

**О РАЗРАБОТКЕ СТРУКТУРНОЙ СХЕМЫ
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ
ПРОЦЕССОМ МОНИТОРИНГА И ОПОВЕЩЕНИЯ О
ЗАГРЯЗНЕННОСТИ МАЛЫХ РЕК**

chernomorets@bsu.edu.ru

**Черноморец А.А., канд. техн. наук, доц.,
Петина М.А., канд. геогр. наук, доц.,
Лебедева М.Г., канд. геогр. наук, доц.,
Болгова Е.В.,
Зайцева Н.О.,
Коваленко А.Н.,
Черноморец Д.А.**

*Белгородский государственный национальный
исследовательский университет (НИУ «БелГУ»)*

Аннотация. В работе рассмотрены основные принципы построения интеллектуальной системы управления мониторингом и оповещением о состоянии малых рек региона, в том числе разработка структурной схемы интеллектуальной системы управления мониторинга и оповещения о загрязненности малых рек.

Ключевые слова: интеллектуальная система управления, экспертная система, искусственная нейронная сеть, базы данных, базы знаний, объект управления, цель управления, закон управления.

В условиях возрастающего антропогенного разрушающего воздействия на окружающую среду актуальным является развитие средств анализа ее состояния и предоставления адекватных сведений для обеспечения информационной поддержки оперативного принятия решений с целью снижения уровня экологических угроз, в частности, контроля и борьбы с загрязненностью рек Белгородской области. В проекте указанную проблему предложено решать на основе разработки соответствующей интеллектуальной системы управления.

Процессы, которые реализует система мониторинга и оповещения о загрязненности малых рек, носят сложный, динамический характер. При управлении такими процессами возникает проблема принятия обоснованных решений, в условиях дефицита времени и необходимости интеграции значительных информационных ресурсов. Одним из путей решения этой проблемы является применение интеллектуальных систем

управления (ИСУ). В работе, учитывая сложный характер зависимостей характеристик водных ресурсов, предположено при проектировании системы мониторинга и оповещения о загрязненности малых рек использовать интеллектуальную систему управления, интегрируя в состав системы управления методы и средства искусственного интеллекта (ИИ).

В результате проведенных исследований в области интеллектуальных систем управления была спроектирована более эффективная по сравнению с традиционными системами управления [1,2,3,4] система интеллектуального управления (ИСУ) процессом мониторинга и оповещения о загрязненности малых рек на основе использования новых интеллектуальных информационных технологий.

В разработанной структуре ИСУ процессом мониторинга и оповещения о загрязненности малых рек присутствуют как традиционные элементы системы управления (СУ), так и элементы модели обработки знаний, которые реализует интеллектуальная система. В ИСУ процессом мониторинга и оповещения о загрязненности малых рек дополнительными элементами по сравнению с традиционной системой управления являются элементы управления знаниями, которые связаны с реализацией искусственного интеллекта, то есть с использованием технологий экспертных систем, базы знаний, нейронных сетей, принятия решений и т.п.

Интеллектуальные системы управления – это системы управления, способные к “пониманию” и обучению в отношении объектов управления, возмущений, внешней среды и условий работы. Основное отличие интеллектуальных систем – наличие механизма системной обработки знаний. Следовательно, основная архитектурная особенность, которая отличает интеллектуальные системы управления от традиционных – это наличие механизма получения, хранения и обработки знаний для реализации соответствующих функций [2].

В основе создания интеллектуальных систем управления лежат два принципа: ситуационное управление (управление на основе анализа внешних ситуаций или событий) и использование современных информационных технологий обработки знаний [2], что и реализуется в ИСУ процессом мониторинга и оповещения о загрязненности малых рек.

Результаты анализа структуры систем управления с решающими устройствами, проведенные различными исследователями [1,2,5], показали, что одной из наиболее распространенных структур систем управления является структура (рисунок 1), которая взаимодействует с

внешней средой, и в процессе получения от нее необходимой информации модифицирует цель действия, анализирует физические и информационные воздействия на систему. Данная структура положена в основу разрабатываемой интеллектуальной системы управления. Определяющими элементами системы управления в этом случае являются: интеллектуальный преобразователь и базовая система управления [1,2,5].

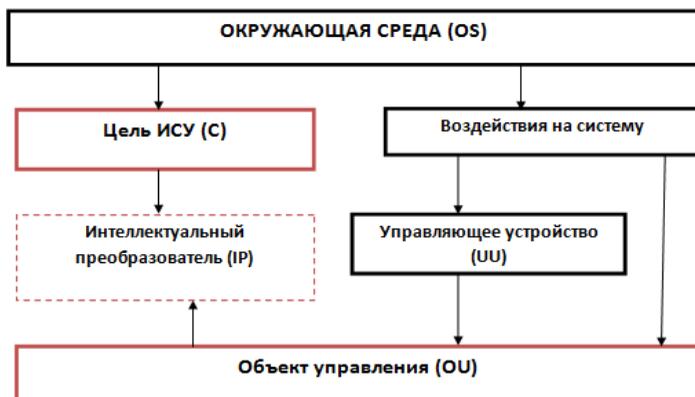


Рисунок 1 – Обобщенная структура интеллектуальной системы управления

Структура разрабатываемой ИСУ процессом мониторинга и оповещения о загрязненности малых рек связана с построением модели системы.

Математическая модель интеллектуальной системы управления основана на взаимосвязи трех компонент:

$$Y = F(IP, UU, OU),$$

где Y – состояние объекта управления, описывается текущим состоянием работ по мониторингу состояния водных объектов и рассылке сигналов оповещения, а также текущими знаниями о факторах загрязнения,

F – оператор, который реализуется на основе применения инструкций, рекомендаций и правил по сбору, передаче, хранению данных о состоянии водных объектов и по оповещению,

IP – интеллектуальный преобразователь,

UU – управляющее устройство системы,

OU – объект управления.

В качестве интеллектуального преобразователя в системе управления процессом мониторинга и оповещения о загрязненности малых рек используется динамическая экспертная система (ЭС). Динамическая ЭС используется в ИСУ для организации обоснованного выбора необходимых управляющих воздействий и программно-аппаратных процедур управления процессом мониторинга и оповещения в зависимости от состояния объекта управления и среды его функционирования.

Математическая модель интеллектуального преобразователя в задаче мониторинга и оповещения основана на применении экспертного оценивания на основе метода анализа иерархий.

Для принятия решений о необходимости формирования управляющих воздействий, заключающихся в проведении дополнительных корректирующих действий по мониторингу и модификации правил оповещения, в интеллектуальном преобразователе *IP* используется блок принятия решения.

Управляющее устройство системы *UU* формирует управляющие воздействия на объект управления *OU* для координирования действий по мониторингу и оповещению путем формирования рекомендаций, указаний и инструкции по порядку, частоте и видам проведения работ по мониторингу различных показателей загрязненности рек в текущий момент времени, также формирует различные сигналы оповещения.

Объект управления *OU* представляет собой процесс мониторинга и оповещения, в результате функционирования которого определяются значения факторов загрязнения, и осуществляется рассылка сигналов оповещения.

В разрабатываемой ИСУ процессом мониторинга и оповещения о загрязненности малых рек реализована гибридная интеллектуальная технология, которая сочетает в себе возможности ЭС и искусственных нейронных сетей (ИНС). Включение в структуру разрабатываемой ИСУ отдельных элементов распространенных интеллектуальных технологий таких, как экспертные системы (ЭС), базы знаний (БЗ), искусственные нейронные сети (ИНС), позволяет выполнять следующие функции: динамическая ЭС используется в качестве интеллектуального преобразователя, ИНС – для прогнозирования. Особенностью разработанной структуры ИСУ является применение указанных элементов интеллектуальных технологий.

Основными составляющими разрабатываемой интеллектуальной системы управления процессом мониторинга и оповещения о загрязненности малых рек являются:

1. Входная информация о состоянии водных объектов и среды Z представляет собой результаты сбора значений различных показателей о состоянии рек.

2. Объект управления – это процесс мониторинга и оповещения о загрязненности малых рек, на состояние которого можно целенаправленно воздействовать, то есть управлять им. Реализацию управления осуществляет система управления (СУ). В результате функционирования процесса мониторинга и оповещения определяются значения следующих показателей:

- физические показатели качества воды,
- химические показатели качества воды,
- гидробиологические показатели качества воды,
- расположение объекта,
- источники загрязнения,
- пункты наблюдения (категория пунктов наблюдения),
- фаза водного режима,
- вид водопользования,
- качество воды [6].

3. Цель управления X^* – определяет последовательность, частоту и виды проведения работ по мониторингу различных показателей загрязненности рек и формирование различных сигналов оповещения.

4. Воздействие на объект (управление) U – заключается в изменении последовательности, частоты и видов проведения работ по мониторингу различных показателей загрязненности рек, выполнение действий по оповещению. Реализация управляющего воздействия на объект выполняется на основе алгоритма управления j . Под алгоритмом управления понимается правило, инструкция, указание, направленные на достижение заданной цели X^* в сложившейся ситуации U – формирование рекомендаций и инструкций по порядку, частоте и видам проведения работ по мониторингу различных показателей загрязненности рек в текущий момент времени, а также различных сигналов оповещения.

5. В качестве интеллектуального преобразователя IP в ИСУ процессом мониторинга и оповещения о загрязненности малых рек используется динамическая экспертная система (ЭС).

Функционирование интеллектуального преобразователя в разрабатываемой системе представляет собой совместную работу экспертов по анализу состояния водных объектов и оценке качества воды для различных видов водопользования, которые обрабатывают:

- информацию о внешней среде;
- информацию об объекте управления;
- результаты прогнозирования на основе нейронных сетей;
- результаты прогнозирования на основе частотных представлений.

Эксперты также подготавливают сведения для принятия решений о необходимости формировании сигналов воздействия на управляющие блоки системы.

6. Базовая система управления (управляющее устройство системы) *UU* представлена на схеме блоками «Выработка управления» и «Исполнение управления». В процессе функционирования данной системы происходит формирование управляющего воздействия на объект управления *OU* для координации действий по мониторингу и оповещению. Выполняются следующие действия: формируются рекомендации, указания и инструкции по порядку, частоте и видам проведения работ по мониторингу различных показателей загрязненности рек в текущий момент времени, также формируются различные сигналы оповещения, определяются такие управляющие воздействия как:

- тип программы наблюдения,
- порядок проведения работ по мониторингу,
- виды наблюдения,
- частота забора,
- сигналы оповещения [6].

Интеллектуальная система управления также обладает средствами модификации цели управления в зависимости от изменений количественных и качественных характеристик объекта управления и данных о среде его функционирования для построения закона управления. Закон управления определяет правила управления процессом мониторинга и оповещения на основе формирования инструкций и рекомендаций по частоте, последовательности и видам проведения работ по мониторингу различных факторов загрязнения и способах оповещения [1,2,5,7].

Основные шаги функционирования создаваемой ИСУ состоят в следующем:

Исходные данные поступают из окружающей среды (OS) в блок «Мониторинг» «Объекта управления», где они обрабатываются, фиксируются и хранятся.

Результаты мониторинга поступают в блок «Прогнозирование состояния водных объектов». После получения результатов мониторинга в блоке выполняются следующие действия: составляется прогноз на основе использования метода искусственных нейронных сетей (ИНС) и на основе частотных представлений, а также формируется обобщенный прогноз на основе результатов применения указанных методов прогнозирования для совокупного принятия решения о результате прогнозирования.

Результаты мониторинга и прогнозирования поступают в блок «Динамическая экспертная система» для совместной работы экспертов по анализу состояния водных объектов и оценке качества воды для различных видов водопользования.

Результаты мониторинга и прогнозирования поступают в блок «Модификация цели управления», где на основе этих результатов происходит формирование и модификация цели управления.

Далее выполняются указанные ранее функции блоков «Динамическая экспертная система» и «Управляющее устройство», после этого начинает функционировать «Объект управления».

Особого внимания требует управление работой блока прогнозирования состояния рек. В нем применяются искусственные нейронные сети (ИНС) совместно с методом прогнозирования на основе частотных представлений.

ИНС решают задачу прогнозирования состояния водных объектов. Полученные данные используются в процессе принятия решения о состоянии водного объекта и модификации цели управления.

Для решения задачи прогнозирования уровня загрязненности водных ресурсов в разрабатываемой ИСУ применена универсальная нелинейная модель прогнозирования, использующая многослойную нейронную сеть прямого распространения или многослойный перцептрон MLP (Multi Layer Perceptron). Элементарным преобразователем в рассматриваемых сетях является искусственный нейрон. Для решения поставленной задачи нейронная сеть предварительно обучается, т.е. производится подстройка весов нейронов по примерам обучающей выборки. Основным алгоритмом обучения MLP, использующихся в системах управления, является алгоритм обратного распространения.

Разрабатываемая ИСУ процессом мониторинга и оповещения о загрязненности малых рек обеспечивает решение ряда специфических задач:

1. В блоке прогнозирования за счет использования ИНС совместно с методом прогнозирования на основе частотных представлений будет реализована функция своевременного выявления и прогнозирования развития техногенных процессов, влияющих на качественное состояние водных объектов.

2. В блоке управляющего устройства будет реализована функция разработки рекомендаций по планированию мероприятий, предотвращающих негативные последствия техногенных процессов, оповещение о соответствующих угрозах на водных объектах.

3. В блоке динамической экспертной системы будет реализована функция оценки эффективности осуществляемых мероприятий по охране водных объектов.

4. В блоке мониторинга и оповещения будет реализована функция обеспечения необходимой оперативной информацией пользователей в области управления, использования и охраны водных объектов.

Разработанные принципы построения интеллектуальной системы управления процессом мониторинга и оповещения о загрязненности малых рек имеют фундаментальное значение для многих задач проектирования интеллектуальных систем управления процессами решения экологических проблем.

Исследования выполнены при финансовой поддержке РФФИ и Правительства Белгородской области в рамках проекта № 14-47-08052 «р_офи_м».

Список литературы:

1. Пупков К.А., Коньков В.Г. Интеллектуальные системы. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2003.
2. Усков А.А., Круглов В.В. Интеллектуальные системы управления на основе методов нечеткой логики. Смоленск: Смоленская городская типография. 2003. 177 с.
3. Черноморец А.А., Петина М.А., Коваленко А.Н., Черноморец Д.А. Особенности построения интеллектуальных систем мониторинга. Академическая наука - проблемы и достижения Материалы VII международной научно-практической конференции. North Charleston, SC, USA. 2015. С. 189-191.

4. Черноморец А.А., Петина М.А., Лебедева М.Г., Болгова Е.В., Зайцева Н.О., Коваленко А.Н. О методе выделения оптимальных частотных компонент наборов данных на основе косинус-частотных представлений. Региональная научно-техническая конференция по итогам конкурса ориентированных фундаментальных исследований по междисциплинарным темам, проводимого Российским фондом фундаментальных исследований и Правительством Белгородской области Белгородский государственный технологический университет им. В.В. Шухова. 2015. С. 446-453.
5. Макаров И.М., Лохин В.М., Манько С.В., Романов М.П. Искусственный интеллект и интеллектуальные системы управления [отв. ред. И.М. Макарова]. Отделение информ. технологий и вычислит. систем РАН. М.: Наука. 2006. 333 с.
6. Крымская О.В., Лебедева М.Г. Качество вод в реках Центрально-Черноземного региона: учебное пособие. Белгород: изд-во «Политерра», 2004.
7. Степанов М.Ф. Принципы построения и архитектура интеллектуальных систем управления. XII Всероссийское совещание по проблемам управления вспу-2014 Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН. 2014. С. 592-601.