI и DMCI являются важным индикатором здоровья растительности, позволяющим выявить изменения в состоянии объектов землепользования и определить факторы, влияющие на состояние угодий.
3. Была проведена классификация основных типов землепользований.
4. Был выполнен мониторинг и получена по его результатам оценка основных типов землепользований в Марксовском районе Саратовской области.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Минсельхоз запланировал на 2022 год вовлечение новых земель в оборот [Электронный ресурс]: Интерфакс. – URL: <https://www.interfax.ru/russia/741957> (дата обновления 09.04.2023). – Загл. С экрана. – Яз. рус.

2 Сутырина, Е.Н. Дистанционное зондирование земли / Е. Н. Сутырина. – Иркутск : ИГУ, 2013. – 165 с.

3 Методология осуществления дистанционного зондирования / Хабарова И.А. [и др.] // Журн. прикладных наук и технологий «Integral». 2019. № 1. – С. 21-30.

4 Мониторинг состояния культур в Пермском крае по данным дистанционного зондирования / С. В. Пьянков [и др.] // Журн. Вестник Пермского университета. 2009. № 10. – С. 147-153

5 Вегетационные индексы NDVI, EVI, GNDVI, CVI, True color [Электронный ресурс]: Soft.Farm. – URL: <https://www.soft.farm/ru/blog/vegetacionnyye-indeksy-ndvi-evi-gndvi-cvi-true-color-140> (дата обращения 10.04.2024). – Загл. с экрана. – Яз. рус.

6 Что такое NDVI и его применение в сельском хозяйстве? [Электронный ресурс]: agrosignal.com – URL: <https://agrosignal.com/articles/chto-takoe-ndvi-i-ego-primenenie-v-selskom-hozyajstve/> (дата обращения 02.04.2024). – Загл. с экрана. – Яз. рус.

7 NDMI: Нормализованный Разностный Индекс Влажности [Электронный ресурс]: eos.com – URL: <https://eos.com/ru/make-an-analysis/ndmi/> (дата обращения 19.04.2025). Загл. с экрана. – Яз. рус.

8 Руденко, А.В. Использование индекса DMCI для мониторинга и определения ущерба от лесных пожаров на примере Катангского района Иркутской области в 2015 - 2019 годах / А. В. Руденко, А. А. Ахметшин // Экономика в меняющемся мире. IV Всероссийский экономический форум. Сборник научных трудов. 2020. – С. 15-18.

9 Савинова, С.В. Оценка изменения NDVI сельхозугодий Ставропольского края за период активной вегетации в 2020 г. по снимкам среднего пространственного разрешения / Савинова С.В., Братков В.В., Мурашова И.Д., Ключин П.В., Гусейнова Н.О. // Юг России: экология, развитие. 2023. Т.18, № 2. – С. 82-91.

10 Черепанов, А. С. Вегетационные индексы / А.С. Черепанов // интернет-журнал «Геоматика». 2011. № 2. – С. 98-102.

11 Цыганков, Д. Н. Применение данных дистанционного зондирования для мониторинга использования земель сельскохозяйственного назначения / Д. Н. Цыганков, В. И. Сысенко // Ученые записки: Электронный научный журнал Курского государственного университета. 2012. № 2. – С. 67-72.

12 Комбинации Каналов Для Сельского Хозяйства [Электронный ресурс]: eos.com – URL: <https://eos.com/ru/make-an-analysis/agriculture-band/> (дата обращения 19.04.2025). Загл. с экрана. – Яз. рус.

13 USGS EROS Archive - Landsat Archives - Landsat 8-9 Operational Land Imager and Thermal Infrared Sensor Collection 2 Level-1 Data [Электронный ресурс]: usgs.gov – URL: <https://www.usgs.gov/centers/eros/science/usgs-eros-archive-landsat-archives-landsat-8-9-operational-land-imager-and> (дата обращения: 02.05.2025). Загл. с экрана. – Яз. англ.

14 Невмержицкая, А. С. Оценка индексной пожарной опасности лесного фонда ГЛХУ «Ганцевичский лесхоз» по данным дистанционного зондирования с использованием ГИС-технологий / Студ. А. С. Невмержицкая, Е. А. Акимова, Ю. О. Касянчук, Науч. рук. ст. преп. Н. Я. Сидельник // Минск: сборник научных работ. 2018. – С. 61-65.

15 EarthExplorer [Электронный ресурс]: earthexplorer.usgs.gov – URL: <https://earthexplorer.usgs.gov/> (дата обращения: 06.04.2025). Загл. с экрана. – Яз. англ.