

УДК 004.67

DOI: 10.22213/2410-9304-2021-2-114-122

Методы анализа данных для применения в системах интеллектуальной поддержки решения задач обработки данных мониторинга химически опасных объектов

И. М. Янников, доктор технических наук, доцент, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова, Ижевск, Россия
М. В. Телегина, кандидат технических наук, доцент, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова, Ижевск, Россия
Р. А. Галиакберов, аспирант, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова, Ижевск, Россия

Статья посвящена вопросам анализа методов обработки данных мониторинга загрязнений потенциально, в первую очередь, химически опасных объектов.

Поскольку мониторинг химически опасных объектов имеет свою специфику, в статье приведены основные цели и принципы проведения указанного мониторинга, особенности получаемых данных и требования к методам проведения исследований, которые необходимо учитывать при организации их сбора, обработки и хранения. В целях единого понимания положений работы проведена систематизация методов обработки информации, дана их краткая характеристика. Для более наглядного представления приведено графическое представление методов качественного, количественного и геоинформационного анализа, интеллектуального анализа методов обработки с использованием пространственного аспекта.

На основе проведенного аналитического обзора сформулированы преимущества и недостатки рассмотренных групп методов, проведена их приоритизация применительно к специфике обработки данных мониторинга химически опасных объектов. Общие выводы по статье учитывают результаты проведенных авторами исследований по обработке данных мониторинга загрязнений химически опасных объектов. Показано, что использование вышеуказанных методов позволит разработать системы поддержки решения задач обработки мониторинговой информации, способные оперативно обработать большие объемы данных с сохранением высокой точности результатов.

Ключевые слова: методы обработки информации, методы мониторинга загрязнений, комплексность, количественный анализ, качественный анализ, интеллектуальные методы, пространственный анализ, геоинформационный анализ.

Введение

Одно из важных мест в вопросах обеспечения безопасности потенциально, в том числе химически, опасных объектов (ПОО, ХОО) занимает оценка безопасности путем мониторинга и аудита ее состояния в условиях нормальной эксплуатации.

Учитывая особенности анализа характеристик загрязнения окружающей среды, а также существующих теоретических и практических методов мониторинга за ее состоянием на химически опасных объектах (ХОО), можно констатировать, что основным условием данного анализа является учет всестороннего взаимодействия компонентов в природной среде и особенностей поведения загрязнителей, что возможно лишь при комплексном подходе к проведению исследований. При этом необходимо подчеркнуть, что целями комплексного экологического мониторинга прежде всего являются [1] оценка соблюдения экологических нормативов, диагностика состояния экосистем и среды обитания и обеспечение заблаговременного предупреждения негативных ситуа-

ций. Основные принципы комплексного экологического мониторинга химически опасных объектов (КЭМ ХОО): комплексность, единство информационной среды, единство организационной структуры, единство программы проведения мониторинга, приоритетность, научное сопровождение на всех этапах жизненного цикла потенциально опасных объектов. Необходимо подчеркнуть, что комплексность КЭМ ПОО определяется в соответствии с его составом, к тому же он сам является элементом вышестоящей системы комплексного многоступенчатого мониторинга ПОО, внедренного на ряде предприятий, в том числе и в Удмуртской Республике [2].

К признакам комплексности, как правило, относят [3]:

- интегральность, т. е. наблюдения за суммарными показателями;
- многосредность, т. е. наблюдения в основных природных средах;
- системность, т. е. воссоздание биохимических циклов загрязняющих веществ;

- многокомпонентность, т. е. анализ различных видов загрязняющих веществ;
- унификация методов анализа и контроля, обеспечения качества данных.

Для решения подобных задач требуются определенные методы анализа и обработки информации, а также системы, способные обработать большие объемы с сохранением высокой точности результатов и высокой скорости выполнения данной процедуры.

В общем процесс анализа данных интерпретируется как «процесс поиска скрытых закономерностей и генерации новых знаний». В качестве основных задач выделяют: прогнозирование, классификацию, поиск схожих черт, выдачу рекомендаций, выявление отклонений [4].

Имеющиеся сегодня методы и способы выполнения анализа данных имеют различное происхождение, способы работы, необходимые условия функционирования, различную точность и скорость работы, предназначение того или иного метода, что делает процесс их структуризации и описания очень трудоемким.

В зависимости от формы и структуры информации все методы ее обработки делятся на методы качественной обработки, методы количественной обработки, методы геоинформационного анализа, интеллектуальные методы и методы обработки с использованием пространственного аспекта.

Методы качественной обработки информации

Качественные данные в системе обработки информации – это те, которые не измеряются числами. В зависимости от вида представления, качественные данные делятся на 3 группы [5]: номинальные значения, порядковые данные, бинарные данные.

В основе качественного анализа лежит целая группа процедур, начиная от содержательного анализа информационных единиц и их выделения, заканчивая обобщением и интерпретацией. На рис. 1 представлены выделенные их всего многообразия группы методов качественного анализа [6–8].

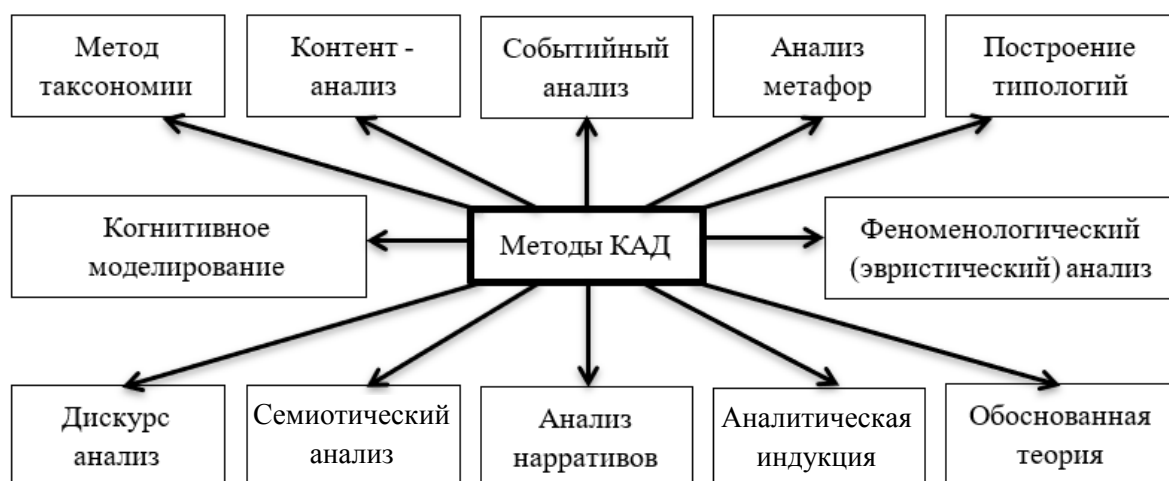


Рис. 1. Методы качественного анализа данных

Когнитивное моделирование. Применяется для описания слабо структурированных и неструктурированных областей. Результатом данного типа моделирования является ориентированный граф, ребрам которого поставлены в соответствие веса. Иногда данный граф называют когнитивной картой. Факторам (концептам), определяющим ситуацию, соответствуют вершины ориентированного графа, причинно-следственным (каузальным) связям между факторами – ориентированные ребра. Ориентированные графы (когнитивные карты) применяются с целью структурирования ситуации и ее анализа. Исходя от трактовок вершин, ребер и весов на ребрах, различают такие когнитив-

ные модели, как знаковый граф и нечеткие когнитивные карты [9].

Обоснованная теория. Применяется, когда необходимо сформировать объективное (независимое) знание об изучаемом предмете, получая так называемую обоснованную модель объекта исследования [10, 11].

Аналитическая индукция является еще одним эффективным методом качественного анализа данных. В современных условиях часто применяется как один из этапов процедуры выстраивания теории [12].

Таким образом, на основе анализа методов качественной обработки информации определено, что отличительными характерными чер-

тами этих методов будут априорные условия, такие как ориентация на отдельные индивидуальные мнения и углубленный анализ ситуаций. Также особенностью данного класса методов является кодирование и построение когнитивных карт, являющиеся аналитическими процедурами. Методы качественного анализа данных могут использоваться и как дополнительная процедура экспериментального исследования, что способствует повышению надежности данных; а также применяться в самостоятельном анализе отобранного из внешнего источника материала.

Методы количественной обработки информации

Методы количественной обработки информации (статистические методы) применяются при сборе, представлении, анализе и интерпре-

тации данных. Все методы количественных исследований строятся на выполнении трех задач или этапов: статистическое наблюдение, группировка и свodka материала, обработка и анализ статистической информации с целью получения более обоснованных выводов об изучаемой проблеме или ситуации.

Все без исключения этапы статистического исследования взаимосвязаны и обладают одинаковой важностью. К тому же недостатки и ошибки, которые могут возникнуть на любой из стадий обработки, могут оказать влияние на результаты исследования в целом.

На основе анализа различных источников [13] методы количественной обработки можно разделить по основным направлениям (рис. 2).

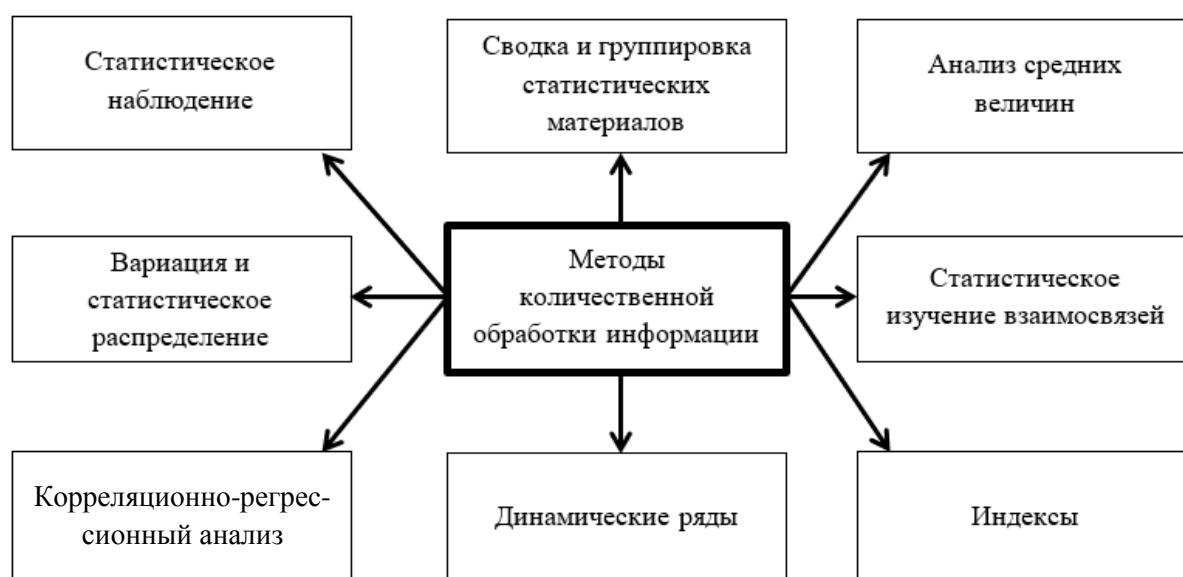


Рис. 2. Методы количественной обработки данных

Статистическое наблюдение – один из методов количественной обработки данных, представляющий собой научно-организованный процесс сбора данных о различных процессах или явлениях, осуществляемый по определенной системе. Методы статистического наблюдения используются для получения той или иной общей характеристики изучаемых явлений путем изучения различных признаков (как правило, выделяемых заранее) этих явлений [14].

Методы сводки (группировки) статистических данных – представляют собой процесс обобщения полученных статистических данных, приведение тех или иных единичных событий в одну общую систему с целью получения каких-либо общих показателей статистики [15].

Статистическое распределение (методы вариации) – по своей сути являются частным случаем группировки (ее простейшим случаем). В рядах распределения каждая выделенная по тому или иному признаку группа может быть охарактеризована лишь с точки зрения частоты проявления этого признака. На практике различают атрибутивные и вариационные ряды распределения, в зависимости от того, какой признак лежит в основе ряда распределения [16].

Методы анализа средних величин. Данная группа методов представляет собой общую характеристику тех или иных явлений, схожих по качественным признакам, по какому-либо определенному количественному признаку [17]. В процессе получения (вычисления) средних

величин в распределении обнаруживается уровень проявления признаков (их количественный показатель), что позволяет выделить свойства, типичные для данного распределения [18].

Корреляционно-регрессионный анализ. Данный вид качественной обработки данных основывается на анализе связей (в количественном аспекте), образовавшихся между теми или иными свойствами (величинами), которые характеризуют изучаемое явление или процесс. Регрессионный анализ – метод качественного анализа, который позволяет количественно обнаружить взаимосвязанность случайных величин, между которыми была обнаружена корреляционная связь [19]. В основе регрессионного анализа лежит понятие регрессии – математической функции, которая позволяет определить приближенные средние значения одной величины в зависимости от известных значений другой величины при условии, что та корреляционно с ней связана.

Методы индексов. Индекс является относительным показателем сравнения, характеризующим степень изменения процесса (явления) в пространственном, временном аспектах или в сравнении с его средним значением [20]. Индексы позволяют решать задачи оценки дина-

мики изменения средних значений в совокупности, влияния каких-либо отдельных факторов на изучаемый процесс (явление) в целом, построение характеристики изменения одноименного показателя в разнородных совокупностях и др. Основным условием использования метода индексов является наличие жестко детерминированных связей.

В практическом аспекте данный метод обработки данных используется для соизмерения сложных процессов и явлений, в которых количественная их интерпретация предусматривает выполнение сложных расчетов, для определения степени влияния отдельных факторов на формирование величины в целом, для выполнения сравнений явлений и процессов не только по их значениям по годам, но и в сравнении с другим нормативом или территорией.

Интеллектуальные методы и методы обработки с использованием пространственного аспекта

Data mining, как система интеллектуального анализа данных, возникла на стыке таких понятий, как статистика, машинное обучение, искусственный интеллект. Существует большое количество различных методов data mining (рис. 3) [21–23].

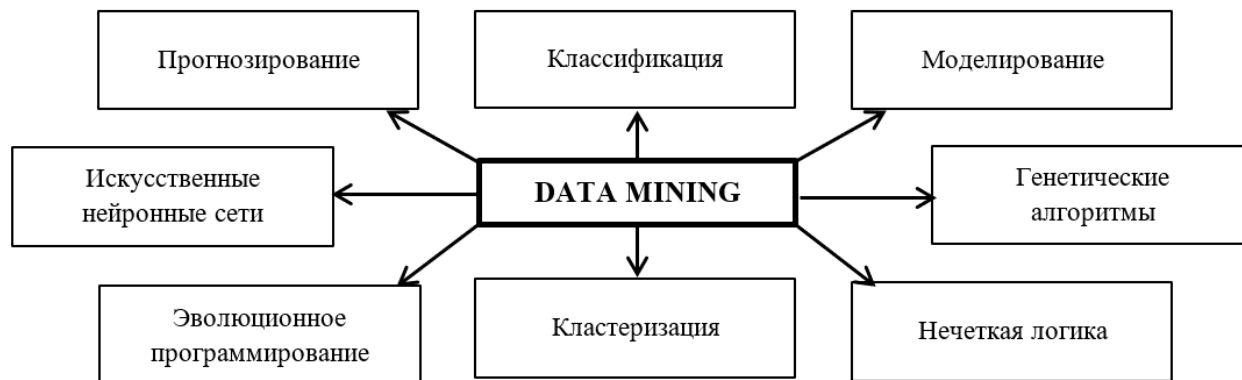


Рис. 3. Методы интеллектуального анализа данных

Помимо указанных выше, также выделяют: системы рассуждения на основе аналогичных случаев; алгоритмы определения ассоциаций и последовательностей; анализ с избирательным действием; алгоритмы ограниченного перебора; логическая регрессия; деревья решений; комбинированные методы, визуализация данных и др.

Метод классификации используют при описании и анализе нескольких атрибутов для определения принадлежности к определенному классу. Основная задача классификации – «определить, к какому классу относятся те или

иные данные; при этом множество классов, к одному из которых впоследствии можно отнести исследуемый объект, заранее известно» [24].

Нейронные сети как метод используются в основном для прогнозирования, классификации, распознавания образов и кластеризации. При использовании нечетких данных для определения параметров функций принадлежности применяется существующая выборка данных. На основе аппарата нечеткой логики делаются выводы, а алгоритмы обучения нейронных сетей используются для нахождения параметров функций принадлежности.

Кластеризация для цели выявления кластеров позволяет применять общие атрибуты различных классификационных групп. На основе анализа одного или более атрибутов сгруппируются отдельные элементы информационного массива данных с целью получения соответствующего описания кластеров. Кластеризация применима при исследовании различного типа информации, что доказывают примеры, где подобия и диапазоны согласуются между собой.

В работе [25] относительно перспектив data mining выделены направления развития:

1. Выделение отдельных предметных областей с соответствующими им описаниями. Формализация данных описаний позволит значительно облегчить решение задач извлечения знаний из данных в этих областях.

2. Создание средств формализации рассуждений и автоматизаций за счет развития формальных языков и логических средств, что

в конкретных предметных областях станет инструментом решения задач интеллектуального анализа.

3. Создание и развитие методов интеллектуального анализа с целью неизвлечения знаний из данных, формирования теоретического аппарата, опирающегося на экспериментальные данные.

4. Ликвидация отставания возможностей инструментальных средств интеллектуального анализа от достижений в теоретических исследованиях этой области.

Геоинформационный анализ

Процесс геоинформационного анализа представляет собой анализ явлений (объектов) на предмет их структуры, размещения и наличия взаимосвязей с применением методов гео-моделирования и пространственного анализа [26]. Основные виды геоинформационного анализа представлены на рис. 4.

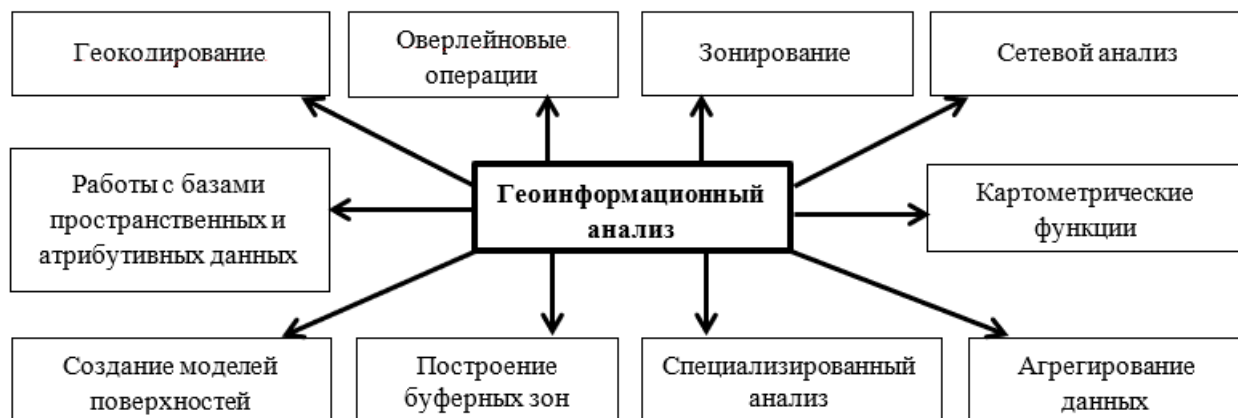


Рис. 4. Виды геоинформационного анализа

Основными преимуществами методов геоинформационного и пространственного анализа являются:

1. Глобальная интеграция сети Интернет и геоинформационных систем, что позволяет использовать в ГИС данные из всемирной паутины, а также создавать собственные ресурсы в сети Интернет.

2. Возможность добавления необходимых пользователю наборов функций благодаря наличию в ГИС встроенных языков программирования.

3. Полная встраиваемость всех программных решений внутри одного интерфейса.

4. Возможность использования гибкой системы запросов.

5. Возможность объединения в одной геоинформационной среде данных из различных источников.

6. Возможность интеграции данных с современными информационными системами и системами управления базами данных (СУБД) путем создания атрибутивных баз данных с открытой структурой.

Заключение

В заключение можно сказать, что методы анализа и обработки информации представляют значительный интерес для систем обеспечения безопасности химически опасных объектов. Проведенный анализ методов обработки информации показывает, что применимость одних методов в системе мониторинга ХОО ставится под сомнение в то время, как перспективы использования других открывают широкие возможности для снижения рисков возникновения и развития аварий.

В частности, использование ряда методов качественного анализа малоприменимо по отношению к ХОО. Несмотря на то, что подобные

методы позволяют получить очень точные и объективные результаты при их грамотном и своевременном использовании, чрезмерное увлечение подобными методами может привести к необоснованным аналитическим результатам. Это связано с тем, что большинство методов качественного анализа сводится к приведению исходных данных к средним величинам, которые нивелируют различия в количественных признаках отдельных, зачастую важных для цели исследования массивов данных. Кроме того, их малая, в сравнении с другими методами, интегрируемость с различными ЭВМ и средствами автоматизации снижает скорость проведения и увеличивает трудоемкость и сложность их выполнения. Разумеется, сказанное не означает неприменимость методов качественного анализа в системах обработки информации химически опасных объектов. Разработанная авторами система прогноза и принятия решений по результатам оценки экологической безопасности с применением ориентированных графов успешно применялась при эксплуатации объектов по хранению и уничтожению химического оружия [27], а разработанное для нее программное обеспечение до настоящего времени применяется для решения задач, в том числе и совершенно иной направленности.

В настоящее время наиболее часто используются методы количественной обработки информации. К преимуществам подобных методов можно отнести широкий спектр их применения, многообразие видов входных данных, возможность получения быстрых результатов с заданными условиями точности и объективности.

Значительный потенциал использования заложен в методах интеллектуальной обработки данных, особенно для получения новых знаний на основе выявления «скрытой» информации. В то же время методы на основе нейронных сетей, кластеризации и другие подобные им методы не так распространены для обработки данных мониторинга и контроля химически опасных объектов, несмотря на имеющийся потенциал по сравнению с любыми другими методами анализа данных. Что доказывает применение нейронных сетей для обработки данных биомониторинга [28], полученные результаты подтверждают повышение оперативности и достоверности определения удельного фонового содержания загрязнителя в биообъектах. И следовательно, будут способствовать повышению оперативности и достоверности принимаемых мер по обеспечению экологической безопасности в исследуемых районах.

Методы геоинформационного и пространственного мониторинга на сегодняшний день повсеместно применяются во многих системах анализа различных пространственно распределенных данных, включая и системы мониторинга ХОО. Применение указанных методов для оценки воздействия химически опасных объектов на окружающую среду достаточно подробно изложено в указанных в настоящей статье работах авторов. Результаты проведенных исследований показали их эффективность, а разработанная на базе ГИС методика автоматизированного размещения пространственной сети биомониторинга использовались при организации системы экологического мониторинга объекта по уничтожению химического оружия в г. Камбарке Удмуртской Республики.

Вышеуказанные методы обработки, разработанные для решения конкретных задач, применялись комплексно в рамках интеллектуальной системы поддержки решения задач обработки результатов биомониторинга ПОО и доказали свою эффективность.

Таким образом, для обеспечения безопасности химически опасных объектов и их территорий необходима разработка не обычной системы обработки многообразных данных мониторинга химически опасных объектов: структурированных и неструктурированных, четких и нечетких, пространственно-распределенных, а целостной системы поддержки принятия решений, основанной на методах качественной, количественной, интеллектуальной обработки данных и геоинформационных технологиях.

Комплексное применение указанных методов обработки и анализа данных позволит, учитывая особенности анализа оценки состояния ХОО с учетом всестороннего взаимодействия компонентов в природной среде и аспекты поведения загрязнителей, разработать системы поддержки решения задач обработки мониторинговой информации, способные оперативно обработать большие объемы данных с сохранением высокой точности результатов.

Библиографические ссылки

1. Экологический мониторинг опасных производственных объектов: опыт создания и перспективы развития (на примере систем экологического контроля и мониторинга объектов по уничтожению химического оружия) / В. П. Капашин, Н. Г. Кутьин, В. В. Мартынов, М. В. Ферезанова, В. Н. Чупис ; под общ. ред. В. Н. Чуписа. М. : Научная книга, 2010. – 526 с. : ил.

2. Янников И. М. Методы и системы автоматизации обработки результатов биологического монито-

ринга потенциально опасных объектов : монография. Самара : Изд-во СамНЦ РАН, 2020. 486 с.

3. Горшков М. В. Экологический мониторинг : учеб. пособие. Владивосток : Изд-во ТГЭУ, 2010. 313 с.

4. Поручиков М. А. Анализ данных : [учеб. пособие]. Самара : Изд-во Самарского университета, 2016. 88 с.

5. Статистические типы данных, используемые в машинном обучении. – URL: <https://yandex.ru/turbo/puancesprog.ru/s/p/9713> (дата обращения: 27.02.2021).

6. Страусс А., Кобрин Д. Основы качественного исследования: обоснованная теория, процедура техники. М. : Эдиториал, УРСС, 2001.

7. Киблицкая М. В., Масалков И. К. Методология и дизайн исследования в стиле кейс-стади. М. : Изд-во Международного университета бизнеса и управления, 2003. 287 с.

8. Семенова В. В. Качественные методы. М. : Добросвет, 1998.

9. Кузнецов О. П. Когнитивное моделирование слабо структурированных ситуаций. URL: <http://posp.raai.org/data/posp2005/kuznetsov/kuznetsov.html> (дата обращения: 28.02.2021).

10. Кишинская В. С. Качественные данные и методы социологического исследования // Петербургская социология сегодня. 2011. №3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/kachestvennyye-dannyye-i-metody-sotsiologicheskogo-issledovaniya> (дата обращения: 28.02.2021).

11. Страус А., Корбин Дж. Основы качественного исследования. Обоснованная теория: процедуры и техники / пер. с англ. Т. С. Васильева. 2-е изд., стереот. М. : КомКнига, 2007.

12. Фоменков А. И. Основные подходы в современной практике анализа данных, полученных в качественном социологическом исследовании. URL: <https://smolsoc.ru/index.php/home/2009-12-24-13-38-54/30-2010-08-30-11-30-31/1096-2011-02-06-03-27-28>.

13. Шорохова И. С., Кисляк Н. В., Мариев О. С. Статистические методы анализа : [учеб. пособие] / Министерство образования и науки Российской Федерации, Уральский федеральный университет. Екатеринбург : Изд-во Уральского университета, 2015. 300 с.

14. Ершова Е. А. Методы статистического анализа // European research. 2016. № 12. С. 27–29.

15. Полякова В. В., Шаброва Н. В. Основы теории статистики : [учеб. пособие] / М-во образования и науки Рос. Федерации, Уральский федеральный университет. 2-е изд., испр. и доп. Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2015. 148 с.

16. Демин С. Е., Демина Е. Л. Математическая статистика: учебно-методическое пособие / Министерство образования и науки Российской Федерации; ФГАОУ ВО «УрФУ им. первого Президента России Б.Н. Ельцина», Нижнетагильский технологический институт (филиал). Нижний Тагил: НТИ (филиал) УрФУ, 2016. 284 с.

17. Бугель Н. В., Булавчик В. Г. Правовая статистика : учеб. пособие для курсантов и слушателей образовательных учреждений МВД России. М. : ЦОКР МВД России, 2010. 272 с.

18. Шанченко Н. И. Общая статистика. Лабораторный практикум : учеб. пособие. Ульяновск : УлГТУ, 2013. 114 с.

19. Корреляционный и регрессионный анализ: [методическое пособие для самоподготовки] / Н. В. Нигей, М-во образования и науки Рос. Федерации, Амурская государственная медицинская академия. Благовещенск.

20. Тарновская Л. И. Статистика : [учеб. пособие]. Томск : Изд-во ТПУ, 2008. 248 с.

21. Певченко С. С. Методы интеллектуального анализа данных // Молодой ученый. 2015. № 13 (93). С. 167–169. URL: <https://moluch.ru/archive/93/20875/> (дата обращения: 08.03.2021).

22. Храмов А. Г. Методы и алгоритмы интеллектуального анализа данных: [учеб. пособие]. Самара : Изд-во Самарского университета, 2019. 176 с.

23. Мусаев, А. А. Интеллектуальный анализ данных : [учеб. пособие]. СПб. : СПбГТИ(ТУ), 2018. 56 с.

24. Телегина М. В., Янников И. М., Габричидзе Т. Г. Методы и алгоритмы оценки воздействия потенциально опасных объектов на окружающую среду : монография. Самара : Изд-во Самарского НЦ РАН, 2011. 152 с.

25. Чубкова И. А. DATA. URL: https://portal.tpu.ru/departments/kafedra/vt/Disciplines_VT/Data_storehouses/FilesTab/Tab/lections20data20mining.pdf (дата обращения: 08.03.2021).

26. Карманов А. Г., Кнышев А. И., Елисеева В. В. Геоинформационные системы территориального управления : учеб. пособие. СПб. : Университет ИТМО, 2015. 121 с.

27. Методы и системы обработки данных биомониторинга потенциально опасных объектов : монография / И. М. Янников, М. В. Телегина, В. А. Алексеев, Т. Г. Габричидзе. Самара: Изд-во Самарского государственного аэрокосмического университета, 2011. 200 с.

28. Янников И. М., Телегина М. В., Кузнецов Н. П. Применение нейронных сетей для обработки данных биомониторинга загрязнений // Экология промышленного производства. Вып. 4 (108). М. : Компас, 2019. С. 41–44.

References

1. Kapashin V.P., Kutin N.G., Martynov V.V., Ferezanova M.V., Chupis V.N. *Ekologicheskii monitoring opasnykh proizvodstvennykh ob"ektov: opyt sozdaniya i perspektivy razvitiya (na primere sistem ekologicheskogo kontrolya i monitoringa ob"ektov po unichtozheniyu khimicheskogo oruzhiya)* [Environmental monitoring of hazardous production facilities: the experience of creation and development prospects (on the example of environmental control and monitoring systems for the destruction of chemical weapons)] /

- Under total. ed. Chupisa V.N. Moscow : Nauchnaya kniga Publ. 2010. 526 p. (in Russ.).
2. Yannikov I.M. *Metody i sistemy avtomatizatsii obrabotki rezul'tatov biologicheskogo monitoringa potentsial'no opasnykh ob"ektov : monografiya* [Methods and automation systems for processing the results of biological monitoring of potentially hazardous objects: monograph]. Samara: Publishing house of SamSC RAS, 2020. 486 p. (in Russ.).
3. Gorshkov M.V. *Ekologicheskii monitoring* [Environmental monitoring]. Vladivostok: Publishing house of TSUE, 2010. 313 p. (in Russ.).
4. Poruchikov M. A. *Analiz dannykh* [Data analysis]. Samara: Samara University Publishing House, 2016. 88 p. (in Russ.).
5. Statistical data types used in machine learning. Available at: <https://yandex.ru/turbo/nuancesprog.ru/s/p/9713> (accessed: 27.02.2021).
6. Strauss A., Kobrin D. Strauss A., Kobrin D. *Osnovy kachestvennogo issledovaniya: obosnovannaya teoriya, protsedura tekhniki* [Fundamentals of qualitative research: grounded theory, procedure of technology]. Moscow: Editorial, URSS, 2001 (in Russ.).
7. Kiblitskaya M.V., Masalkov I.K. *Metodologiya i dizain issledovaniya v stile keis stadi* [Case study methodology and design]. Moscow: Publishing house of the International University of Business and Management, 2003. 287 p. (in Russ.).
8. Semenova V.V. *Kachestvennye metody* [Qualitative methods]. Moscow: Dobrosvet, 1998 (in Russ.).
9. Kuznetsov O.P. *Kognitivnoe modelirovanie slabo strukturirovannykh situatsii* [Cognitive modeling of poorly structured situations]. Available at: <http://posp.raai.org/data/posp2005/Kuznetsov/kuznetsov.html> (accessed 02.28.2021) (in Russ.).
10. Kishinskaya V.S. *Kachestvennye dannye i metody sotsiologicheskogo issledovaniya* [Qualitative data and methods of sociological research] [Proc. St. Petersburg sociology today]. 2011. No. 3. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/kachestvennye-dannye-i-metody-sotsiologicheskogo-issledovaniya> (accessed: 28.02.2021) (in Russ.).
11. Straus A., Corbin J. *Osnovy kachestvennogo issledovaniya. Obosnovannaya teoriya: protsedury i tekhniki* [Fundamentals of qualitative research. Grounded theory: procedures and techniques] / per. from English T.S. Vasilyeva. 2nd ed., Stereotyped. Moscow, KomKniga Publ., 2007 (in Russ.).
12. Fomenkov A.I. *Osnovnye podkhody v sovremennoi praktike analiza dannykh, poluchennykh v kachestvennom sotsiologicheskome issledovanii* [Basic approaches in modern practice of data analysis obtained in qualitative sociological research]. Available at: <https://smolsoc.ru/index.php/home/2009-12-24-13-38-54/30-2010-08-30-11-30-31/1096-2011-02-06-03-27-28> (in Russ.).
13. Shorohova I.S., Kislyak N.V., Mariev O.S. *Statisticheskie metody analiza* [Statistical methods of analysis] / Ministry of Education and Science of the Russian Federation, Ural Federal University - Yekaterinburg: Ural University Publishing House, 2015. 300 p. (in Russ.).
14. Ershova E.A. *Metody statisticheskogo analiza* [Methods of statistical analysis]. European research, No. 12, 2016, pp. 27-29.
15. Polyakova V.V., Shabrova N.V. *Osnovy teorii statistiki* [Foundations of the theory of statistics] / Ministry of Education and Science Ros. Federation, Ural Federal University. 2nd ed., Rev. and add. - Yekaterinburg: Ural Publishing House. University, 2015. 148 p. (in Russ.).
16. Demin S.E., Demina E.L. *Matematicheskaya statistika* [Mathematical statistics: teaching aid] / Ministry of Education and Science of the Russian Federation; FGAOU VO "UrFU im. the first President of Russia B.N. Yeltsin", Nizhny Tagil Technological Institute (branch). Nizhny Tagil: NTI (branch) UrFU, 2016. 284 p. (in Russ.).
17. Bugel N.V., Safety pin V.G. *Pravovaya statistika : ucheb. posobie dlya kursantov i slushatelei obrazovatel'nykh uchrezhdenii MVD Rossii* [Legal statistics : textbook. manual for cadets and listeners of educational institutions of the Ministry of Internal Affairs of Russia]. Moscow: TsOKR of the Ministry of Internal Affairs of Russia, 2010. 272 p. (in Russ.).
18. Shanchenko, N.I. *Obshchaya statistika. Laboratornyi praktikum : ucheb. posobie* [General Statistics. Laboratory workshop: study guide]. Ulyanovsk: UISTU, 2013. 114 p. (in Russ.).
19. *Korrelyatsionnyi i regressionnyi analiz* [Correlation and regression analysis: [methodological guide for self-preparation]]/ N.V. Nigei; Ministry of Education and Science Ros. Federation, Amur State Medical Academy.- Blagoveshchensk (in Russ.).
20. Tarnovskaya L.I. *Statistika* [Statistics]. Tomsk: TPU Publishing House, 2008. 248 p. (in Russ.).
21. Pevchenko, S.S. [Methods of data mining]. Young scientist. 2015. No. 13 (93). Pp. 167-169 (in Russ.). Available at: <https://moluch.ru/archive/93/20875/> (accessed: 03/08/2021).
22. Khramov A.G. *Metody i algoritmy intellektual'nogo analiza dannykh* [Methods and algorithms for data mining]. Samara: Samara University Publishing House, 2019 176 p. (in Russ.).
23. Musaev A.A. *Intellektual'nyi analiz dannykh* [Data Mining]. St. Petersburg: SPbGTI (TU), 2018. 56 p. (in Russ.).
24. Telegina M. V., Yannikov I. M., Gabrichidze T. G. *Metody i algoritmy otsenki vozdeistviya potentsial'no opasnykh ob"ektov na okruzhayushchuyu sredu* [Methods and algorithms for assessing the impact of potentially hazardous objects on the environment]: monograph. Samara, Izd-vo Samarskogo NTs RAN, 2011. 152 p. (in Russ.).
25. Chubkova I.A. DATA MINING. Available at: https://portal.tpu.ru/departments/kafedra/vt/Disciplines_VT/Data_storehouses/FilesTab/Tab/lections20data20mining.pdf (accessed: 03/08/2021).
26. Karmanov A.G., Knyshev A.I., Eliseeva V.V. *Geoinformatsionnye sistemy territorial'nogo upravleniya* [Geoinformation systems of territorial manage-

ment: Textbook]/ SPb: ITMO University, 2015. 121 p. (in Russ.).

27. Yannikov I.M., Telegina M.V., Alekseev V.A., Gabrichidze T.G. *Metody i sistemy obrabotki dannykh biomonitoringa potentsial'no opasnykh ob"ektov : monografiya* [Methods and systems for processing biomonitoring data for potentially hazardous objects:

monograph]. Publishing house of the Samara State Aerospace University, 2011. 200 p. (in Russ.).

28. Yannikov I.M., Telegina M.V., Kuznetsov N.P. [Application of neural networks for data processing of biomonitoring of pollution]. *Ecology of industrial production*. 2019. Issue 4 (108). Pp. 41-44 (in Russ.).

Methods of Data Analysis for Use in Intelligent Support Systems for Solving Problems of Processing Monitoring Data for Chemically Hazardous Objects

I. M. Yannikov, DSc in Engineering, Associate Professor, Kalashnikov ISTU, Izhevsk, Russia

M. V. Telegina, PhD in Engineering, Associate Professor, Kalashnikov ISTU, Izhevsk, Russia

R. A. Galiakberov, Post-graduate, Kalashnikov ISTU, Izhevsk, Russia

The paper is devoted to the analysis of methods for processing data for monitoring pollution of potentially hazardous objects, primarily, chemical ones.

Since the monitoring of chemically hazardous objects has its own specifics, the paper presents the main goals and principles of performing this monitoring, the features of the data obtained and the requirements for research methods that must be taken into account when organizing their collection, processing and storage. For the purpose of a unified understanding of the provisions of the work, the systematization of information processing methods is carried out, their brief description is given. For a more visual presentation, a graphical representation of the methods of qualitative, quantitative and geoinformation analysis, intellectual analysis of processing methods using the spatial aspect is provided.

On the basis of the analytical review, the advantages and disadvantages of the considered groups of methods are formulated, and their prioritization is carried out in relation to the specifics of processing data for monitoring chemically hazardous objects. The general conclusions of the paper take into account the results of the research made by the authors on the processing of data for monitoring pollution of chemically hazardous objects. It is shown that the use of the above methods will allow us to develop systems to support the solution of monitoring information processing tasks that can quickly process large amounts of data while maintaining high accuracy of the results.

Keywords: information processing methods, pollution monitoring methods, integrity, quantitative analysis, qualitative analysis, intelligent methods, spatial analysis, geoinformation analysis.

Получено: 06.04.2021