

УДК 631.58:528.9

РАЗРАБОТКА ГЕОИНФОРМАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ДЛЯ АНАЛИЗА ИНВЕСТИЦИОННОЙ ПРИВЛЕКАТЕЛЬНОСТИ АГРАРНЫХ ЗЕМЕЛЬ РЕГИОНА НА ПРИМЕРЕ ШОРТАНДИНСКОГО РАЙОНА АКМОЛИНСКОЙ ОБЛАСТИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Бабкенова Л.Т.¹ аспирант гр. Ас3-3, III курс,
Унышев Н.К.² докторант гр. 30-128-22-10, III курс

¹Сибирский государственный университет геосистем и технологий,
г. Новосибирск, Российская Федерация

² Казахский агротехнический исследовательский университет,
г. Астана, Казахстан

Аннотация

В статье представлена методика геоинформационного моделирования инвестиционного потенциала сельскохозяйственных земель Акмолинской области с использованием инструмента ArcGIS Model Builder. Разработанная модель позволяет автоматизировать процесс пространственного анализа и оценки пригодности земель под сельскохозяйственное использование с учетом природных, экономических и инфраструктурных факторов. В ходе работы использованы данные дистанционного зондирования, почвенные карты, цифровая модель рельефа (ЦМР), а также социально-экономические показатели. Результатом является тематическая карта инвестиционной привлекательности земель, которая может использоваться для обоснования управлеченческих решений и планирования аграрных инвестиций.

Ключевые слова: инвестиционный потенциал, сельскохозяйственные земли, ArcGIS Model Builder, ГИС-моделирование, пространственный анализ, Акмолинская область.

Введение. Рациональное и эффективное использование земельных ресурсов является ключевым фактором устойчивого развития сельского хозяйства и экономической стабильности региона. В условиях растущей глобальной конкуренции, изменения климата и деградации земельных ресурсов перед аграрным сектором Казахстана стоит задача повышения продуктивности и рентабельности использования сельскохозяйственных угодий. Оценка инвестиционного потенциала земельных ресурсов на основе комплексного анализа факторов их пригодности и продуктивности способствует обоснованному принятию решений при разработке программ устойчивого развития территорий и привлечении инвестиций в аграрный сектор. По данным Сводного аналитического отчета о состоянии и использовании земель Республики Казахстан (Астана, 2024), в Акмолинской области сосредоточено значительное количество сельскохозяйственных

угодий, однако доля земель, используемых с высокой эффективностью, остается недостаточной. При этом регионы отличаются разнообразием почвенно-климатических условий, инфраструктурной доступности и уровнями деградации почв [1]. Для достижения целей продовольственной безопасности и обеспечения экономической привлекательности региона требуется внедрение современных методов пространственного анализа. Использование геоинформационных систем (ГИС) и, в частности, инструментария ArcGIS Model Builder позволяет формализовать и автоматизировать процесс оценки территорий с учетом многокритериальных факторов (почвенно-климатических условий, рельефа, водообеспеченности, транспортной доступности и социально-экономических показателей) [2].

Проведение оценки инвестиционного потенциала на основе ГИС-моделирования и дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) предоставляет возможность оперативного получения объективных данных о состоянии земель и их потенциальной доходности. Научные исследования подтверждают эффективность подобных подходов для оценки эрозионных процессов, деградации почв и определения зон высокого аграрного потенциала [3,4,5].

Таким образом, разработка геоинформационной модели для оценки инвестиционного потенциала сельскохозяйственных земель Акмолинской области является актуальной задачей. Она направлена на повышение эффективности использования земельных ресурсов, обеспечение устойчивого развития региона и привлечение целевых инвестиций в агропромышленный комплекс.

Рациональное использование земельных ресурсов является одним из ключевых факторов устойчивого развития сельскохозяйственного сектора Казахстана, особенно в Акмолинской области, которая считается одним из ведущих аграрных регионов страны. Несмотря на значительный потенциал земельных угодий, регион сталкивается с рядом серьёзных проблем, ограничивающих эффективность их использования и инвестиционную привлекательность.

1. Деградация и истощение почвенных ресурсов. Основной проблемой региона остаётся деградация сельскохозяйственных земель, вызванная интенсивной эксплуатацией почв без должных мер по восстановлению плодородия. Согласно данным Комитета по управлению земельными ресурсами Республики Казахстан, более 25% пахотных земель Акмолинской области подвержены различным формам деградации, включая ветровую и водную эрозию, засоление и снижение гумусного слоя [1].

По результатам исследований, проведённых Федотовой А.В. и др., деградация земель приводит к снижению урожайности на 15-30%, что негативно сказывается на экономике агропредприятий [5]. Это обуславливает необходимость внедрения современных технологий мониторинга и управления земельными ресурсами.

2. Климатические изменения и их влияние. Изменение климатических условий, сопровождающееся учащением засушливых периодов, усугубляет процессы деградации земель. По данным Datasets Climatic Research Unit (CRU), за последние 20 лет среднегодовая температура в регионе повысилась на 1,5°C, а количество осадков уменьшилось на 10-12%, что увеличивает риски опустынивания и снижает водообеспеченность сельскохозяйственных угодий (CRU, 2025). [6].

3. Недостаточная инфраструктура и технологическое отставание. В регионе наблюдается недостаточное использование инновационных решений, в частности, в области точного земледелия и геоинформационного анализа состояния земель. Многие хозяйства по-прежнему опираются на традиционные методы управления, что снижает конкурентоспособность сельхозпроизводства [7]. Между тем, применение ГИС и дистанционного зондирования может значительно повысить эффективность мониторинга земель и планирования их рационального использования.

4. Правовые и институциональные барьеры. Несовершенство нормативно-правовой базы, связанной с регулированием аренды и приватизации земельных участков, также препятствует устойчивому развитию земельных ресурсов. По мнению Рыбалкина Б.А. (2018) [8], отсутствие прозрачного механизма контроля за соблюдением условий земельопользования и недостаточное финансирование программ мелиорации усугубляют проблему истощения почв.

В современных условиях обеспечение рационального и устойчивого использования земельных ресурсов Акмолинской области требует комплексного подхода, основанного на внедрении инновационных методов мониторинга и управления. Использование инструментов ГИС и моделей, подобных RUSLE и NDVI-анализу, позволит своевременно выявлять участки деградации и разрабатывать меры по их восстановлению. Внедрение ArcGIS Model Builder предоставляет уникальную возможность автоматизировать процесс оценки инвестиционного потенциала земельных участков, учитывая, как природные, так и экономические факторы. Инвестиционная привлекательность сельскохозяйственных земель напрямую зависит от их экологического состояния, инфраструктурного обеспечения и прозрачности правовых процедур. Преодоление вызовов требует консолидации усилий государства, частного бизнеса и научного сообщества.

Цель исследования Разработка и апробация геоинформационной модели для оценки инвестиционного потенциала сельскохозяйственных земель Шортандинского района на основе интеграции пространственных данных и экономических показателей с применением инструментов ArcGIS Model Builder (рис.1).

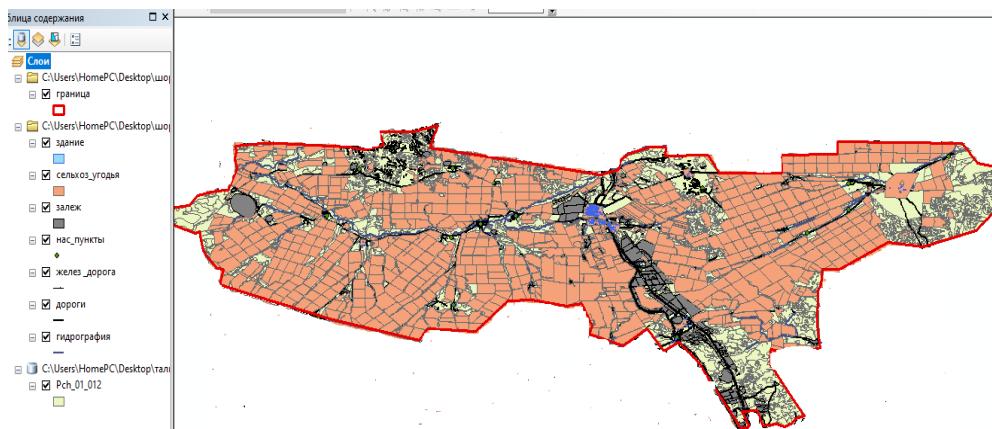


Рисунок 1. Шортандинский район со слоями административных границ и сельскохозяйственных угодий

Методы и материалы. Исходные данные: спутниковые снимки, почвенные карты, DEM, статистические данные (рис. 2).

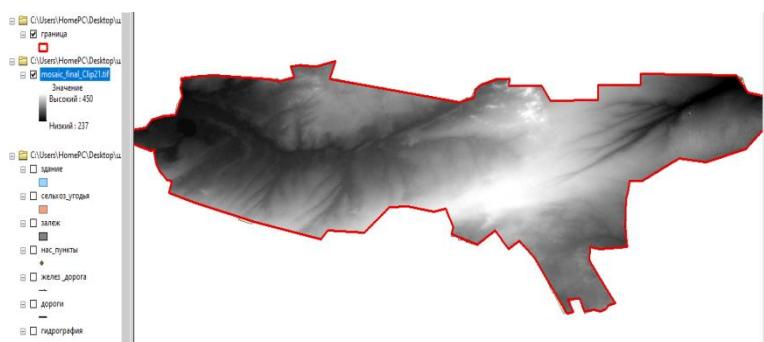


Рисунок 2. Спутниковый снимок SRTM с разрешением 30м

Основными факторами оценки явились почвенные характеристики, рельеф, доступность инфраструктуры, водные ресурсы (таб.1).

Таблица 1. Обоснование использования ArcGIS Model Builder для построения модели.

| Показатель | Что характеризует | Источник данных | Формат данных / где найти |
|-----------------------------|---|--|---|
| Качество почвы (плодородие) | Гумус, механический состав, засоление | Почвенные карты, лабораторные анализы | Почвенные карты (shp), FAO Soil Map, Казахстанская нац. кадастровая система |
| NDVI (вегетация) | Здоровье растительности | Спутниковые снимки Sentinel-2, Landsat | NDVI-индексы, рассчитываются из снимков (GeoTIFF) |
| Рельеф (склон, экспозиция) | Подходит ли участок для сельхозпроизводства | DEM, SRTM | SRTM DEM (GeoTIFF, ASTER GDEM, Copernicus) |

| Климатические условия | Температура, осадки | CRU datasets, NASA POWER, Kazhydromet | Гридированные карты или таблицы CSV |
|----------------------------|--|--|---|
| Доступность инфраструктуры | Расстояние до дорог, рынков, воды | OpenStreetMap, локальные кадастровые данные | Векторные слои дорог, рынков (shp, kml) |
| Экономические показатели | Цены на землю, урожайность, рентабельность | Министерство сельского хозяйства, статистика | Excel/CSV таблицы, shape-файлы |

При формировании экономической карты инвестиционной привлекательности сельскохозяйственных земель и анализе инвестиционной привлекательности аграрных территорий важным этапом является интеграция пространственных данных, таких как почвенные характеристики, уклоны рельефа и транспортная доступность, в единую модель (рис. 3,4.)

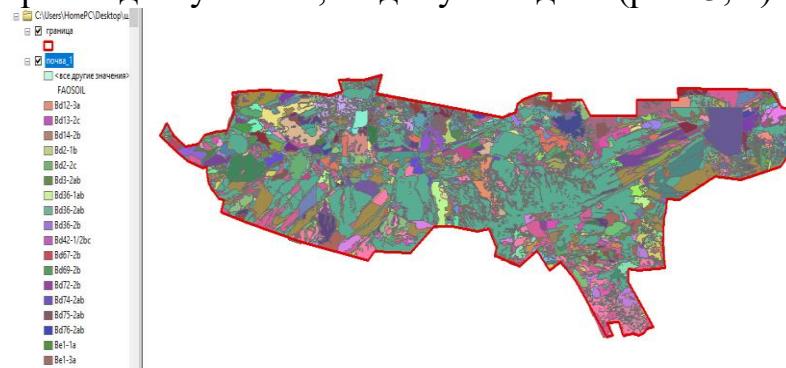


Рисунок 3. Почвенная карта Шортандинского района

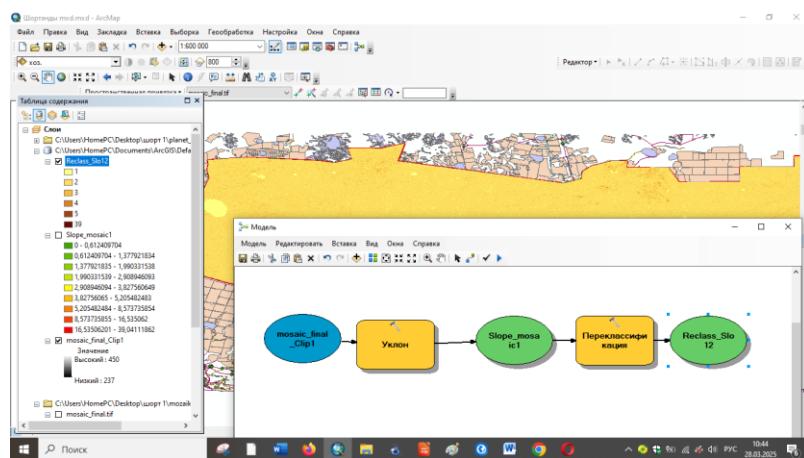


Рисунок 4. Формирование уклона

На завершающем этапе проведена категоризация значений на основе экономических данных (инвестиционная часть), что позволило присвоить балльные оценки различным территориям. Однако при формировании итогового растрового слоя выявлены технические сложности, связанные с

отсутствием таблицы атрибутов. Данный эффект объясняется тем, что ArcGIS не формирует атрибутивную таблицу для растров с типом пикселя Floating Point, что потребовало конвертации в целочисленный формат (Integer).

Для устранения данной проблемы применен ряд инструментов ArcGIS, включая Build Raster Attribute Table и Raster to Raster, что позволило корректно сформировать таблицу атрибутов и интегрировать экономические параметры в итоговую модель. В результате получена визуализированная карта инвестиционной привлекательности сельскохозяйственных земель, основанная на объективных показателях природных и инфраструктурных условий (рис.5).

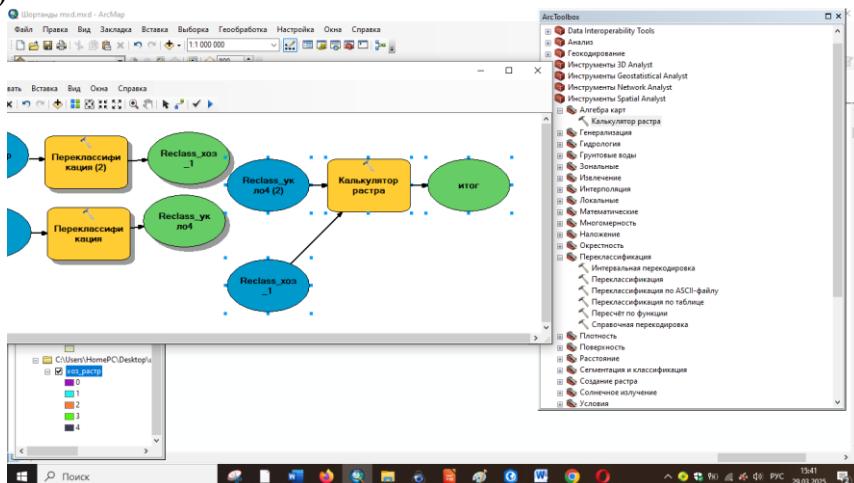


Рисунок 5. Model Builder индекса инвестиционной привлекательности

При расчете итогового индекса инвестиционной привлекательности использован метод аналитической иерархии (AHP, Analytic Hierarchy Process), позволяющий установить относительную значимость факторов на основе парных сравнений. Веса факторов были определены эксперты путем с учетом их влияния на хозяйственную деятельность и возможности капитальных вложений в развитие аграрного сектора. В частности, для повышения точности расчетов проведена категоризация данных и трансформация их в единую шкалу.

Однако на этапе финальной обработки растровых данных возникли технические сложности, связанные с отсутствием таблицы атрибутов у итогового слоя. Это обусловлено тем, что ArcGIS не формирует атрибутивную таблицу для растров с типом пикселя Floating Point, что потребовало конвертации в целочисленный формат (Integer) и последующего применения инструментов Build Raster Attribute Table и Raster to Raster.

После корректировки данных получена финальная карта инвестиционной привлекательности, визуализирующая дифференциацию территорий по их потенциальному для вложений.

Таким образом, использование АНР-метода в сочетании с ГИС-анализом позволило не только количественно оценить влияние факторов, но и отразить их пространственное распределение, что является важным

инструментом для принятия решений в области земельного планирования и инвестиционного прогнозирования (таб.2).

Таблица 2. Балл экономических показателей

| пн | Фактор | Вес (%) |
|----|------------------------------------|---------|
| 1 | Плодородие почв | 35 |
| 2 | Близость к инфраструктуре (дорога) | 15 |
| 3 | Урожайность (NDVI, за годы) | 20 |
| 4 | Рельеф (уклон) | 15 |
| 5 | Кадастровая стоимость | 15 |

Выходным слоем которого стала инвестиционная привлекательность земель (Investment Suitability Map) с классификацией на зоны высокая, средняя, низкая привлекательность (рис.6).

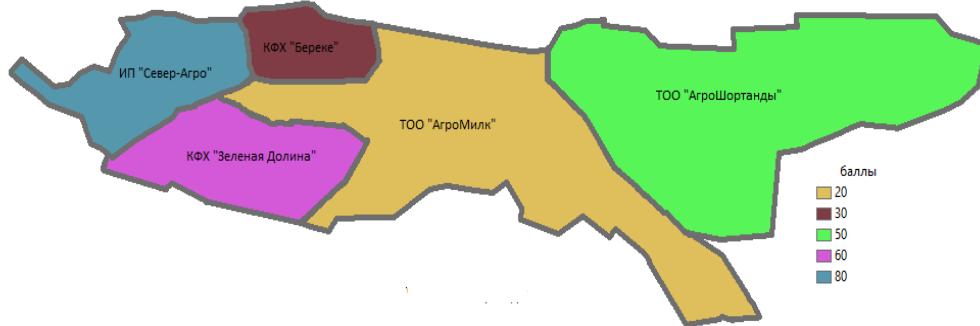


Рисунок 6. Итоговой карты инвестиционной привлекательности

Обсуждение. Геоинформационное моделирование инвестиционного потенциала сельскохозяйственных земель является актуальной задачей, требующей комплексного подхода, учитывающего как природные, так и социально-экономические факторы. В данной работе используется инструмент ArcGIS Model Builder, который позволяет автоматизировать процесс обработки пространственных данных и выполнять многокритериальный анализ на основе заданных параметров.

При моделировании инвестиционной привлекательности применён метод аналитической иерархии (АИР), позволяющий присваивать веса различным факторам. Веса определяются на основе экспертных оценок и включают такие показатели, как плодородие почв, доступность транспортной инфраструктуры, климатические условия и риск деградации земель. Результатом моделирования является картографическая оценка инвестиционного потенциала земельных участков, представляемая в виде тематических карт с градацией уровней привлекательности.

Автоматизация анализа в ArcGIS Model Builder позволяет минимизировать временные затраты на обработку данных и обеспечивает воспроизводимость модели. Однако одним из ограничений является

зависимость качества результатов от исходных данных и корректности заданных весов факторов. В перспективе целесообразно усовершенствовать модель, включив в неё дополнительные экономические показатели, а также использовать методы машинного обучения для повышения точности прогнозирования.

Таким образом, применение ГИС-технологий для оценки инвестиционного потенциала сельскохозяйственных земель позволяет повысить обоснованность принимаемых управлеченческих решений, направленных на рациональное использование земельных ресурсов и устойчивое развитие аграрного сектора региона.

Список литературы:

1. Сводный аналитический отчет о состоянии и использовании земель Республики Казахстан. Комитет по управлению земельными ресурсами Министерства сельского хозяйства Республики Казахстан, Астана, 2024. – С. 318.

2. Курлович Д.М. Использование Model Builder при разработке набора инструментов «Структурно-геоморфологический ГИС-анализ» для ArcToolbox ГИС ArcGIS 9.3 // Международный конгресс по информатике: информационные системы и технологии. – 2011. – Ч. 2. – С. 193–198.

3. Zhou W., Wu B. Assessment of soil erosion and sediment delivery ratio using remote sensing and GIS: A case study of upstream Chaobaihe River catchment, north China. Int. J. Sediment Res. – 2008. – Art. 23. – P. 167–173. <https://doi.org/10.1002/ldr.1083>

4. Andrew K. Marondedze and Brigitte S. Assessment of Soil Erosion Using the RUSLE Model for the Epworth District of the Harare Metropolitan Province, Zimbabwe. Sustainability. – 2020. – Art. 12(20), 8531. <https://doi.org/10.3390/su12208531>

5. Федотова А.В., Яковлева Л.В., Сорокин А.П. Оценка состояния деградированных почв ландшафтов дельты Волги // Естественные науки. – 2013. – №1(42). – С. 28–36.

6. Datasets Climatic Research Unit (CRU). URL: <https://www.climateeurope.eu/datasets-climatic-research-unit-cru/> (дата обращения: 21.02.2025).

7. Курлович Д.М. Использование Model Builder при разработке набора инструментов «Структурно-геоморфологический ГИС-анализ» для ArcToolbox ГИС ArcGIS 9.3 // Международный конгресс по информатике. – 2011. – Ч. 2. – С. 193–198.

8. Рыбалкин Б.А. К вопросу о создании экологически устойчивых агроландшафтов Воронежской области // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. – 2018. – №3. – С. 40–44