

СБОРНИК НАУЧНЫХ СТАТЕЙ ПО МАТЕРИАЛАМ

III Всероссийской научно-технической
конференции

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ
ИНФОРМАЦИОННЫЕ
СИСТЕМЫ:
ТЕОРИЯ И
ПРАКТИКА

г. Курск

ФГБОУ ВО «Курский государственный университет»
Факультет физики, математики, информатики
Кафедра программного обеспечения и администрирования
информационных систем

**ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ
СИСТЕМЫ: ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА**

Сборник научных статей по материалам
III Всероссийской конференции

22–23 ноября 2022 года

Курск, 2022



УДК 004.8+004.9
ББК 32.973
И 73

Печатается по решению
редакционно-издательского
совета Курского
государственного университета

Рецензент

С.Г. Григорьев, докт. техн. наук, профессор, член-корреспондент РАО,
профессор департамента информатики, управления и технологий
института цифрового образования ГАОУ ВО «Московский городской
педагогический университет»

В.Г. Довбня, докт. техн. наук, доцент, главный научный сотрудник
НИИЦ (г. Курск) ФГУП «18 ЦНИИ» МО РФ

Редакционная коллегия:

А. А. Халин, канд. физ.-мат. наук (отв. ред.)

К. С. Макаров, канд. техн. наук

В. А. Кудинов, докт. пед. наук, профессор

И73 Интеллектуальные информационные системы: Теория и практика: сб. науч.ст. по материалам III Всерос. конф. / отв. ред. А.А. Халин; Курск. гос. ун-т. – Курск, 2022. – 305 с.

В сборнике публикуются научные статьи по материалам III Всероссийской научно-технической конференции «Интеллектуальные информационные системы: Теория и практика».

Издание адресовано студентам, аспирантам, преподавателям вузов, кандидатам и докторам наук, практикующим специалистам, всем, кто проявляет интерес к проектированию и разработке интеллектуальных информационных систем, их практическим приложениям, а также методам и алгоритмам интеллектуального анализа и обработки.

УДК 004.8+004.9
ББК 32.973

© Авторы, 2022
© Курский государственный
университет, 2022



УДК 628.3:621.3

DATA MINING ПРОЦЕССОВ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕЧЁТКИХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

Штепа Владимир Николаевич

доктор технических наук, проректор по научной работе
Полесский государственный университет, Беларусь, г. Пинск

E-mail: shtepa.v@polessu.by

Шикунец Алексей Борисович

магистрант

Полесский государственный университет, Беларусь, г. Пинск

E-mail: lesha.shikunets@gmail.com

В работе представлены аспекты использования метода доминирующего динамического загрязнителя при функционировании очистных сооружений. Статья также включает обоснование технологической потребности в оперативной корректировке ранжира показателей сточных вод, которые выбираются как доминирующие; предложено и реализовано использования концепта Data Mining на основе нечётких нейронных сетей при адаптации такого выбора. Получены новые знания в виде нечётких продукционных правил, которые можно использовать в системах управления очистными сооружениями.

Ключевые слова: доминирующий динамический загрязнитель, сточные воды, нечёткая нейронная сеть, Data Mining.

Введение. Для эффективного функционирования оборудования очистки сточных вод (СВ) обосновано



использовать метод доминирующего динамического загрязнителя (ДДЗ) – загрязнитель многокомпонентных водных растворов, который в текущий момент времени при фактическом составе СВ необходимо удалить первоочередно [1, 2]. Алгоритм работы очистных сооружений (ОС), с учетом метода доминирующего динамического загрязнителя, следующий:

- максимально уменьшить условия создания, проявления, распространения и влияния ДДЗ, согласно данных предварительных исследований объекта водоотведения;

- поэтапное рециркуляционное устранение ДДЗ, с учетом предельно допустимых концентраций (ПДК) поллютантов (загрязняющих веществ) СВ;

- переход к извлечению второго по важности загрязнителя (вторичный ДДЗ), если он в комплексе с первым доминирующим не удален или не нейтрализован.

Для различных коммунально-промышленных объектов в качестве доминирующих будут выступать различные поллютанты:

- административно-бытовые здания – азот аммонийный;

- производство одежды – красители;

- гальванопроизводство – тяжелые металлы;

- мясокомбинаты – жиры и хлориды.

При этом ситуация усложняется за счёт того, что наименование доминирующего динамического загрязнителя может в разные промежутки времени меняться. Например, в случаи мясокомбинатов в определённый момент таким ДДЗ будут хлориды, а через промежуток, после изменения состава СВ, – жиры.

Соответственно, актуальной задачей является создание методики, с помощью которой можно адаптивно определять



ранжир ДДЗ (очередность их редукции) в конкретный момент времени, например, с использованием подходов Data Mining.

Теоретический базис использования нечётких нейронных сетей для реализации Data Mining выбора ДДЗ. В целом Data Mining (извлечение информации) – способ анализа данных, предназначенный для поиска ранее неизвестных закономерностей (знаний) в массивах информации [3]. Использование Data Mining при оценке процессов очистки сточных вод будет включать три методические стадии:

Стадия 1. Выявление закономерностей на основе данных лабораторных и натурных исследований систем водоотведения, включая состав СВ.

Стадия 2. Использование выявленных зависимостей для прогнозирования (выбора) ДДЗ при разных значениях показателей многокомпонентных водных растворов.

Стадия 3. Анализ исключений с формированием технологических регламентов очистных сооружений с использованием метода ДДЗ.

Для реализации технического регулирования процессов очистки путём оперативного выбора ДДЗ, через агрегирования данных, использовались нечеткие нейронные сети (ННС), как таковые, что подтвердили свою технологическую эффективность при решении схожих задач [4].

Результатом применения ННС (с последующей реализацией алгоритма Сугено нечёткой логики непосредственно системой управления ОС) для получения новых знаний на исследуемых предприятиях (мясопереработка и производство бытовой химии) должны стать: функции принадлежности, структурирующие значение загрязнителей СВ при определении зависимости ранжиратора ДДЗ от них – выбираются согласно критерия «минимальная



погрешность обучения»; базы знаний оперативного формирования ранжира ДДЗ на основе продукционных правил.

Процесс реализовывался в пакете приклад математических программ MatLAB (ANFIS-Editor) с последующей генерацией кода на языке «С++».

Результаты практического применения нечётких нейронных сетей при Data Mining выбора ДДЗ. Используя наборы информации, полученные на основе ретроспективы лабораторных исследований состояния водоотведения мясоперерабатывающего комплекса и предприятия по производству бытовой химии, была сформирована специализированная база данных, обработку которой и проводили ННС. Полученные значения среднеквадратических ошибок продемонстрировали технологическую приемлемость использования синтезированных интеллектуальных математических моделей (рис. 1, 2).

Следующим этапом стало создание нечётких продукционных правил (НПП), которые и легли в основу построения систем управления ОС с интеграцией в них метода ДДЗ.

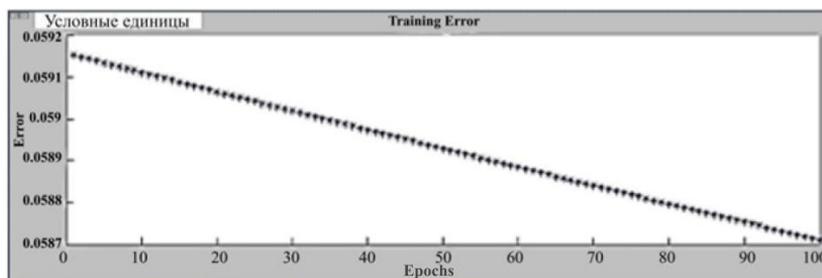
Структура НПП:

*ЕСЛИ Значение $X1 = Vx1$ И, ..., Значение $XN = VxN$ ТО
ДДЗ = $Y1$*

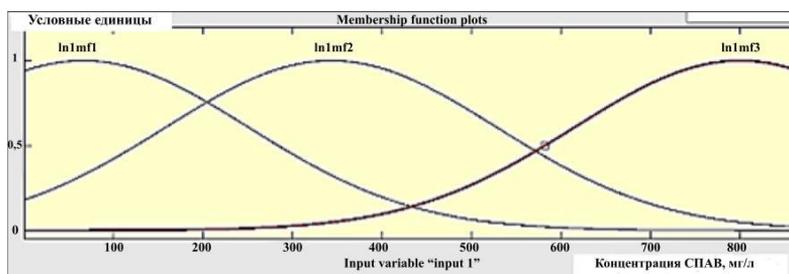
где $X1...XN$ – показатели качества СВ;

$Vx1...VxN$ – данные с модуля сбора информации о водоотведении, включая значения показателей качества СВ;

$Y1$ – один из вариантов показателя качества СВ, который может быть выбран в роли ДДЗ для исследуемого предприятия в конкретный момент времени исходя из данных полученных от системы сбора информации о водоотведении.



А)

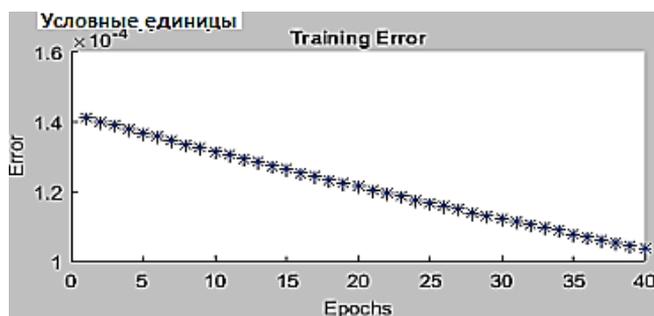


Б)

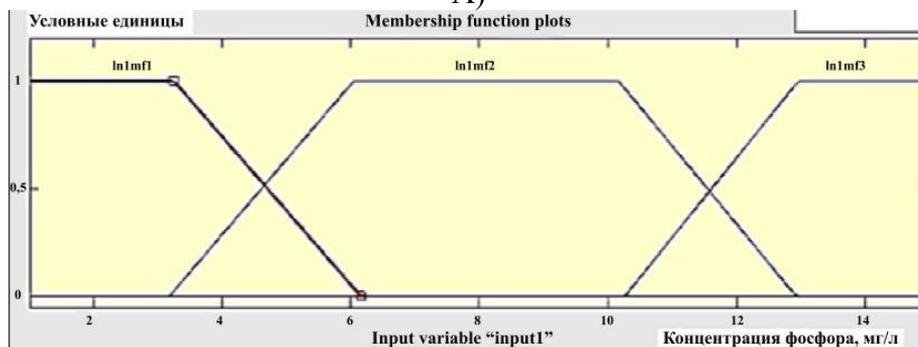
Рисунок 1 – Пример использования ННС при определении ранжира ДДЗ очистки сточных вод предприятия производства бытовой химии: А – проверка на адекватность, согласно среднеквадратичной погрешности, процесса создания функций принадлежности и базы знаний; Б – функции принадлежности показателя качества СВ «Концентрация синтетических поверхностно-активных веществ (СПАВ)»

Тогда полученные с использованием концепта Data Mining и математического аппарата ННС базы знаний процессов очистки СВ включают наборы НПП (рис. 3), базирующиеся на нечётком выводе исходя из созданных ранее функций принадлежности (см. рис. 1, 2).

Новые знания в виде НПП (см. рис. 3) позволили дополнить классические системы управления ОС, которые с их внедрением более эффективно функционируют и при этом дают возможность прогнозировать потенциальные возможности возникновения нештатных экологических ситуаций вызванных ненормативной очисткой СВ [4].



А)



Б)

Рисунок 2 – Пример использования ННС при определении ранжира ДДЗ очистки сточных вод мясоперерабатывающего комплекса: А – проверка на адекватность процесса создания функций принадлежности и базы знаний; Б – функции принадлежности показателя качества СВ «Концентрация фосфора»

```
1. If (input1 is in1mf1) and (input2 is in2mf1) and (input3 is in3mf1) and (input4 is in4mf1) then (output is out1mf1) (1)
2. If (input1 is in1mf1) and (input2 is in2mf1) and (input3 is in3mf1) and (input4 is in4mf2) then (output is out1mf2) (1)
3. If (input1 is in1mf1) and (input2 is in2mf1) and (input3 is in3mf1) and (input4 is in4mf3) then (output is out1mf3) (1)
4. If (input1 is in1mf1) and (input2 is in2mf1) and (input3 is in3mf2) and (input4 is in4mf1) then (output is out1mf4) (1)
5. If (input1 is in1mf1) and (input2 is in2mf1) and (input3 is in3mf2) and (input4 is in4mf2) then (output is out1mf5) (1)
6. If (input1 is in1mf1) and (input2 is in2mf1) and (input3 is in3mf2) and (input4 is in4mf3) then (output is out1mf6) (1)
7. If (input1 is in1mf1) and (input2 is in2mf1) and (input3 is in3mf3) and (input4 is in4mf1) then (output is out1mf7) (1)
8. If (input1 is in1mf1) and (input2 is in2mf1) and (input3 is in3mf3) and (input4 is in4mf2) then (output is out1mf8) (1)
9. If (input1 is in1mf1) and (input2 is in2mf1) and (input3 is in3mf3) and (input4 is in4mf3) then (output is out1mf9) (1)
10. If (input1 is in1mf1) and (input2 is in2mf2) and (input3 is in3mf1) and (input4 is in4mf1) then (output is out1mf10) (1)
11. If (input1 is in1mf1) and (input2 is in2mf2) and (input3 is in3mf1) and (input4 is in4mf2) then (output is out1mf11) (1)
12. If (input1 is in1mf1) and (input2 is in2mf2) and (input3 is in3mf1) and (input4 is in4mf3) then (output is out1mf12) (1)
13. If (input1 is in1mf1) and (input2 is in2mf2) and (input3 is in3mf2) and (input4 is in4mf1) then (output is out1mf13) (1)
14. If (input1 is in1mf1) and (input2 is in2mf2) and (input3 is in3mf2) and (input4 is in4mf2) then (output is out1mf14) (1)
15. If (input1 is in1mf1) and (input2 is in2mf2) and (input3 is in3mf2) and (input4 is in4mf3) then (output is out1mf15) (1)
16. If (input1 is in1mf1) and (input2 is in2mf2) and (input3 is in3mf3) and (input4 is in4mf1) then (output is out1mf16) (1)
17. If (input1 is in1mf1) and (input2 is in2mf2) and (input3 is in3mf3) and (input4 is in4mf2) then (output is out1mf17) (1)
```

Рисунок 3 – Формат базы знаний адаптации в режиме реального времени ранжира ДДЗ для мясоперерабатывающего комплекса (листинг FIS-Editor MatLAB)



Заключение. Разработанный метод настройки функционала сооружений очистки сточных вод с использованием концепта Data Mining и математического аппарата НИС даёт возможность, с внедрением подходов ДДЗ, адаптивно регулировать режимы систем водообработки, которые используют следующие базовые способы технологий ОС: биологический (через расчет подачи компрессором кислорода и известных параметров его окисляющей способности); физический (оценивая фильтрацию сорбционным фильтром и гидроциклонирование); химический (установлением степени окисления и эффективности коагуляции); физико-химический (анализируя динамику электрохимических процессов в водных растворах).

Список используемой литературы

1. **Shtepa, V.** Preventive improvement of wastewater treatment efficiency / V. Shtepa, Ye. Chernysh, D. Danilov // *Journal of Engineering Sciences*. – 2021. – Vol. 8, № 1. – P. H8-H15.
2. **Zaiets, N.** The use of electrotechnical equipment for food production wastewater treatment / N.Zaiets [et al.] // *Przegląd Elektrotechniczny*. – 2021. – Vol. 9. – P. 106-109.
3. **Зарова, Е. В.** Методы Data mining в обработке и анализе статистических данных (решения в R) : монография / Е.В. Зарова. – Москва : ИНФРА-М, 2021. – 232 с.
4. **Штепа, В. Н.** Адаптивные решения интеллектуального управления очистными сооружениями / В.Н. Штепа, Н.А. Заец, Д.Г. Алексеевский // Новые методы и технологии в водоснабжении и водоотведении : сборник трудов / Институт жилищно-коммунального хозяйства НАН Беларуси; редактор В.О. Китикова. – Минск, БГТУ, 2022. – С. 281–287.



СОДЕРЖАНИЕ

I. МЕТОДЫ И АЛГОРИТМЫ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ В ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМАХ 6

Гришин П. С. Сравнительный анализ методов контролируемого и полуконтролируемого машинного обучения в задачах классификации..... 7

Кудинов В. А., Водолад Д. В. Исследование зависимости производительности сверточных нейронных сетей от размера ядер свертки..... 25

Морозова П. И. Технология подготовки нейронных сетей для запуска на микроконтроллерах 33

Секерин А. В. Интеллектуальный анализ идеологического поля: обзор решений и разработка теоретической модели 40

II. ВОПРОСЫ ПРИМЕНЕНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ В СОЦИАЛЬНО- ЭКОНОМИЧЕСКОЙ СФЕРЕ 51

Алексеев М. Н. Об интерактивном изучении языка логического программирования Пролог-Д с помощью комплекса автоматической проверки программ КАППА. 52

Безрукова Д. Е., Катаева Е. С. Применение методов машинного обучения для прогнозирования площадей лесных пожаров в Португалии..... 62

Букирёв А. С., Савченко А. Ю., Забазнов А. А. Модель нейросетевой интеллектуальной диагностической системы информационно-преобразующих элементов бортового оборудования интегрированной авионики 71

Выдрина О. Н., Гордиенко В. В. Выделение событий международного значения с использованием методов машинного обучения..... 85



<i>Горислав А. А.</i> Исследование классических алгоритмов машинного обучения для предсказания ингибирующей активности малых молекул к CDK7.....	91
<i>Граборова Е. В., Катаева Е. С.</i> Комплексный анализ базисных аспектов заработной платы технических специалистов в области информационной безопасности	100
<i>Гранкина Д. М., Макаров К. С.</i> Алгоритм LSTM для прогнозирования будущих трат с использованием данных временных рядов	109
<i>Кочегурова Е. А., Очиров Ж. А.</i> Мониторинг пользователя дистанционной системы на основе динамических характеристик клавиатурного почерка	122
<i>Крутикова А. А., Крыжевич Л. С.</i> Интеллектуальная система поддержки принятия решений при управлении судном на основе классификации ледяного покрова	132
<i>Лоторева В. В., Макаров К. С.</i> Применение самоорганизующихся карт Кохонена для кластеризации медицинских изображений	143
<i>Петрущенко Т. В., Ветрова Н. Н., Колесникова А. Ю.</i> Интеллектуальные системы управления в государственных структурах	154
<i>Степанчук Н. Н.</i> Интеллектуальное сопровождение принятия решений в проективной психодиагностике	168
<i>Ураева Е. Е.</i> Применение технологий искусственного интеллекта при обучении языкам программирования	184
<i>Шилин А. Н., Шилин А. А., Авдеюк Д. Н.</i> Интеллектуализация информационно-измерительных систем и управляющих систем	194
<i>Штепа В. Н., Шикунец А. Б.</i> Data Mining процессов очистки сточных вод с использованием нечётких нейронных сетей.....	210



III. МЕТОДЫ И ТЕХНОЛОГИИ АНАЛИЗА,
ПРОЕКТИРОВАНИЯ И РАЗРАБОТКИ
ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ..... 217

Бабкин Е. А., Ращупкина В. В. Представление диаграмм деятельности с дорожками в виде многоагентной имитационной модели 218

Барбашина К. С. Анализ и проектирование информационной системы факторингового обслуживания с использованием моделей в нотациях UML и BPMN..... 229

Долженкова А. Д. Анализ процесса управления задачами на предприятии через проектирование моделей в нотациях UML и BPMN..... 240

Игошин Я. Е., Сятрайкин Е. Г., Лернер И. М. Цифровизация сервиса при помощи веб разработки..... 252

Ковалева О. А., Саплина А. Б., Ковалев С. В., Суслин А. А. Управление динамикой развития городской среды на основе агент-ориентированного метода моделирования 261

Куринный Ф. А. Безопасное управление информацией в беспроводных системах и сетях с применением шифрования на эллиптических кривых 269

Морозова А. В. Анализ и совершенствование бизнес-процессов аптечной сети 278

Потреба Е. Ю., Губенко Н. Е. Инфологическая модель защиты конфиденциальной информации дизайн-студии 287

Ткаченко К. С. Корректировка узловых параметров информационно-аналитических систем в социально-экономической сфере при шаблонных изменениях входного потока..... 296

Алфавитный указатель 303