

Написаны запросы для отбора данных, необходимых для проведения анализа результатов исследования и построения антропологического портрета спортсменов. По мере появления новых потребностей исследователей для их реализации будут написаны дополнительные инструкции SQL.

Расчеты индексов выполняются непосредственно в базе данных, используя инструменты СУБД. Для проведения статистического анализа накопленных данных используются специализированные пакеты языка программирования R.

Итак, в статье кратко описан характер исследований, проводимых с целью разработки методики раннего прогнозирования перспективности детей, занимающихся различными видами спорта. Построение прогнозной модели основано на антропометрических измерениях тела и учитывает данные неинвазивных исследований и измерений и некоторых наследственных признаков. Для эффективной работы с данными спроектирована и создана база данных, содержащая десять таблиц, с удобным пользовательским интерфейсом, предоставляющая возможность отбора данных по различным критериям.

ЛИТЕРАТУРА

1. Иванюкович В.А. Влияние классификации исходов на результат моделирования и прогнозирования методом MDR / В.А. Иванюкович, Е.А. Николаенко, С.Б. Мельнов, Н.В. Жур, Т.Л. Лебедь // Сахаровские чтения 2023 года: экологические проблемы XXI века = Sakharov reading 2023: environmental problems XXI century: материалы 23-й международной научной конференции, 18-19 мая 2023 г., Минск, Республика Беларусь : в 2 ч.; Междунар. гос. экол. ин-т им. А.Д. Сахарова Бел. гос. ун-та : под ред. д-ра б. н., доцента О.И. Родькина, к.т.н., доцента М.Г. Герменчук. – Минск: ИВЦ Минфина, 2023. – Ч.2. – С. 301-305.

2. Алексанянц Г.Д. Генетические и средовые детерминанты, определяющие прогнозирование длины тела / Г.Д. Алексанянц, О.В. Маякова // Фундаментальные исследования. 2008. №11. С.91-93.

3. Пигуль П.Г. Особенности антропометрического статуса спортсменов высокой квалификации / П.Г. Пигуль, С.Б. Мельнов, Н.Р. Тарасевич, В.А. Курносова //Здоровье для всех. 2022. №2. С. 52-57.

ОРГАНИЗАЦИЯ СТРУКТУРЫ ДАННЫХ В ГЕОИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЕ ДЛЯ КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ БИОСФЕРЫ ORGANIZATION OF THE DATA STRUCTURE IN A GEOINFORMATION SYSTEM FOR COMPREHENSIVE ASSESSMENT OF THE BIOSPHERE

**П. К. Шалькевич¹, Д. С. Лавникович², Ю. С. Городная², А. В. Чеменцова²
P. K. Shalkevich¹, D. S. Lavnikovich², Y. S. Gorodnaya², A. V. Chementsova²**

¹Учреждение образования «Международный государственный экологический институт имени А. Д. Сахарова» Белорусского государственного университета, МГЭИ им. А. Д. Сахарова БГУ
г. Минск, Республика Беларусь

²Учреждение образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»
г. Минск, Республика Беларусь
shalkevich@iseu.by

¹International Sakharov Environmental Institute of Belarusian State University, ISEI BSU
Minsk, the Republic of Belarus

²Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics
Minsk, the Republic of Belarus

В рамках решения задачи комплексной оценки состояния биосферы актуален вопрос о разработке такой ГИС, которая будет не только хранить большие объемы данных разного типа, но и будет обеспечивать возможности по применению методов обработки и анализа этих данных, методов численного моделирования и интеллектуальных методов принятия решений. Основой для функционирования такой ГИС является база данных (БД) и система управления базой данных (СУБД). Поэтому основной задачей представленной работы был выбор структуры БД и технологий СУБД для разработки ГИС комплексной оценки состояния биосферы. Была выбрана СУБД MySQL, которая обеспечивает лучшее, чем конкурирующие СУБД, применение веб-технологий с использованием облачных вычислений и многопроцессорных компьютерных архитектур, важных для обеспечения расчетов при прогнозировании миграции загрязняющих веществ в составе ГИС.

Within the task of a comprehensive assessment of the biosphere, there is a relevant issue of developing such a GIS that would not only store large data of various types, but also provide opportunities for applying methods of its processing and analyzing, methods of numerical modeling and methods of intelligent decision-making. The basis

for functioning of such a GIS is a database (DB) and a database management system (DBMS). Therefore, the main task of the article was to choose the database structure and DBMS technologies for the GIS of a comprehensive assessment of the biosphere. As a DBMS, MySQL DBMS was chosen, which provides the better than competing DBMS use of web technologies, cloud computing and multiprocessor computer architectures, which are important for calculations when predicting the migration of pollutants using the GIS software..

Ключевые слова: база данных, пространственные данные, атрибутивные данные, СУБД, реляционная база данных, геоинформационная система, ГИС, мониторинг окружающей среды.

Keywords: database, spatial data, attribute data, DBMS, relational database, geo-information system, GIS, environmental monitoring.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2024-2-257-261>

Введение. Применение геоинформационных систем (ГИС) охватывает широкий спектр важных научных задач, таких как: определение оптимальных маршрутов на цифровых картах местностей; анализ факторов, влияющих на экологические и демографические проблемы; моделирование и прогнозирование физических и социальных процессов; принятие управленческих решений, основанных на аналитических отчетах и прогнозах и т. д. При этом, разнообразие и сложность решаемых задач подразумевает следующие признаки классификации ГИС: пространственный охват; объект информационного моделирования; предметная область информационного моделирования; проблемная ориентация; функциональные возможности; уровень управления [1]. Такая классификация свидетельствует о том, что технологии ГИС должны быть, с одной стороны, достаточно разнообразными для решения задач в различных областях научных исследований, а с другой – объединенными одной общей концепцией работы с пространственно-координированными данными. Как следствие, разработка одного универсального программного комплекса (ПК) ГИС для решения задач широкого спектра из различных областей научных исследований является крайне сложной, возможно, неразрешимой проблемой. Тогда как разработка специализированного программного обеспечения ГИС, предназначенного для решения определенного класса задач, ограниченного одной или несколькими областями исследований, является актуальным и перспективным направлением научной деятельности. Примером такого класса задач являются задачи мониторинга окружающей среды, которые требуют решений не только в области наблюдений за состоянием окружающей среды, но и в области оценки и прогноза изменений состояния окружающей среды под воздействием природных и антропогенных факторов [2]. Так, в качестве одной из важнейших задач мониторинга окружающей среды является задача комплексной оценки состояния биосферы, которую невозможно полноценно решить без применения технологий ГИС [3].

В рамках решения задачи комплексной оценки состояния биосферы актуален вопрос о разработке такой ГИС, которая будет не только хранить большие объемы данных разного типа (геометрические полигоны, свойства геологических материалов, параметры загрязняющих веществ), но и будет обеспечивать возможности по применению методов обработки и анализа этих данных, методов численного моделирования и интеллектуальных методов принятия решений. Основой для функционирования такой ГИС является база данных (БД) и система управления базой данных (СУБД), поэтому основной задачей представленной работы был выбор структуры БД и технологий СУБД для разработки ГИС комплексной оценки состояния биосферы.

Анализ видов данных, используемых в ГИС. ГИС, в целом, оперируют четырьмя видами данных: пространственными данными, которые содержат информацию о пространственном расположении объектов, атрибутивными данными, описывающими качественные и количественные параметры объектов, библиотекой условных знаков, где содержатся наборы стандартных условных данных, и метаданными, которые, как правило, содержат информацию об источниках данных, методах получения и конкретных исполнителях, получивших данные.

Пространственные данные разделяются на множественные элементарные объекты-примитивы (точки, линии, контуры и т. д.). Представление таких данных подразумевает способы цифрового описания объектов, наиболее универсальными из которых являются: растровое, векторное, GRID и TIN [1].

Растровая модель данных предполагает позиционирование объектов указанием их положения в соответствующей растру прямоугольной матрице. Данные для такой модели очень просто собирать и обрабатывать, а также для таких представлений возможно применение методов растеризации.

Но недостаток растровой модели данных заключается в том, что ее реализация требует больших затрат памяти. Поэтому для хранения растровых представлений в базе данных необходимо использовать методы сжатия растровых объектов. Следовательно, использование растровых моделей представления данных негативно скажется на скорости обработки запросов в БД.

Следующий вид – это векторная модель, которая является цифровым представлением точечных, линейных и полигональных объектов в виде описания их координат. Векторные модели делятся на два вида: топологические и нетопологические. Для представления объекта в векторной нетопологической модели в базе должна содержаться информация об идентификаторе линейного отрезка, координатных парах шести точек, а также элемент, позволяющий выделить заданный отрезок в общей совокупности записей линейных объектов слоя, которому обычно соответствует файл данных. Топологическое представление данных отличается от нетопологического

наличием возможности получения списка взаимоотношений между объектами или же примитивами, без изменения хранимых координат этих объектов.

GRID-представление применяется для трёхмерных объектов. В основе этой модели лежит регулярная сетка, состоящая из сети точек, каждой из которых сопоставляется значение уровня поля в этой точке. При хранении регулярной сетки можно хранить только значения уровня z , т. к. значения координат x и y вычисляются по геометрии сетки, исходя из номера ячейки. Для того, чтобы создать непрерывную поверхность в этой модели из точно полученных данных используются следующие виды положения точек: положение точек наблюдения на сетках, полурегулярное положение точек, расположенных на изолиниях, случайное расположение точек.

TIN-представление – векторный способ отображения рельефов, который основан на триангуляции, т. е. создании смежных непересекающихся треугольников, вершинами которых являются точки.

Описанные возможности моделей пространственных данных свидетельствуют о том, что использование векторных, GRID и TIN моделей представления данных в ГИС для комплексной оценки состояния биосферы является более приемлемым, чем растровых моделей. При этом, следует отметить, что GRID и TIN модели используются для представления трехмерных данных, которые необходимы, например, для визуализации прогнозов пространственной миграции загрязняющих веществ, аналогичных прогнозу, представленному в [4].

Атрибутивные данные, представляют собой информацию о свойствах пространственных объектов. Эти данные могут храниться в отдельных БД, размер которых будет зависеть, например, от вида мониторинга окружающей среды. ГИС комплексной оценки состояния биосферы должна иметь быстрый доступ к различным атрибутивным данным, что формирует соответствующие требования к СУБД.

Библиотеки условных знаков используются в ГИС для составления тематических карт, хранения специфических обозначений. Особенности хранения и доступа к этому типу данных во многом схожи с атрибутивными данными. Что же касается метаданных, то они содержат вспомогательную информацию, что значительно упрощает выбор методов их хранения и обработки.

Особенности рассмотренных видов данных позволяют определить следующие принципы их организации: принцип послойной организации, который подразумевает деление объектов на тематические слои; принцип объектного ориентирования, который подразумевает акцент не столько на общих свойствах объектов, сколько на их положении в какой-либо сложной схеме классификаций.

Анализ структур БД и выбор СУБД. Для хранения информации о пространственных объектах используются базы данных. Важно учесть, что связи между данными одного объекта должны быть тесными и неизбыточными. При большом объёме координат, которые необходимо сохранить, производится их кодирование. На основании видов данных и типов хранимых объектов, к оптимальной структуре БД ГИС справедливо выдвинуть следующие требования:

- полнота представленной информации;
- избыточность и внутренняя непротиворечивость (данные и связи между ними должны быть корректными и неповторяющимися);
- актуализация хранимых данных (особо важно для решения задач мониторинга окружающей среды);
- позиционная точность (информация в базе данных должна быть строго совместима с теми данными, которые могут добавляться в неё в процессе работы);
- достоверность (все явления должны быть правильно отражены посредством атрибутов);
- доступность данных (информация должна быть легко извлекаемой для выбранной категории пользователей).

На сегодняшний день выделяют три основных типа структур баз данных: иерархическая, сетевая и реляционная. При иерархической структуре взаимосвязь между данными устанавливается отношением «один к одному» (1:1) (один объект базы данных содержит одну группу пространственных данных) или, гораздо чаще, «один ко многим» (1:m) (одной группе координат соответствует иерархически подчинённая группа объектов). Так как связь между элементами такой базы данных прямая, то доступ к данным прост и эффективен. Однако древовидная структура требует явного определения каждого элемента при проектировании БД. Также, при раздельном хранении пространственных и атрибутивных данных, потребуется установление большого числа связей между графической и атрибутивной частями, что может сделать структуру базы данных довольно громоздкой. Так как ГИС мониторинга окружающей среды должны иметь возможность поиска и установления связей, не предполагаемых до реализации системы, то эта структура не является оптимальной ввиду жёсткости ограничений, накладываемых на связи между элементами ещё на этапе проектирования БД. Из-за иерархической соподчинённости составляющих обновление базы данных также представляется сложным и трудоёмким процессом.

Сетевые структуры обычно рассматриваются как усовершенствованные иерархические. Они используют отношение «многие ко многим» (m:n), при котором один элемент может иметь многие атрибуты, а каждый атрибут может быть связан со многими элементами, то есть связи между элементами базы данных устанавливаются не только по вертикали, но и по горизонтали, что позволяет базам данных с такой структурой допускать гораздо большую гибкость поиска данных, чем в случае с иерархической структурой. За счёт установления двусторонних связей между элементами уменьшается избыточность данных. Однако увеличившееся количество связей в данной структуре имеет негативную сторону в виде затрат памяти на хранение, возможности потери или некорректного установления взаимосвязей между элементами.

Проблему большого числа указателей (связей) можно решить, используя реляционную структуру базы данных, для которой характерно хранение данных в таблицах, где каждая строка имеет один формат. Основным принципом реляционной структуры – это возможность свести любые многомерные связи к двумерным таблицам. Данные в ячейках такой таблицы соответствуют принципу информационной неделимости (каждая ячейка представляет только одну порцию структурно неделимых данных). Каждый столбец является уникальным и имеет своё наименование, причём порядок следования столбцов в таблице, равно как и строк (записей), не имеет значения. Требование к данным одного и того же столбца заключается в том, чтобы все они были строго одного типа. Представление данных в виде таблицы является наиболее удобным и привычным для пользователя. Реляционная структура обладает теми преимуществами, которых были лишены структуры, описанные выше, а именно: однородностью, наличием строгой математической теории построения модели (языком реляционной алгебры), полнотой модели данных, возможностью представления всех типов связей от 1:1 до m:n. Основным недостатком реляционной структуры является трудоемкость ее реализации, что компенсируется лёгкостью поддержки уже реализованной БД и простоту её обновления. Важным достоинством для применения в ГИС комплексной оценки состояния биосферы является простота связывания данных при раздельном хранении их графической и атрибутивной составляющей посредством идентификаторов.

Для работы с БД реляционной структуры существует широкий диапазон СУБД, предоставляющих все необходимые средства для работы с реляционными базами данных: dBase, R:Base, Oracle Database, Informix, Paradox, MS Access, PostgreSQL, MySQL.

В реляционной БД ГИС комплексной оценки состояния биосферы информация об объекте должна содержать идентификатор, атрибутивные данные и пространственные данные. Следовательно, необходимо связывать атрибутивную и пространственную информацию. Такая задача может быть решена одним из трех способов:

– первый способ, геореляционный заключается в том, что два вида данных хранятся раздельно (например, пространственные данные – в файлах, атрибутивные – в таблицах реляционных баз данных);

– второй способ предполагает совместное хранение и пространственных, и атрибутивных данных. В случае интегрированного хранения обоих типов предусматривается использование средств обработки данных, предоставляемых СУБД. Однако, как правило, инструментов стандартных реляционных СУБД недостаточно для эффективной работы с пространственными объектами. Средства, встроенные в систему управления базами данных, предназначены, в основном, для описания точечных объектов, что не соответствует современным требованиям, предъявляемым к геоинформационным системам.

– третий способ – объектный подход. Этот способ позволяет описывать данные путем создания сложных объектов, однако этот подход применять в ГИС нецелесообразно из-за его негативного влияния на время обработки запросов.

Таким образом, в контексте стандартных СУБД, первый способ является наиболее оптимальным, т. к. мы можем сохранять геометрические пространственные данные отдельно от атрибутивных и использовать для работы с ними эффективные и удобные специализированные инструменты. Кроме того, этот подход упрощает интеграцию в ГИС географических карт, разрабатываемых третьими лицами. Пример такой реализации показан в [5], где авторами описывается разработанный веб-ориентированный интерфейс ГИС для проведения ретроспективного анализа данных системы онлайн-мониторинга состояния компонентов окружающей среды г. Орши и оршанского района. Указанная ГИС использует географические карты Google и OpenStreetMap. Однако, стоит учитывать, что в ГИС для комплексной оценки состояния окружающей среды могут понадобиться собственные инструменты для работы с пространственными данными, необходимыми для решения задач пространственной миграции загрязняющих веществ. Такие инструменты существуют в виде специальных библиотек и расширений для перечисленных СУБД. Например, для СУБД PostgreSQL таким расширением является надстройка PostGIS, для СУБД H2 – H2GIS. Примечательно, что СУБД MySQL, начиная с версии 8 имеет встроенную функциональность по работе с пространственными данными, которая соответствует требованиям консорциума OGC. Наиболее популярной СУБД, отвечающей требованиям, предъявляемым к ГИС, является PostgreSQL, однако известны случаи, когда она уступает MySQL в скорости работы. Кроме того, применение СУБД MySQL или ее аналога MariaDB имеет ряд преимуществ в контексте разработки ГИС на базе веб-технологий с использованием облачных вычислений. Последнее обеспечивает также ряд возможностей по использованию многопроцессорных компьютерных архитектур, важных для обеспечения расчетов при прогнозировании, в частности, миграции загрязняющих веществ в составе ГИС для комплексной оценки состояния биосферы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гис-технологии : курс лекций / И.А. Красовская, Д.М. Курлович, А.Н. Галкин. – Витебск : ВГУ имени П.М. Машерова, 2015. – 52 с.
2. Об охране окружающей среды : Закон Респ. Беларусь от 26 ноября. 1992 г. № 1982-ХП : с изм. и доп. : текст по состоянию на 30 дек. 2022 г. – Минск : Национальный центр правовой информации Республики Беларусь, 2022. – 48 с.
3. Абрамов, Н.Д., Тарасова, О. Ю. Использование ГИС-технологий при проведении экологической оценки территории / Н. Д. Абрамов, О. Ю. Тарасова // Современные проблемы территориального развития. – 2019. – № 2, С. 1-8.
4. Шалькевич, П. К. Компьютерное прогнозирование пространственного распределения концентрации Cs-137 в почве / П. К. Шалькевич // Докл. Нац. акад. наук Беларуси. – 2021. – Т. 65, № 2. – С. 139-145.

5. Журавков В. В., Тонконогов Б. А., Шалькевич П. К. Разработка веб-ориентированного интерфейса для проведения ретроспективного анализа данных системы онлайн-мониторинга состояния компонентов окружающей среды г. Орши и оршанского района / В. В. Журавков, Б. А. Тонконогов, П. К. Шалькевич // Сахаровские чтения 2022 года: экологические проблемы XXI века = Sakharov readings 2022 : environmental problems of the XXI century : материалы 22-й Международной научной конференции, 19–20 мая 2022 г., г. Минск, Республика Беларусь : в 2 ч. / Междунар. гос. экол. ин-т им. А. Д. Сахарова Бел. гос. ун-та; редкол. : А. Н. Батян [и др.] ; под ред. д-ра ф.-м. н., проф. С. А. Маскевича, к. т. н., доцента М. Г. Герменчук. – Минск : ИВЦ Минфина, 2022. – Ч. 2. – 346 с. – Минск, 2022. – С. 360-363.

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИФфуЗИИ В СМЕСИ ИДЕАЛЬНЫХ ГАЗОВ С УЧЕТОМ ЗАВИСИМОСТИ КОЭФФИЦИЕНТА ДИФфуЗИИ ОТ ЭНТРОПИИ СМЕШЕНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДА КОНЕЧНЫХ РАЗНОСТЕЙ

COMPUTER SIMULATION OF DIFFUSION IN A MIXTURE OF IDEAL GASES TAKEN INTO ACCOUNT OF THE DEPENDENCE OF THE DIFFUSION COEFFICIENT ON THE ENTROPY OF MIXING USING THE FINITE DIFFERENCE METHOD

П. К. Шалькевич¹, Д. С. Мишлаков¹, Н. Н. Гринчик²

P. K. Shalkevich¹, D. S. Mishlakov¹, N. N. Grinchik²

*¹Учреждение образования «Международный государственный экологический институт имени А. Д. Сахарова» Белорусского государственного университета, МГЭИ им. А. Д. Сахарова БГУ
г. Минск, Республика Беларусь*

*²Институт тепло- и массообмена имени А.В.Лыкова НАН Беларуси
г. Минск, Республика Беларусь
shalkevich@iseu.by*

*¹International Sakharov Environmental Institute of Belarusian State University, ISEI BSU
Minsk, the Republic of Belarus*

*²A.V. Luikov Heat and Mass Transfer Institute of the National Academy of Sciences of Belarus
Minsk, the Republic of Belarus*

Разработан укрупненный вычислительный алгоритм компьютерного моделирования диффузии газов с учетом зависимости коэффициента диффузии от энтропии смешения с применением метода конечных разностей, получены результаты компьютерного моделирования на основе разработанного алгоритма. Компьютерное моделирование диффузии в смеси идеальных газов с учетом зависимости коэффициента диффузии от энтропии смешения с применением метода конечных разностей выполнено впервые.

An enlarged computational algorithm for computer modeling of gas diffusion has been developed, taking into account the dependence of the diffusion coefficient on the entropy of mixing using the finite difference method, and the results of computer modeling based on the developed algorithm have been obtained. Computer simulation of diffusion in a mixture of ideal gases, taking into account the dependence of the diffusion coefficient on the entropy of mixing using the finite difference method, was performed for the first time.

Ключевые слова: компьютерное моделирование, вычислительный алгоритм, диффузия газов, метод конечных разностей.

Keywords: computer modeling, computational algorithm, gas diffusion, finite difference method.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2024-2-261-264>

В современных научных исследованиях проблема моделирования диффузии в газовых смесях обретает актуальность [1]. Это напрямую связано с востребованностью в промышленности и относительной не совершенностью существующих моделей, описывающих процессы диффузии газов. Следовательно, актуальным становится и применение численных методов и вычислительных алгоритмов для компьютерного моделирования диффузии газов, которые могут быть применены в изучении природы смешивания газов, а также в решении проблем загрязнения окружающей среды и обеспечении безопасности промышленных процессов [2].

Наиболее популярными методами компьютерного моделирования диффузии в смесях идеальных газов являются [2]:

Численные методы. Включают в себя метод конечных разностей, который используется для дискретизации уравнений диффузии в пространстве и времени, позволяя проводить численное решение задачи. Также