

РЕГИОНАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ ВОДНЫМИ РЕСУРСАМИ: ПОДХОДЫ К ПОСТРОЕНИЮ, ВЫБОРУ СРЕДСТВ ХРАНЕНИЯ И ОБРАБОТКИ ДАННЫХ, ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

Е. Б. Яницкий,

ОАО «ВИОГЕМ», пр. Б. Хмельницкого, 86, 308007, г. Белгород

М. А. Петина,

Геолого-географический факультет, Белгородский государственный университет, ул. Победы 85, 308015, г. Белгород

Рассмотрены современные подходы к построению региональных геоинформационных систем, приводится опыт построения прикладных моделей для принятия решений в сфере управления водными ресурсами региона.

Modern approaches to constructing of regional geoinformation systems are reviewed, expertise of constructing of applied models for decision-making in the water resources management of region is given.

Ключевые слова: геоинформационные системы, управление водными ресурсами, регион.

Keywords: geoinformation system, water resources management, region.

Значительное количество территориально распределенных данных о состоянии водных ресурсов Белгородской области определяют необходимость их интеграции в единую среду хранения, обработки и анализа, которая служит аналитической основой принятия решений. Реализуется система принятия решений через региональную ГИС, аккумулирующую разнообразную информацию о водных ресурсах области и уровнях их загрязнения различными поллютантами, источниках загрязнения и т. д. Разработка такой системы, ее наполнение должны основываться на выборе наиболее рациональной схемы представления и накопления информации. Иначе говоря, необходима разработка или адаптация структуры базы данных, которая наиболее удобно и интуитивно понятно помогает пользователю в принятии управленческих решений.

Разработка ГИС довольно трудоемкий и дорогостоящий процесс. Поэтому наиболее целесообразно использовать существующий программный продукт с расширением его функциональных возможностей. Широкий набор не всегда стандартных форм представления информации о водных ресурсах региона привел к необходимости самостоятельной разработки структуры базы данных и ее алгоритмической основы. Для разработки базы данных использовалась система управления базами данных (СУБД) InterBase 6.5. Выбор данной СУБД обусловлен ее удобством и простотой реализации встроенных функций, низкой стоимостью обслуживания, удовлетворительными требованиями к квалификации пользователя, а также поддержкой Windows и Borland.

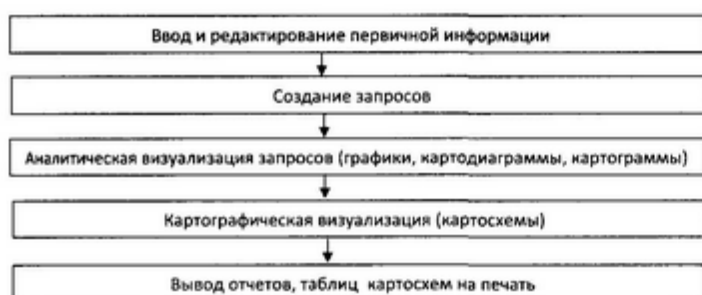
В качестве графического представления (визуализации) данных использовалось существующее программное обеспечение (ПО БелГИС, разработчик ОАО «ВИОГЕМ»). ПО БелГИС позволяет подключать любые структуры баз данных, имеет единый формат их хранения и представления, удобный и интуитивно понятный интерфейс, а также обеспечивает возможность самостоятельного (пользовательского) расширения функциональных средств, создания и редактирования пространственно-координированной информации.

Следует отметить, что механизм создания прикладных региональных ГИС проблемно зависим, т. е. существенное влияние оказывает специфика проблемной области.

Так, основой ГИС для решения региональных экологических проблем в общем случае является информационно-логическая (инфо-логическая) модель, отражающая состав, взаимодействие и функционирование различных уровней пространственно-временной иерархии всей совокупности процессов в системе (природно-ресурсных, производственно-технологических, социально-экономических и др.). В результате соединения такой модели и технологических геоинформационных средств строятся конкретные схемы ГИС для решения как частных экологических задач, так и комплексных региональных проблем (оценка изменения состояния природной среды, уровня безопасности и риска для здоровья населения, прогнозирование экологических последствий антропогенных воздействий на окружающую среду и др.) [1].

Эти задачи исследований составляют прикладную часть логической структуры ГИС экологической направленности, которая зачастую глубоко индивидуальна и не всегда поддается унификации. Инструментальные программные средства для сбора, хранения, обработки, представления информации при решении прикладных задач составляют системную часть ГИС, в основе которой лежит вполне определенный набор сервисных функций системы. Эти функции имеют, как уже указывалось, унифицированный характер, достаточно универсальны и независимы от приложений, но конкретным приложениям должны соответствовать адекватные технологические маршруты и схемы внутри сервисной операционной среды [2].

Общую методическую схему разработанной прикладной ГИС можно представить в следующем виде:



База данных водных ресурсов содержит два вида информации: фактические (значения контрольных измерений содержания вредных веществ, скорости течений, высоту уреза воды

и т. д.) и справочные (нормативные справочники значений класса опасности и предельно допустимых концентраций (ПДК) загрязняющих веществ, принадлежность бассейну и т. д.).

База данных разработана с использованием технологии объектно-ориентированного программирования, при этом использовались только стандартные компоненты, функциональные возможности которых позволяют эффективно решать задачи по созданию алгоритмов.

Кроме векторных карт, визуализируемых средствами графического редактора MapProJ, в самой базе данных реализован механизм просмотра пиксельных (растровых) карт (аналитический блок), который используется в случае самостоятельного использования базы данных, т. е. без подключения к графическому ядру системы БелГИС.

Просмотр растровых карт осуществлен через специально разработанную форму визуализации изображений.

Построение изображения может быть выполнено с автоматическим подгоном по размеру текущего окна или в масштабе 1:1. Автоматическое масштабирование осуществляется через флаг «По размеру формы».

Построение изображения осуществляется путем его загрузки из дополнительных файлов в режиме реального времени. Количество закладок, их наименования и путь к файлу указываются в файле инициализации в отдельной секции.

Основные функции региональной ГИС в сфере водных ресурсов можно свести к трем видам:

— ввод, систематизация, хранение, обеспечение актуальности и достоверности картографической, атрибутивной, графической и текстовой информации о водных объектах;

— обеспечение пользователям возможности формирования запросов, поиск, извлечение информации из баз данных (атрибутивных, картографических, текстовых, графических), предоставление пользователям информации, релевантной запросам, в виде, удобном для содержательного анализа;

— создание информационной базы для решения информационно-аналитических задач (например, построение карт загрязненности водных объектов; зонирование территории по показателям количества и качества водных ресурсов, риска вредного воздействия вод; контроль прохождения паводков и др.) [3].

В связи с тем, что структура базы данных водных ресурсов подразумевает наличие боль-



Рис. 1. Принятие решения о попадании в кластер

шого количества списков, для оптимизации трудозатрат было принято решение построить такую модель данных, которая будет хранить в специально созданных таблицах наименования и структуру списков, а также наименования элементов и значения полей. Для просмотра и редактирования списков разработаны универсальные алгоритмы, которые автоматически разбивают группы полей списка по закладкам на форме редактирования. В зависимости от типа данных выполняется проверка на корректность ввода. При записи изменений формируется SQL-запрос для сохранения значений полей в таблице значений. При этом сохраняется дата и время редактирования и ID пользователя, осуществившего изменение информации. При создании элемента формируется запрос на добавление записи, а при редактировании — запрос на изменение. При изменении структуры данных (при добавлении полей) при сохранении определяется, была ли создана ранее запись для хранения значения поля, и, если ее не было, то она создается. В противном случае выполняется изменение записи.

Разработанные структура и алгоритмы базы данных в функциональной интеграции с графическим ядром ПО БелГИС составляют системную основу региональной модели управления водными ресурсами, которая представляет собой многофункциональную экспертную систему сбора, обработки, хранения, поиска и анализа данных в сфере водопользования, состоящую из трех основных звеньев: базы данных, базы знаний и клиентского приложения.

Ключевым элементом экспертной системы является база знаний, содержащая в себе информацию о водных объектах и ресурсах Белгородского региона и их характеристиках.

В проектировании базы знаний по водным объектам было выделено 3 этапа: идентификация проблемной области; построение концептуальной модели; формализация базы знаний.

Этап идентификации проблемной области включал в себя определение назначения и сферы применения системы поддержки принятия решений, подбор экспертов и группы инженеров по знаниям, выделение ресурсов, постановку и параметризацию решаемых задач.

На этапе построения концептуальной модели создано целостное и системное описание используемых знаний о водных объектах, отражающее сущность функционирования системы поддержки принятия решений при управлении водными ресурсами Белгородского региона.

Формализация базы знаний осуществлялась в два этапа: выделение процессной модели; преобразование процессной модели в модуль базы знаний.

Процессорная модель позволяет определить иерархию процессов и выделить процессы принятия решений о «попадании» в кластер и принятия решений о наилучшем варианте (рис. 1 и 2).

Наполнение базы данных знаний системы поддержки принятия решений основывается на фреймах. Фрейм — это модель абстрактного образа, минимально возможное описание сущности какого-либо объекта. Фреймы базы знаний системы поддержки принятия решений при управлении водными ресурсами Белгородского региона организованы в иерархию, т. е. фрейм может быть модулем верхнего уровня или подчиненным модулем, ассоциированным с отдельным объектом. Таким образом, база знаний, основанная на фреймовом подходе, повышает производительность механизма логического вывода.

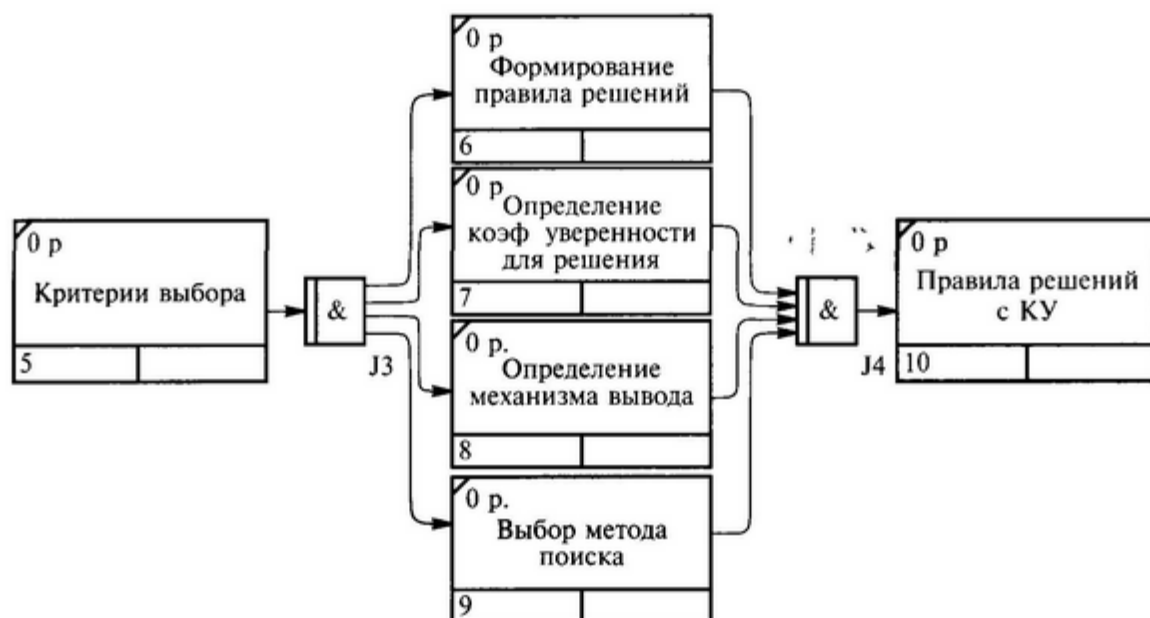


Рис. 2. Принятие решения о наилучшем варианте исхода события

База знаний системы поддержки принятия решений при управлении водными ресурсами Белгородского региона построена по модульному принципу таким образом, что декомпозиция на модули производится в соответствии с иерархией процессов принятия решений, установленной в процессной модели.

Для целей эффективного управления водными ресурсами была разработана продукционно-фреймовая модель базы знаний.

Продукционно-фреймовая модель базы знаний реализовывалась в несколько этапов.

Первый этап — предварительная оценка влияния различных примесей на качество воды. Для этих целей был использован метод анализа иерархий. Примеси, относительные важности которых очень малы, исключались, поскольку их влияние на качество воды незначительно.

После получения экспертных оценок по важности примесей была составлена матрица иерархий, проверена ее согласованность и, соответственно, верность суждений. Полученное значение отношения согласованности ($OS = 0,08$) свидетельствует о верности суждений.

Следующий этап — разработка системы фреймов базы знаний для экспертной системы и разработка правил-продукций (рис. 3 и 4).

В качестве фреймов были выбраны вид примеси, вид водоема, масса, количество, общие физико-химические показатели, неорганические примеси, решение проблем.

Правила-продукции позволяют представить знания в виде предложений «ЕСЛИ» — «ТО». Алгоритмическое представление правила-про-

дукции системы, например, для оценки качества воды имеет вид:

Rule 3
 =(Вид 1. Вид примеси; хлориды)
 =(Масса 1. Массовая доля примеси в 1 дм³ воды; от 10 ± 10 % до 250 ± 10 % мг/дм³)
 >(Количество 1. Количество примеси в конкретном водоеме; 150 мг)
 =(Вид 1. Вид водоема; Северский Донец)
 ...
 Do
 =(Класс; Класс загрязнения данного водоема)
 EndR

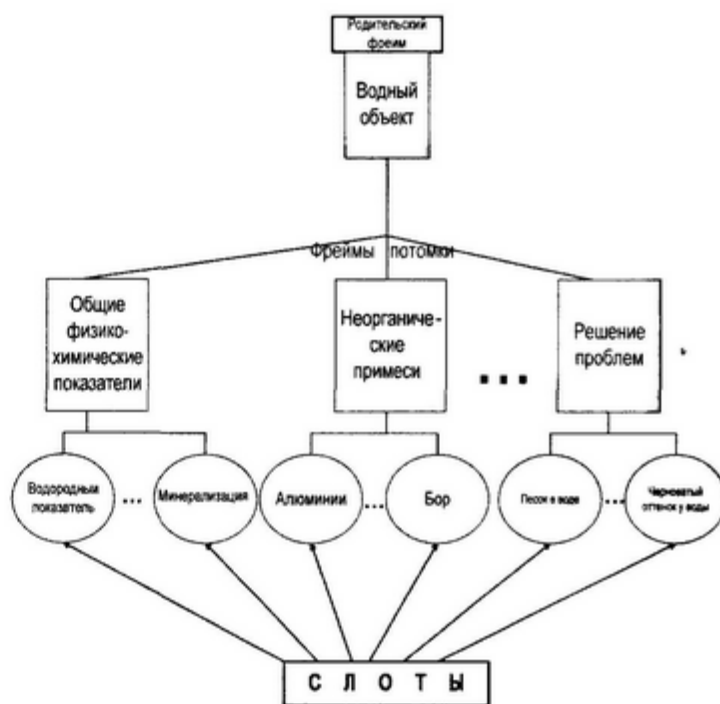


Рис. 3. Система фреймов базы знаний

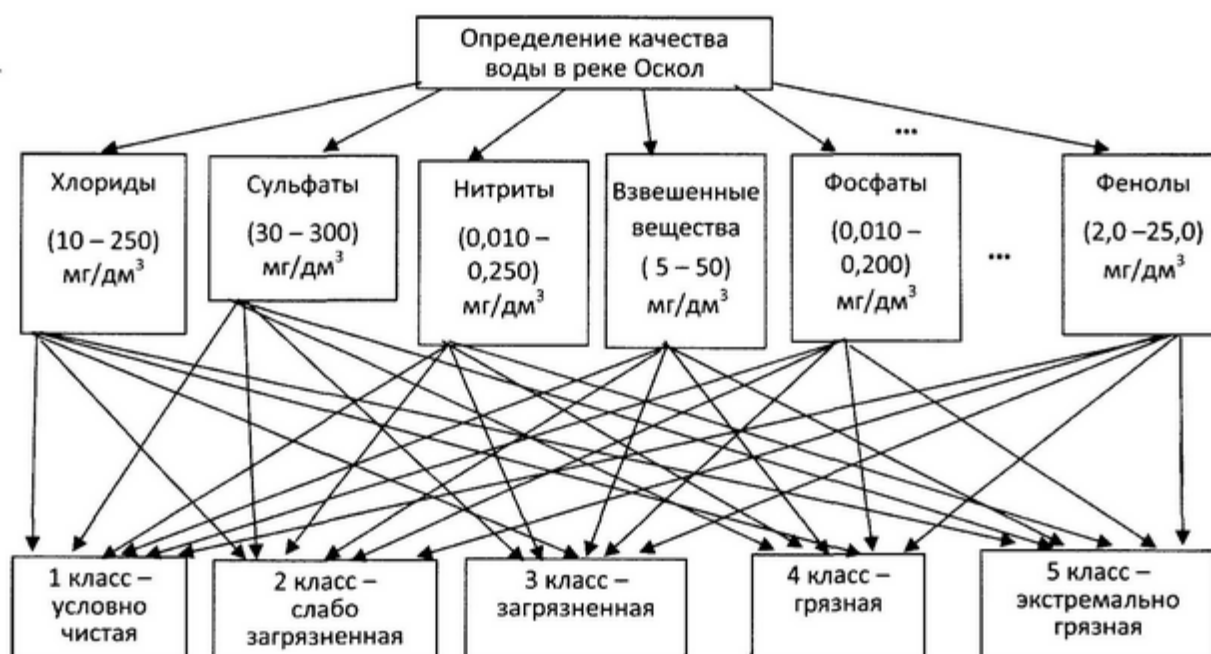


Рис. 4. Фрагмент сформированных правил продукции

В этом примере рассмотрено правило для определения класса загрязнения водоема хлоридами, при этом рассматривается превышение содержания примеси в данном водоеме.

Разработанная база знаний была заполнена характеристиками водных объектов Белгородской области. Было сформировано более 1500 правил, при этом часть правил приводила к одним и тем же результатам в зависимости от изменения характеристик слотов. База знаний была размещена в экспертной системе, результатом работы является готовая база данных по рассматриваемому региону.

Объектная модель приложения, осуществляющего обработку и выдачу информации из базы данных и базы знаний по запросу пользователя в удобном для восприятия виде, реализует визуализацию справочной и фактической информации.

Помимо запросов для поддержки принятия решений система на основе базы данных позволяет строить, например, изолинии загрязнений подземных вод с учетом класса опасности, визуализировать предпроектные границы санитарных зон, при увеличении входных параметров (структура и состав вмещающих пород, удаленность от поймы, высота над уровнем моря) моделировать зоны подтопления и затопления, а также распространения загрязняющих веществ и т. д.

Библиографический список

1. Яницкий Е. Оценка и мониторинг антропогенного воздействия горной промышленности. Теория, методы, результаты. [Текст] / изд-во LAP LAMBERT Academic Publishing, 2011. — 141 с.
2. Широкова С. Л. Интеграция картографии и информатики: современные тенденции [Электронный ресурс] // Режим доступа: <http://www.gisa.ru/840.html?month=6&year=2002>
3. Васильев П. В. Геоинформатика в недропользовании [Текст] / П. В. Васильев, А. Н. Петин, Е. Б. Яницкий. — Белгород: Изд-во БелГУ, 2008. — 232 с.

Интенсивное хозяйственное использование водных объектов, возрастающее их загрязнение и истощение, требуют разработки и составления схем рационального использования и охраны водных ресурсов на региональном уровне, создания постоянно действующей системы учета и расходования водных ресурсов (водного кадастра) с целью оперативного управления водным хозяйством. Поиск оптимальных и эффективных решений должен базироваться на максимально оперативном и комплексном поступлении гидрологической информации. В этом отношении разработанные структура и алгоритмы базы данных в интеграции с графическим ядром программного пакета БелГИС, экспертной системой позволяют оперативно обрабатывать гидрологическую информацию. Комплексность и оперативность гидрологических данных служит основой принятия управленческих решений в сфере водных ресурсов.

Исследования выполнены в рамках реализации государственного задания Министерства образования и науки РФ Белгородским государственным национальным исследовательским университетом на 2012 год (№ приказа 5.1739.2011)