

*К.М. Жумалиев, [jkm56@mail.ru](mailto:jkm56@mail.ru)*

*НАН КР*

*Г.К. Алибаева, [agkguli@gmail.com](mailto:agkguli@gmail.com)*

*КГТУ им. И. Раззакова*

## **СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СРЕДСТВ ГЕОИНФОРМАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ**

В работе рассмотрены инструменты анализа и визуализации пространственных данных геоинформационного моделирования, что делает его актуальным для решения задач по экосистеме, прогнозирования климатических изменений, оценки распределения ресурсов. Рассмотрены виды и методы геоинформационного моделирования, а также сделан сравнительный анализ современных программных платформ. Проанализированы современные программные платформы для решения задач в исследованиях температуры воды на поверхности внутренних водоемов, а также температуры поверхности и нормализованного разностного водного индекса (NDWI).

**Ключевые слова:** моделирование, геоинформационное моделирование, виды геоинформационного моделирования, средства ГИМ.

### **Введение**

В настоящее время геоинформационное моделирование (ГИМ) применяется в исследованиях различных областей в нашей жизни для анализа и визуализации пространственных данных. Оно применяется для мониторинга состояния экосистем, анализа качества воздуха и воды, определения состояния источников ресурсов и прогнозирования последствий изменения климата. Помогает выявлять экологические риски и планировать природоохранные мероприятия. Также дает возможность оптимизировать использование земель, прогнозировать урожайность, учитывать плодородие почв, а также выявлять зональные риски (например, прогрессивные засухи или эрозии).

Геоинформационное моделирование решает такие прикладные задачи, как получение цифровых моделей и расчеты пространственных объектов [3]. Основной задачей такого моделирования являются следующие виды операций, как картометрические операции, проекционные преобразования, операции с пересечениями объектов (оверлейные операции), построение буферных зон, операции с объектами различных геометрических типов [2].

### **Виды геоинформационного моделирования**

Геоинформационным моделированием называют технологию обработки пространственных данных в рамках геоинформационных систем (ГИС), связанную с преобразованиями графической и сопряженной с ней табличной информации [6]. ГИМ включает в себя различные подходы и методы, которые позволяют отображать, проецировать и расшифровать пространственные данные. Рассмотрим основные виды геоинформационного моделирования:

- моделирование с использованием цифровых моделей дает возможность создавать виртуальные аналоги реальных объектов или процессов, чтобы тестировать, анализировать и оптимизировать их характеристики и поведение. Для оценки эффективности, выявления потенциальных проблем и прогнозирования результатов в различных областях часто применяются такие модели;
- пространственное моделирование дает возможность создания моделей, которые представляют собой географические объекты и их атрибуты. Следует отметить, что основные методы включают векторное моделирование и растровое моделирование;
- картографическое моделирование предоставляет возможность процесса создания и анализа пространственных карт, который используется для представления, моделирования и

анализа географической информации. Где важна работа с пространственными данными в географии, экологии, урбанистике, логистике и др. областях, оно широко применяется;

- экологическое моделирование позволяет создавать математические или компьютерные модели для исследования и анализа природных экосистем, их компонентов и процессов. Оно позволяет прогнозировать поведение экосистем, оценивать воздействие человеческой деятельности на природу и помогает в разработке стратегий для сохранения и устойчивого использования природных ресурсов. Эти модели применяются в экологии, биологии, климатологии, агрономии и других науках о Земле;

- моделирование с использованием ГИС (ГИС-моделирование) предоставляет возможность использования геоинформационных систем в процессе построения моделей с пространственными данными, связанными с местоположением объектов. ГИС-моделирование применяется в различных областях: экологии, градостроительстве, логистике, сельском хозяйстве и других сферах;

- моделирование геоданных и визуальное моделирование предполагает создание структурированных представлений пространственной информации, где данные могут относиться к объектам местности, геологическим структурам, инфраструктуре и природным ресурсам. А визуальное моделирование создает графические представления данных, часто в формате 2D и 3D-визуализации, пространственной структуры и взаимосвязей. Оно позволяет более наглядно оценивать различные сценарии, взаимодействия и эффекты изменений;

- 3D-моделирование позволяет визуализировать и анализировать географические данные в трехмерном пространстве. Это может включать геометрические модели местности [4,10].

Общим для этих видов используют широкий набор данных (место, время, тема), который в других технологиях не используют.

### **Средства геоинформационного моделирования**

Геоинформационное моделирование создает новые информационные модели и информационные ресурсы [1]. Чтобы получить новые информационные материалы, используются разные средства геоинформационного моделирования. Для создания карт, проведения анализа или разработки продуктов визуализации данных важно ознакомиться с различными программными платформами.

Рассмотрим основные программные платформы для геоинформационного моделирования.

ArcGIS (ArcGIS Online) — самая масштабируемая система программ для создания, формирования, регулирования, исследования и распространения географической информации. Данная система используется специалистами во всем мире [6]. Платформа ArcGIS позволяет выполнять следующие задачи: создавать, обмениваться и использовать интеллектуальные карты, создавать и управлять базами географических данных, решает задачи при помощи пространственного анализа и создания приложения на основе карт [7].

Следующая программная платформа QGIS – это открытое программное обеспечение для работы с ГИС. Платформа охватывает широкий спектр потребностей картографирования и пространственного анализа. QGIS предлагает полный набор инструментов, отвечающих потребностям различных областей, включая городское планирование, управление окружающей средой и научные исследования. Его открытый исходный код означает, что пользователи могут свободно загружать и использовать программное обеспечение, применяя широкий спектр плагинов и возможностей настройки. Это делает QGIS особенно ценным для проектов, требующих гибкости и адаптируемости [8]. Помимо вышеуказанных программных продуктов с такими же особенностями, существуют такие программные платформы, как SAGA GIS, TatukGIS, GRASS GIS, и т.д.

Далее рассмотрим программные платформы со специализированным инструментом, такие как Whitebox Software. Это платформа геопространственного анализа, известная своими мощными и универсальными инструментами, предназначенными для

профессионалов в области ГИС и дистанционного зондирования. Платформа предлагает множество инструментов для обработки растровых, векторных и LiDAR-данных, что придает ей особую ценность для специалистов в области геопространственных данных в различных отраслях. Программная платформа высоко ценится за скорость, гибкость и простоту интеграции с другими ГИС-платформами, такими как QGIS и ArcGIS.

Manifold GIS — это мощная геопространственная программная платформа, обеспечивающая высокопроизводительный пространственный анализ, визуализацию данных и возможности картографирования. Эта платформа, разработанная Manifold Software Ltd., известна своей эффективностью, особенно при обработке больших наборов данных. В Manifold GIS надежные и быстрые ГИС-инструменты, которые могут использоваться для современного вычислительного оборудования для обеспечения геопространственной обработки высшего уровня [8].

Рассмотрим далее мощное программное обеспечение MapInfo Professional. Оно предоставляет ряд инструментов и возможностей для визуализации данных, пространственного анализа и создания карт. MapInfo Professional поддерживает широкий спектр форматов данных, включая векторные данные (точки, линии, полигоны) и растровые данные. Также позволяет эффективно импортировать, экспортировать и управлять геопространственными данными. Оно предоставляет инструменты для символизации объектов на основе значений атрибутов, создания тематических карт и применения расширенных картографических методов. Дает возможность выполнять пространственные запросы, анализ наложения, анализ буфера, анализ близости, сетевой анализ и многое другое [9].

### **Сравнительный анализ некоторых средств геоинформационного моделирования**

Технология работы в различных средствах геоинформационного моделирования отличается, чтобы понять преимущества и недостатки геоинформационного моделирования, необходимо провести сравнительный анализ между ними. Представлена таблица сравнения возможностей наиболее популярных средств геоинформационного моделирования.

Таблица 1 – Анализ средств геоинформационного моделирования

	ArcGIS	QGIS	GRASSGIS
Сфера применения	– городское и региональное планирование; – экология и природные ресурсы; – сельское хозяйство; – транспорт и логистика; – геология и горнодобывающая промышленность; – телекоммуникации и энергетика [11]	– городское и региональное планирование; – экология и управление природными ресурсами; – сельское хозяйство; – транспорт и логистика; – туризм и рекреация; – охрана окружающей среды и управление рисками; – гуманитарные проекты и некоммерческий сектор [11]	– экология и охрана окружающей среды; – гидрология и водные ресурсы; – геология и геоморфология; – климатология и метеорология; – археология и историческая география; – мониторинг природных ресурсов и управление заповедниками; – городское планирование и управление земельными ресурсами [14]
Поддержка ОС	– совместим с Windows	– совместим с Windows – Mac OS, Linux	– совместим с Windows – Mac OS, Linux

Гидрологические исследования	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Поддерживает гидрологическую информацию и ЦМР, а также применяются функции гидрологического анализа</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Поддерживает картометрические и морфометрические измерения, для мониторинга в гидрологии</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Поддерживает анализ временных данных, особенно полезно для мониторинга изменений гидрологии и других областях, где данные изменяются во времени</li> </ul>
Достоинства	<ul style="list-style-type: none"> <li>– поддерживает различные типы данных (растр, вектор, 3D);</li> <li>– позволяет работать с точными картографическими данными;</li> <li>– выполняет сложные геопространственные вычисления;</li> <li>– предоставляет мощные инструменты для анализа, визуализации, редактирования и управления пространственными данными;</li> <li>– ПО совместимо с множеством форматов данных и позволяет интегрироваться с другими платформами (например, AutoCAD, Excel и базами данных);</li> <li>– предоставляет пользователям возможность настраивать интерфейс и инструменты под конкретные задачи</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– бесплатное и открытое ПО;</li> <li>– поддерживает широкий спектр инструментов для картографирования, анализа данных, работы с векторными и растровыми слоями, а также 3D-визуализации;</li> <li>– поддерживает стандартные ГИС-форматы (например, Shapefile, GeoTIFF, KML);</li> <li>– позволяет импортировать и экспортировать данные в различных форматах;</li> <li>– поддерживает скрипты на Python</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– полностью бесплатная платформа с открытым исходным кодом;</li> <li>– включает более 350 встроенных модулей для анализа растровых и векторных данных;</li> <li>– предлагает высокую точность расчетов;</li> <li>– легко интегрируется с другими ГИС-программами;</li> <li>– поддерживает обмен данными с Python и R</li> </ul>
Недостатки	<ul style="list-style-type: none"> <li>– высокая стоимость;</li> <li>– программа требует мощного компьютера для корректной работы, особенно при работе с большими объемами данных или 3D-визуализацией [11-12].</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– сложность для начинающих пользователей;</li> <li>– трудности при работе с большими наборами данных или при выполнении сложных пространственных анализов;</li> <li>– не предоставляет официальной технической поддержки;</li> <li>– предоставляет базовые возможности автоматизации, но для создания сложных рабочих процессов может потребоваться больше усилий и знаний в программировании [11-12]</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– сложность для новых пользователей;</li> <li>– ограниченные возможности для создания визуально привлекательных карт;</li> <li>– модели могут быть ресурсозатратными и требуют большого объема памяти и времени на выполнение.</li> <li>– особо не ориентирована на бизнес-аналитику, маркетинг или логистику [14]</li> </ul>

### Заключение

В ходе изучения можно отметить, что геоинформационное моделирование представляет собой инструмент наблюдения, способный значительно повысить эффективность исследований и управления в различных отраслях, где важна пространственная информация. Современные методы и ресурсы ГИМ, включая использование облачных вычислений и специализированных программных платформ (таких как ArcGIS, QGIS и других), обеспечивают точность.

Геоинформационное моделирование находит широкое применение в решении экологических, градостроительных и агропромышленных задач, а также в управлении климатическими изменениями. Оно позволяет моделировать сложные экологические процессы (например, климатические изменения, изменения водных ресурсов и т.д.), прогнозировать изменения состояния окружающей среды.

Как показывает анализ некоторых современных средств геоинформационного исследования, каждая платформа имеет свои сильные стороны: ArcGIS отличается высоким уровнем и совместимостью с различными форматами. QGIS доступностью и гибкостью обеспечивает широкий выбор инструментов для анализа и управления данными. GRASS GIS эффективностью в обработке больших объемов данных больше ориентирована на научные и исследовательские задачи.

Используя метод обработки аэрокосмических снимков со средствами геоинформационного моделирования QGIS и GRASS GIS, можно получить наиболее достоверные результаты температуры воды на поверхности внутренних водоемов, таких как оз. Иссык-Куль, а также температуру поверхности, нормализованную разностным водным индексом (NDWI), и другие пользовательские выходные данные, выполняя атмосферную и радиометрическую коррекцию.

Таким образом, геоинформационное моделирование остается перспективным направлением, поддерживающим междисциплинарные исследования и предоставляющим инновационные решения для задач развития, что делает его важным фундаментом современной науки и практики.

## Литература

1. Markelov V. M. Geoinformation Modeling in Logistics // European Journal of Economic Studies, 2012., Vol.(1). №1. – P. 129–133.
2. Андреева О.А. Геоинформационное моделирование при проектировании линейных объектов // Информационные технологии в науке, образовании и управлении. ИТНОУ. – 2019. №1. – Стр. 30–38.
3. Булгаков С.В., Геоинформационное моделирование и информационное взаимодействие. Конструкторское бюро. 2018.2.
4. Шаннаа А. А., Кулик Е. Н. Современные средства пространственного моделирования территории в ГИС. //DOI: 10.33764/2618-981X-2019-6-2-208-214, 2019. Стр. 208–214.
5. Использование ГИС для мониторинга [Electronic resource]. – Mode of access:<http://kadastrua.ru/lektcii-po-gis/962-ispolzovanie-gis-dlya-monitoringa.html> (Дата обращения: 29.10.2024).
6. Геоинформационные технологии [Electronic resource]. – Mode of access: <http://www.geol.vsu.ru/history/direct.html#Geoinformatics> (дата обращения: 29.10.2024).
7. ArcGis Resources [Electronic resource]. – Mode of access: <https://resources.arcgis.com/ru/help/> (дата обращения: 01.11.2024).
8. Geospatial modeling software and artificial intelligence tools [Electronic resource]. – Mode of access: <https://flypix.ai/hi/blog/geospatial-modeling-software-tools-ai/> (Дата обращения: 01.11.2024).
9. Geographic Information Systems (GIS) Tools [Electronic resource]. – Mode of access: [https://www.devopsschool.com/blog/top-30-geographic-information-systems-gis-tools/#4\\_MapInfo\\_Professional](https://www.devopsschool.com/blog/top-30-geographic-information-systems-gis-tools/#4_MapInfo_Professional) (Дата обращения: 05.11.2024).
10. Доступ и получение пространственных данных [Electronic resource]. – Mode of access:<http://www.gisa.ru/28018.html> (дата обращения: 05.11.2024).
11. QGIS vs ArcGIS [Electronic resource]. – Mode of access: <https://cartetika.ru/tpost/v9z7ti7jx1-qgis-vs-arcgis> (Дата обращения: 13.11.2024).
12. Сысоев А. В., Елшина Т.Е. Создание и обработка цифровых моделей рельефа в среде ГИС// Науки о Земле и смежные экологические науки. 2017. – Стр.72–77.

13. III Всероссийский конкурс разработок учебных занятий «Современный урок с РЕД ОС» [Electronic resource]. – Mode of access: [https://redos.red-soft.ru/base/redos-7\\_3/7\\_3-education/7\\_3-qgis/?nocache=1731600340948](https://redos.red-soft.ru/base/redos-7_3/7_3-education/7_3-qgis/?nocache=1731600340948) (Дата обращения: 13.11.2024).
14. GIStechnik- Все о ГИС и их применении [Electronic resource]. – Mode of access: <http://gistechnik.ru/programmy-gis/nastolnaya-gis/grass-gis> (Дата обращения: 12.11.2024).