

С. М. Ковалев, А. Н. Гуда, А. И. Долгий

АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР ТРУДОВ КОНФЕРЕНЦИИ ПТИ'22

Аннотация. В обзорной статье дан краткий анализ работ, представленных на конференции ПТИ'22, рассмотрены основные направления как теоретических, так и прикладных исследований в области современного искусственного интеллекта (ИИ). Традиционно основной акцент в большинстве принятых к публикации материалов был сделан на применении современных информационных и интеллектуальных технологий в технике. Были выделены четыре основные направления, представленные на конференции ПТИ'21: прикладные интеллектуальные системы, машинное обучение, интеллектуализация производственных процессов, нечеткие и нетрадиционные логики. По каждому из направлений сделан анализ наиболее интересных докладов для популяризации результатов исследований в области прикладного искусственного интеллекта среди русскоязычной аудитории.

В рамках конференции был организован круглый стол, на котором также обсуждались проблемы использования ИИ в медицине, бизнесе и образовании. Лучшие работы также вошли в сборник трудов конференции «Proceedings of the Sixth International Scientific Conference „Intelligent Information Technologies for Industry” (ПТИ'22)».

Ключевые слова: интеллектуальные информационные технологии, искусственный интеллект, мягкие вычисления, интеллектуализация промышленности.

Для цитирования: Ковалев, С. М. Аналитический обзор трудов конференции ПТИ'22 / С. М. Ковалев, А. Н. Гуда, А. И. Долгий // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2023. – № 1. – С. 159–174. – DOI 10.46973/0201-727X_2023_1_159.

Введение

В период с 31 октября по 6 ноября 2022 года в г. Стамбул (Турция) прошла Шестая Международная научная конференция «Интеллектуальные информационные технологии в технике и на производстве» (ПТИ'21), организованная Ростовским государственным университетом путей сообщения, Российской ассоциацией искусственного интеллекта, а также VSB-техническим университетом г. Остравы (Чешская Республика).

Целью данной конференции являлось:

- 1) обсуждение перспектив и тенденций развития современных информационных технологий, методов искусственного интеллекта (ИИ), прикладных и фундаментальных аспектов их применения в технике, на транспорте и производстве;
- 2) обмен международным опытом в решении вопросов, связанных с новейшими достижениями в области ИИ и его приложений в современной промышленности;
- 3) привлечение студентов, магистрантов, аспирантов к участию в перспективных научных исследованиях в области ИИ, расширение научного взаимодействия и информационного обмена между странами и вузами.

В конференции приняли участие около 70 специалистов, среди которых помимо инженерно-технических специалистов были научно-педагогические работники, ведущие ученые в области ИИ из России, Китая, Словакии, Турции и Чешской Республики.

На конференции было представлено 5 пленарных и 53 секционных докладов.

Пленарные доклады были представлены российскими и зарубежными учеными в области ИИ. Пленарные доклады затронули широкий круг проблем: обсуждались конкретные разработки прикладных интеллектуальных систем, рассматривались фундаментальные исследования в таких областях ИИ, как нейронные сети, нечетко-логические системы, машинное обучение и др.

В целом доклады были равномерно распределены по секциям, однако наиболее полно были представлены секции «Прикладные интеллектуальные системы» и «Машинное обучение».

1 Секция «Прикладные интеллектуальные системы» была представлена восемью докладами. В работе [1] авторы рассматривали современные методы управления логистическими процессами на транспорте. Реализация транспортно-логистических процессов происходит посредством создания различных транспортно-логистических цепочек (ТЛЦ). Каждое звено ТЛЦ в статье называется хозяйствующим агентом (ХА). Относительно ТЛЦ ставились следующие технико-технологические задачи: идентификация транспортно-логистического процесса (определение «физики» явления); прогноз его развития; управление им. Существующая логика исследования ТЛЦ состоит в следующем:

1 Осуществляется декомпозиция ТЛЦ на отдельные хозяйствующие агенты, имеющие собственные интересы, возможности, ограничения.

2 Для каждого ХА на основе статистического анализа производится построение зависимости критериев функционирования от управляющих и производственных параметров.

3 Полученная совокупность аналитических моделей позволяет определить оптимальные параметры функционирования всех ХА. Это их частные интересы, выраженные аналитически. Область экстремума критериального показателя моделируется параболой.

4 Согласование этих интересов осуществляется средствами теории активных систем, обеспечивающей учет как интересов ТЛЦ в целом, так и противоречивых интересов отдельных ХА.

ХА в докладе был представлен в виде трех составляющих (рис. 1):

– ТТС – технико-технологическая составляющая (оборудование, осуществляющее заявленные функции);

– НП – нейропроцессор, идентифицирующий текущее состояние ТТС;

– ПД – подсистема диалога с иными ХА.



Рис. 1. Базовые составляющие ХА

Диалог между ХА и ТЛЦ реализован в соответствии с принципом гомеостазиса Эшби (рис. 2).

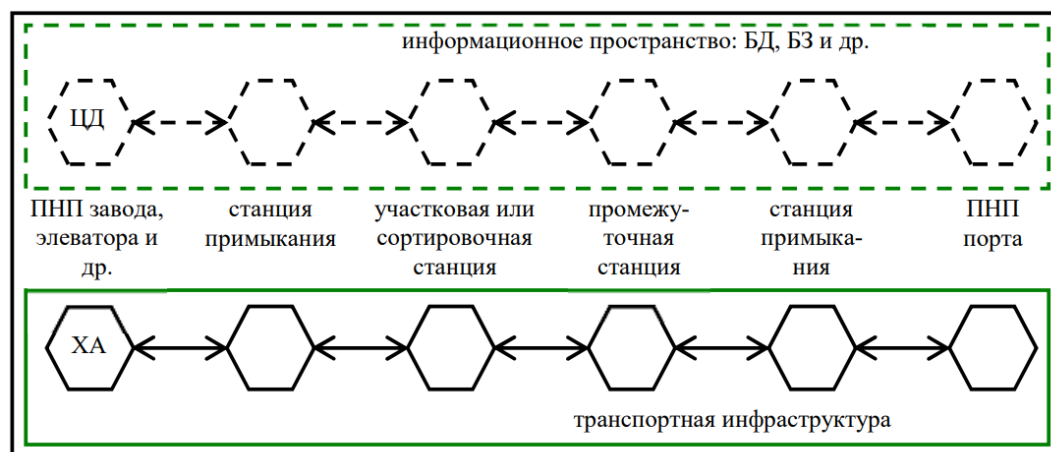


Рис. 2. Организация диалога между ХА и ТЛЦ

Результаты функционирования ХА в отдельности и всей ТЛЦ в целом заносятся в базу данных для формирования статистических отчетов и базы знаний с целью последующего совершенствования деятельности ТЛЦ, тиражирования передового опыта и т.д.

В работе [2] авторы рассматривают построение новой архитектуры распределенной системы интеллектуального анализа данных с использованием поиска решений на основе накопленного опыта

(прецедентов). Распределенную интеллектуальную систему (РИС) предлагается конструировать по принципу мультиагентных систем, состоящих из автономных узлов-агентов. Архитектура системы состоит из блоков, представляющих собой совокупность микросервисов, как показано на рис. 3:

- блок пользовательского интерфейса (User Interface Block), состоящий из компонентов взаимодействия с пользователями системы;
- блок анализа данных, который включает в себя: прецедентный блок (CBR block), содержащий компоненты для интеллектуального анализа данных (ИАД) на основе прецедентного подхода; нейросетевой блок (NN Block), включающий в себя компоненты для ИАД на основе нейросетевого подхода;
- блок хранения данных, состоящий из баз знаний для прецедентного и нейросетевого блоков, а также методов и средств для управления хранилищем.

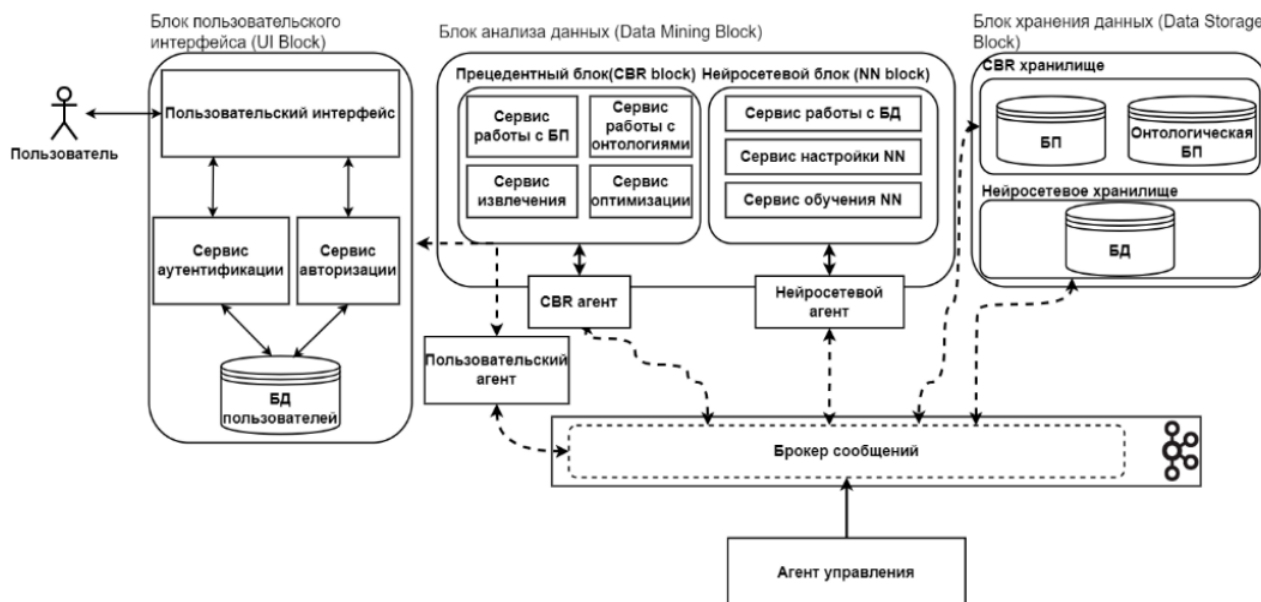


Рис. 3. Архитектура РИС

РИС позволяет работать с прецедентами, представленными в параметрическом и структурированном (на основе онтологий) виде, а также содержит ряд методов, реализующих: хранение библиотеки прецедентов (БП), её модели (в случае структурированного представления) при помощи онтологии; импорт библиотеки прецедентов (а также её модели) из внешних файлов формата Comma-Separated Values (.csv) и Obfuscated Weird Language (.owl); извлечение прецедентов из БП, наиболее соответствующих сложившейся ситуации с использованием алгоритмов k-NN, «случайного леса», метода опорных векторов и наивного байесовского классификатора.

В работах [3, 4] авторы затрагивают проблемы коммуникации в человеко-машинных системах. В статье [3] делается предположение о дуализме термина коммуникации, который имеет форму и содержание. Содержательная сторона коммуникации рассматривается как способ организации обмена информацией. Ставится и решается задача графического представления типовых форм логики коммуникации, на основе которых строится модель коммуникации. Предлагаемая модель является универсальной и может быть использована в практике различных дисциплин и предметных областей.

Разрабатывается методология формирования баз знаний для прикладных интеллектуальных систем (ИС) на основе деревьев событий. В качестве примера описывается база знаний для диагностики самолетов.

В работе [5] развиваются идеи интеграций различных интеллектуальных технологий при решении прикладных задач. В частности, описывается интеграция интеллектуальных и математических технологий для поддержки принятия решений в области обеспечения энергетической устойчивости.

В работе [6] описывается метод интеллектуального управления узлами беспроводной сенсорной сети.

Доклад [7] был посвящен развитию одного из новых направлений в области ИИ – теории категорий. Авторы предлагают использовать развиваемую ими теорию в качестве универсального инструмента для построения баз знаний прикладных ИС.

2 Секция «Машинное обучение» была представлена семью докладами. Ряд докладов был посвящен проблемам информационной безопасности и обнаружения аномальных событий в экспериментальных данных. В частности, в работе [8] рассматривается проблема создания адаптивных моделей защиты информации. Авторы предлагают новый подход к решению проблемы на основе обучения с использованием протоколов, полученных с помощью расширенного фильтра пакетов Berkley (eBPF). Фильтр eBPF является одной из новых технологий сбора данных о событиях, связанных с безопасностью информационных систем. Разработанный подход ориентирован на использование в распределенных приложениях микросервисной архитектуры и системах контейнеризации. Масштабируемость и экономичность ресурсопотребления являются основными преимуществами контейнерных технологий с точки зрения провайдера облачной услуги. Однако быстрое развитие систем контейнеризации оставляет открытым вопрос обеспечения безопасности. Авторы предлагают для решения проблемы использовать специальные системы человеко-читаемых правил, генерацию белых/черных списков, профилей поведения контейнера и адаптацию сигнатур атак. Разработанный алгоритм базируется на анализе протокола из eBPF. Для обнаружения аномалий используется набор правил, представленный в виде белого списка, который генерируется из журнала с нормальным поведением, и любое событие журнала, которое не отображается в белом списке, мы интерпретируем как аномалию. Для обнаружения атак набор правил – это черный список, который создается из журнала, содержащего атаку, и любое событие журнала, которое появляется в черном списке, мы интерпретируем как атаку. Пример правил обнаружения атак приведен на рис. 4.

N	Based on	example of rules as elements of JSON
1	event type	openat, access, ...
2	event type & argument	(openat, pathname: /etc/default/su), ...
3	event type sequence	(openat, openat, execve), ...
4	event type min/max occurrence	(openat, 0, 42), ...

Рис. 4. Пример правил обнаружения атак

Для оценки практической полезности разработанного подхода авторами был создан программный прототип системы обнаружения аномалий и атак. Прототип был разделен на несколько программных компонентов, как показано на рис. 5.

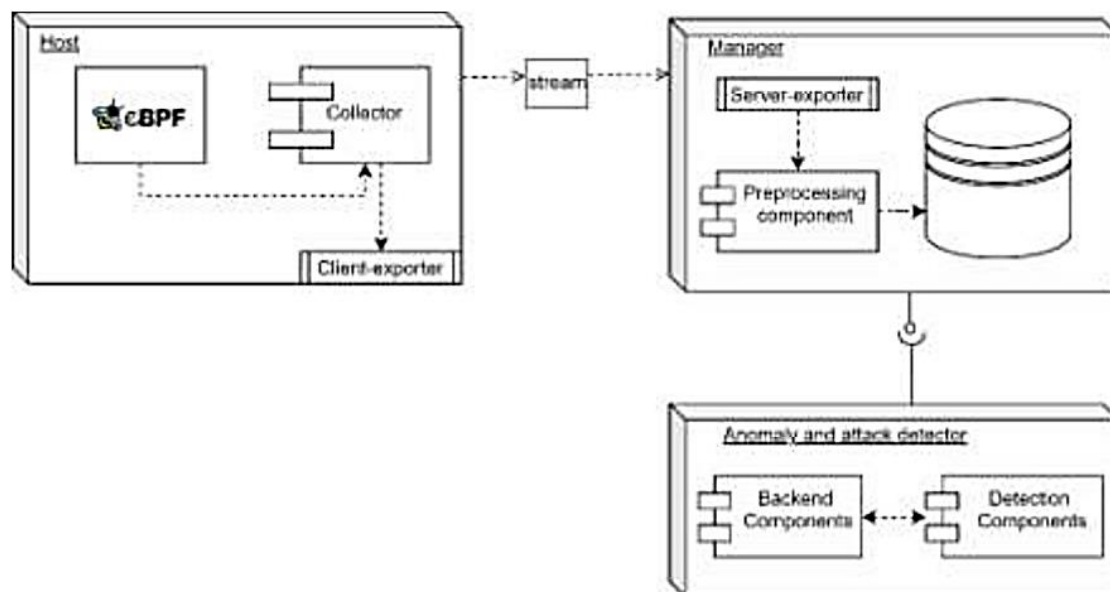


Рис. 5. Укрупненная схема программного прототипа системы обнаружения аномалий и атак

Проведенные эксперименты показали, что предложенный авторами статьи подход обеспечивает высокое качество выявления атак (т.е. выделения максимального количества событий, относящихся к атаке, и минимального количества событий, не относящихся к атаке).

В статье [9] рассматривается проблема создания адаптивных систем управления беспилотными летательными аппаратами (БПЛА). Целью исследования является построение системы ориентации БПЛА на основе алгоритма оценки с адаптивной нейросетевой идентификацией динамической модели. Основой построения адаптивного фильтра оценки состояния динамических систем является нелинейная математическая модель динамики исследуемого процесса

$$\dot{q}_s(t) = -\alpha_s \dot{q}_s(t) + \alpha_s^2 (z_s(t) - q_s(t)), s = 1 \dots n, \quad (1)$$

где n – количество степеней свободы; $q_s(t)$ – обобщенная координата; $\alpha_s = \sqrt{\lambda^{-1} \alpha_{ss}^{-1} N_{ss}^{-1}}$ – параметр адаптации; λ – неопределенный множитель Лагранжа; N_{ss}^{-1} – элементы матрицы спектральных плотностей помех в канале наблюдений; $z_s(t)$ – вектор измерения.

Полученная модель требует адаптации по параметру α и может быть использована для построения адаптивного фильтра оценки состояния калмановской структуры. Адаптация модели к переходному процессу изменения ориентации БПЛА с учетом управляющего воздействия с достаточной для практики точностью может быть произведена при помощи нейронной сети. Структура нейронной сети для идентификации параметра адаптации по углу крена представлена на рис. 6 и определяется следующими параметрами: первые два слоя имеют по четыре нейрона с линейной функцией активации, третий слой – один нейрон с линейной функцией активации, на вход подается реализация переходного процесса размерности 1000 отсчетов, на выходе – значение искомого параметра.

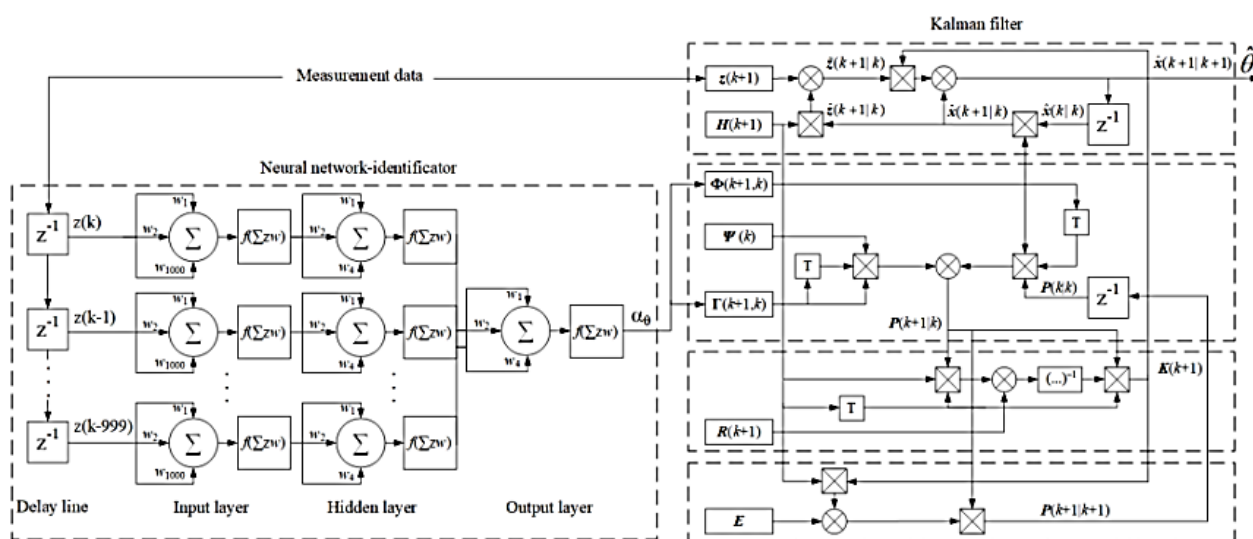


Рис. 6. Структурная схема нейронной сети в составе алгоритма оценки угла ориентации БПЛА

В результате эксперимента на основе численного моделирования можно сделать вывод о том, что применение адаптивной модели движения в составе фильтра позволяет повысить точность оценки угловой ориентации БПЛА за счет адаптации к внешним воздействиям, поскольку обеспечивает лучшее соответствие динамической модели реальному движению объекта в сравнении с кинематическими моделями классического фильтра Калмана.

В статье [10] авторы также разрабатывают проблему информационной безопасности. Предлагается новая методология обнаружения аномалий и атак на экземплярах облачной инфраструктуры. В статье [11] рассматривается гибридный подход к обнаружению аномалий во временных рядах, также предназначенный для использования в различных предметных областях, включая информационную безопасность и предикцию критических состояний динамических систем. В статье описан программный комплекс для реализации метода поиска аномалий с помощью нейронной сети. В работе [12] представлены технологии машинного обучения, которые применяются для прогнозного моделирования механических свойств покрытий материалов.

В работе [13] рассматриваются задачи машинного обучения применительно к системам информационной безопасности. Авторы предлагают общую схему процесса функционирования некоторой гипотетической системы ИИ (СИИ), которая включает в себя два этапа:

- обучение, сбор и обработка исходных данных и самообучение (задействованы участник и разработчик);
- использование и непосредственное использование СИИ в промышленной среде (участвует только пользователь).

Каждый этап имеет свой набор данных и функционал, представляющие ценность для злоумышленников (рис. 7). На основе проведенного анализа предлагается классификация атак на СИИ и формируется модель угроз СИИ, в которой последние разделяются на две группы: угрозы конфиденциальности и угрозы функционированию СИИ. В процессе разработки нового подхода к защите СИИ авторами была реализована атака на функционирование СИИ, а также была предпринята попытка ее обнаружения.

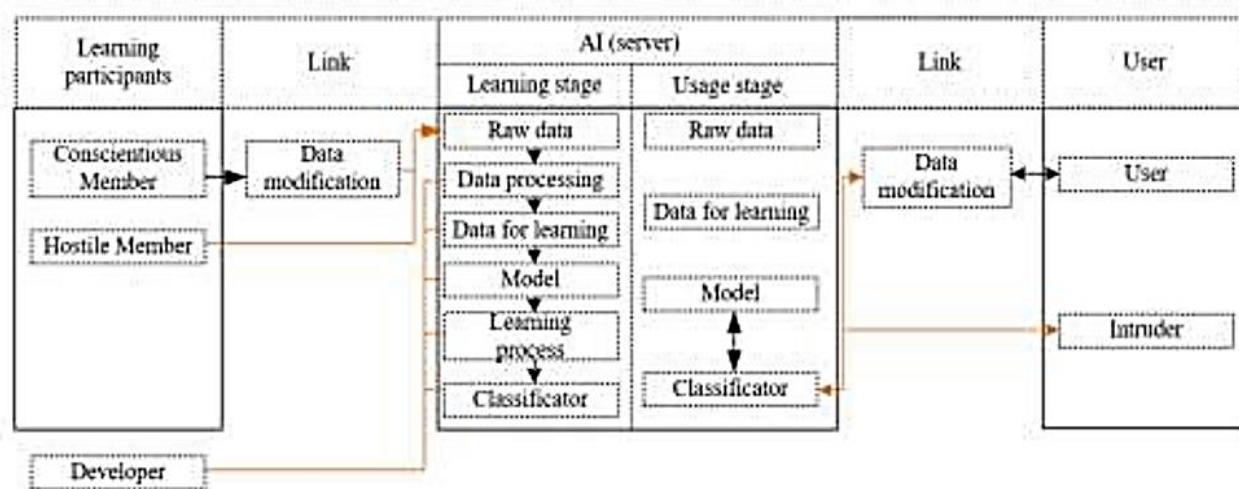


Рис. 7. Этапы работы СИИ

Используемая модель обучения представлена на рис. 8. Перед обучением данные были нормализованы.

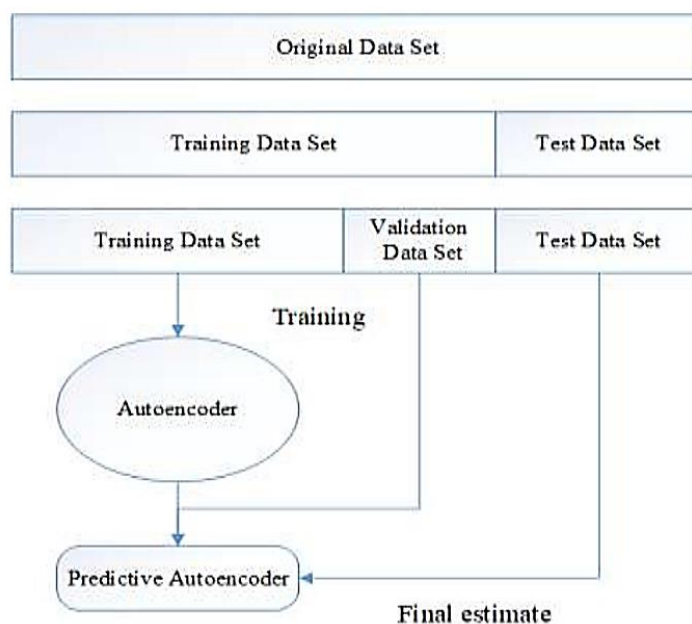


Рис. 8. Модель обучения нейронной сети

С целью повышения вероятности обнаружения атак автокодировщик обучался только на легитимных данных. Легитимные данные делились на training data set and validation data set. Test data set использовался для проверки работы модели нейронной сети. В него входили аномальные и легитимные данные. Результаты проверки точности обнаружения аномалий (атак на СИИ) приведены на рис. 9. Из рис. 9 следует, что точность выявления атак равна 88 %, а полнота выявления – 86 %, это является, по мнению авторов, хорошим результатом.



Рис. 9. Оценка точности адаптивной модели

3 Секция «Автоматизация и интеллектуализация производственных процессов» была представлена восемью докладами. Работа [14] направлена на решение транспортно-логистических задач. Основным результатом статьи является каноническая форма представления транспортных потоков, которая используется для решения задач однокритериальной и многокритериальной оптимизации. Каноническая форма позволяет быстро получить предварительные оценки для выбора оптимальных вариантов решений на основе вариации параметров, представляющих выбранные предпочтения моделирования. В основу разрабатываемого подхода положена идея представления транспортного процесса в виде системы, перерабатывающей вход в выход. Элементы данной системы связаны линейными соотношениями. Например, простейшая модель перевозки груза между пунктами имеет вид

$$\begin{cases} \dot{x} = -\alpha \cdot x + v(t), \\ w = \alpha \cdot x. \end{cases}$$

Здесь $v(t)$ и $w(t)$ – объемы входящего и выходящего грузопотоков; $x(t)$ – текущий запас груза в пункте отправления.

Допускаются и «расщепления» путей, например, на две ветви:

$$\begin{cases} \dot{x} = -(\alpha + \beta)x + v(t), \\ \dot{y} = -\gamma y + \alpha x, \\ \dot{z} = -\eta z + \beta x, \\ w_1 = \gamma y, \\ w_2 = \eta z. \end{cases}$$

Здесь $\alpha, \beta, \gamma, \eta$ – константы, характеризующие скорость моделируемых процессов.

Динамику переменных с учетом нулевых начальных значений переменных x, y, z авторы предлагают представить в виде простого описания

$$w(t) = \int_0^t v(t-r) (ke^{-kr}) dr.$$

Функция ke^{-kr} называется функцией веса, характеризующей структуру графа транспортных потоков. В общем случае для каждой линейной системы существует своя функция веса $m(r)$, и тогда вход-выход связаны соотношением

$$w(t) = v(t) * m(t). \quad (2)$$

Используя операционное исчисление, с помощью линейного оператора Лапласа исследуемую функцию транслируют в другое пространство:

$$L : \xi(t) \rightarrow \bar{\xi}(s) = \int_0^{\infty} \xi(t) e^{-st} dt.$$

Поскольку L – прообраз e^{-ist_i} , переменная τ – это дельта-функция $\delta(t - \tau_i)$, следовательно, связь вход-выход на основании (2) представляется в форме

$$w(t) = \sum_i \lambda_i v(t - \tau_i). \quad (3)$$

В результате каждой транспортной системе можно просто сопоставить матрицу в качестве конечномерного аналога

$$\begin{pmatrix} \lambda_1, \dots, \lambda_n \\ \tau_1, \dots, \tau_n \end{pmatrix},$$

на основании которой строится соотношение (3). Здесь n – число путей, на которые расщепляется входной поток, λ_i – коэффициенты расщепления пути, характеризующие выбранные предпочтения, τ_i – задержки по времени на i -м пути. Из таких простых элементов можно строить сколь угодно сложные процессы, соединяя конечные вершины одного элемента с начальными вершинами другого, как показано на рис. 10, а, б.

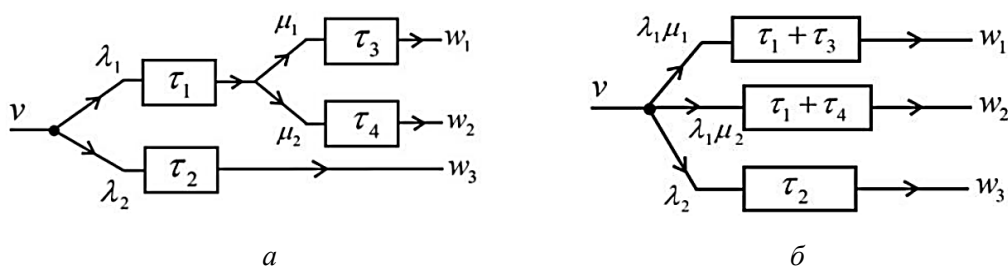


Рис. 10. Эквивалентное приведение сложной структуры к простому элементу

В конечном итоге такое представление транспортного процесса позволяет упростить решение множества оптимизационных задач.

В работе [15] рассматривается проблема интеллектуального управления динамическими объектами на примере задачи парковки беспилотного автомобиля в средах со статическими и динамическими препятствиями. За последнее десятилетие много исследований было посвящено планированию движения беспилотного автомобиля в различных типах задач. Парковка является одним из примеров таких задач, в этом случае беспилотный автомобиль совершает маневр – ход вперед, а после достижения подходящего положения совершает следующий маневр – ход назад, по окончании которого оказывается в парковочном месте. Для решения задачи авторы предлагают метод, который базируется на обучении с подкреплением. Использование этого метода позволяет учитывать, как кинематические ограничения автомобиля, так и статические и динамические препятствия в среде.

В работе используется локальный планировщик алгоритма POLAMP, который был обучен избегать динамические препятствия во время парковки. В основу разработки локального планировщика положен многоагентный подход. Рассматривается частично наблюдаемый марковский процесс принятия решений (S, A, O, T, r, γ) , где S – пространство состояний, A – пространство действий, O – пространство наблюдений, $T : S \times A \times S \rightarrow R$ модель перехода, r – функция вознаграждения, и $\gamma \in [0, 1)$ дисконтирующий множитель. Предполагается, что агент не может на прямую иметь доступ к состояниям среды, а лишь к наблюдениям и формирует стратегию $\pi(o)$ при условии наблюдения $o \in O$. Действия агента определяются стратегией π .

Помимо процесса принятия решений авторы строят систему планирования $\Sigma = (S, A, T)$ и задачу планирования $P = (\Sigma, s_0, g)$, решением которой является последовательность действий $\{a_1, a_2, \dots\}$. Полагается, что стратегия π генерирует действия $a_i = \pi(o_0), \dots, \pi(o_{n-1})$. Так как стратегия параметризована θ , тогда алгоритм должен оптимизировать параметр θ , чтобы максимизировать ожидаемое суммарное будущее вознаграждение и минимизировать длину траектории:

$$\pi^* : \begin{cases} \pi^* = \operatorname{argmax}_{\pi(\theta)} E \left[\sum_{t=0}^{\infty} \gamma^t r(s_t) | \pi \right] \\ \pi^* = \operatorname{argmin}_{\pi(\theta)} \| \{ \pi(o_n), \pi(o_1), \dots, \pi(o_{n-1}) \} \| \\ \text{где } g = \pi(o_{n-1}) \end{cases}$$

Предложенный метод был полностью интегрирован в платформу Apollo с использованием узлов Cyber RT, которые необходимы для передачи полученной из алгоритма траектории в симулятор. Разработанный метод демонстрирует большую гибкость в средах, которые не использовались в обучающей выборке.

Работа [16] представляет собой комплексное исследование проблем интеллектуального мониторинга перевозочных процессов на основе аналитики данных и мягких вычислений. Основная идея статьи заключается в демонстрации возможностей развития современных аналитических технологий для проектирования прикладных интеллектуальных систем на железнодорожном транспорте. Центральное место в работе занимает предложенная авторами методика извлечения знаний о контролируемом процессе на основе нечетко-иерархического гранулирования многомерных временных рядов (ВР), описывающих поведение исследуемого процесса. Механизмы принятия решений реализованы на основе предиктивной модели, базовыми примитивами которой являются обобщенные оценки состояний процесса, представленные в виде лингвистических описаний мета-параметров порядка.

Состояния перевозочного процесса (ПП), наблюдаемые в текущий момент времени t , характеризуются состояниями входящих в него объектов O_1, O_2, \dots, O_n , в качестве которых обычно выступают подвижные единицы. В свою очередь, состояния объектов O_i оцениваются рядом числовых параметров X_1, X_2, \dots, X_m , характеризующих технологическую ситуацию (ТС). Динамика ТС на временном интервале $T = [t_0; t_k]$ описывается последовательностью векторов $P_{n \times m}^T = P_{n \times m}(t_0), P_{n \times m}(t_1) \dots, P_{n \times m}(t_k)$, сопоставленных временным отсчетам $t_i \in T$, формальным представлением которой является ВР:

$$X_{ijt} = \{x_{ij}(t) | x_{ij}(t) \in R, i = 1, \dots, n, j = 1, \dots, m, t = 0, \dots, k\}.$$

Гранулирование МВР заключается в построении отображений пространства числовых параметров $P_{n \times m}^T$ в пространство гранулированных параметров $G = L \times M \times D$ на разных уровнях обобщения, включая уровни числовых и лингвистических обобщений для описания мгновенных состояний ТС и уровень темпоральных обобщений для описания динамики ТС. В рамках данного исследования гранулирование информации лежит в основе дескриптивного анализа ТС, модели восприятия которых представлены в виде ВР.

Авторы выделяют три основные группы гранул: группа нечетко-признаковых гранул, представленная в виде множества лингвистических оценок L ; группа мета-гранул, представленная в виде множества обобщенных мета-параметров M , имеющих конкретную технологическую интерпретацию; группа нечетко-темпоральных гранул D , характеризующих распределение во времени обобщенных параметров ТС.

Группа нечетко-признаковых гранул сжато описывают свойства ТС, распределенные по параметрам x_{ij} объектов с использованием множества лингвистических терминов L – лингвистических переменных (ЛП) и их лингвистических значений (ЛЗ). С этой целью для описания состояния ТС вводится множество ЛЗ L_* , характеризующих качественные уровни значений параметра X . Например, множество ЛЗ L_V , характеризующих параметр “Скорость” отцепа, может быть представлено $L_V = \{\text{«НИЗКАЯ»}, \text{«ТИПОВАЯ»}, \text{«ВЫСОКАЯ»}\}$, а параметр “Вес” отцепа, может быть представлен множеством ЛЗ $L_W = \{\text{«ЛЕГКИЙ»}, \text{«ТЯЖЕЛЫЙ»}\}$.

Группа нечетко-темпоральных гранул D описывает динамику ТС на временном интервале Δt с использованием протоформ вида

$$\text{“На временном интервале } \Delta t \text{ наблюдается } x = l \in L_* \text{”}.$$

Гранулирование временных интервалов осуществляется на основе отображения, осуществляющего преобразование рядов числовых параметров ($x_{ij}(t) | t \in \Delta t$), определенных на интервалах $\Delta t \subseteq T$, во множество нечетко-темпоральных гранул D . Например, для описания тренда параметра “Скорость” отцепа на временном интервале Δt может быть использована лингвистическая оценка коэффициента a

в уравнении регрессии $x = at + b$, представленная множеством нечетко-темпоральных гранул $D_t = \{\text{“Увеличение”}, \text{“Падение”}, \text{“Незначительные колебания”}\}$.

Верхний уровень гранулирования осуществляется с использованием множества мета-гранул M , характеризующих наиболее общие признаки ТС, представленные в виде лингвистических мета-параметров. Примерами мета-параметров являются лингвистические оценки таких признаков ТС, как СЛОЖНОСТЬ (технологической ситуации), КРИТИЧНОСТЬ (технического состояния), ИНТЕНСИВНОСТЬ (движения), НАПРЯЖЕННОСТЬ (поездной обстановки) и т.п. Мета-параметры формируются на основе обобщения лингвистических параметров, полученных на нижнем уровне гранулирования, с использованием специального класса нечетких классификационных моделей.

Модель нечеткого адаптивного классификатора (АФК) устанавливает связь между мгновенными состояниями ТС, представленными в виде числовых или лингвистических параметров МВР, и обобщенными мета-параметрами ТС. Свойство адаптивности АФК позволяет использовать данную модель в изменяющихся условиях функционирования объекта исследования. Нечеткие правила АФК представлены в виде протоформ, имеющих смысл описаний:

Если ТС= “Описание”, То Мета-параметр =” Оценка”

Предусловие правила содержит описание ТС в виде набора лингвистических параметров, а заключение – оценку мета-параметра, соответствующего данной ТС. Лингвистическим представлением пропозиции является нечеткое правило вида

$$R_i: \text{ Если } x_1 = l_{i1} \text{ И } x_2 = l_{i2} \text{ И } \dots \text{ И } x_n = l_{in} \text{ ТО } M = m_i . \quad (4)$$

Здесь нечеткие термы $l_{ij} \in L$ описывают лингвистические параметры ТС, а нечеткий терм $m_i \in M$ обозначает мета-параметр. Формализованным представлением нечеткого правила (4) является выражение

$$R_i: \mu_{li1}(x_1) \& \mu_{li2}(x_2) \dots \& \mu_{lin}(x_n) \rightarrow m_i.$$

μ_{lij} – ФП j -го нечеткого терма в i -м нечетком правиле.

Степень ассоциации входного вектора $\mathbf{x} = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ с нечетким правилом R_i определяется через T -норму с использованием продукционного оператора:

$$T(\&_{j=1}^n \mu_{lij}(x_j)) = \mu_{li1}(x_1) \cdot \mu_{li2}(x_2) \cdot \dots \cdot \mu_{lin}(x_n).$$

В контексте решаемой задачи левые и правые части нечетких правил АФК имеют следующую интерпретацию. Антецедент нечеткого правила $\&_{j=1}^n \mu_{lij}(x_j)$ описывает в обобщенной форме один из типовых вариантов ТС, а консеквент представляет собой лингвистическую оценку m_i мета-параметра M , характеризующего обобщенные свойства ТС.

Главным преимуществом рассмотренной модели нечеткого классификатора перед другими типами моделей, например, нейросетевыми, является то, что база нечетких правил АФК, представленная с использованием интерпретируемых лингвистических описаний, допускает естественную интеграцию знаний экспертов в модель формирования мета-параметров.

В работе [17] рассматривается возможность использования технологий Semantic Web, включая графы знаний, для разработки современных интеллектуальных систем. В статье предлагается автоматизировать процесс извлечения конкретных сущностей (фактов) из табличных данных для последующего построения баз знаний. Ключевой особенностью подхода является семантическая интерпретация (аннотация) отдельных элементов таблицы. Рассматривается использование предложенного подхода в области инспектирования промышленной безопасности нефтехимического оборудования и технологических комплексов.

В работе [18] развивается теория эволюционного управления многоступенчатыми производствами на основе объединения технологий Демпстера – Шеффера и методов интервального анализа. Традиционно техническая диагностика состояния технологического процесса основана на измерении и анализе мгновенные значения контролируемых параметров. Предлагаемый подход, основанный на использовании интервального анализа в системе технической диагностики, позволяет снизить чувствительность к шумовым помехам и задержкам в динамических каналах между вводом и выводом непрерывного технологического процесса.

В работе [19] исследуется проблема оценивания случайных процессов, наблюдаемых в шумовых условиях на конечном интервале времени с привлечение интеллектуальных технологий анализа

данных. Для случайных процессов общего вида, описываемых нелинейными стохастическими дифференциальными уравнениями, разрабатывается метод терминальной фильтрации по критерию, учитывающему конечность интервала времени наблюдения и зависящему от апостериорной плотности распределения, что является наиболее информативной характеристикой наблюдаемого процесса.

В работе [20] решается задача управления инерционными аккумуляторами в электроподвижных составах. В качестве аккумулятора энергии используется маховиковый накопитель, интегрированный в базовую конструкцию. Энергоэффективность хранилища во многом определяется системой управления. В статье приводятся интеллектуальные алгоритмы управления вентильно-индукторными электрическими машинами с привлечением экспертных знаний специалистов о физике процессов.

В работе [21] исследуется проблема создания дружественных интерфейсов для операторов управления техническими объектами. Понятие интерфейса имеет множество формулировок и отражает особенности его реализации в различных условиях. В статье предлагается новая методологическая база, основанная на категориях мышления пользователя, совмещенных с логикой работы системы.

4 Секция «Нечеткие и нетрадиционные логики» была представлена семью работами. Работа [22] посвящена проблеме компьютерного моделирования индуктивных и дедуктивных рассуждений на примере автоматического решения планиметрических задач. Исследование проводилось с использованием экспериментальной системы, включающей интерфейс на естественном языке. Дедуктивный компонент системы основан на аксиоматике геометрии, индуктивный компонент основан на концепции Пойа. С использованием этого теоретического базиса выполнена компьютерная реализация системы, интегрирующей обработку ЕЯ-формулировки задачи, автоматизированное решение и интерактивную визуализацию результата. На рис. 11 отражены основные шаги, направленные на решение системой задачи: «построить равносторонний треугольник по трем заданным расстояниям от точки внутри треугольника до вершин». Далее следуют дедуктивные шаги, доказывающие, что полученный треугольник – искомым.

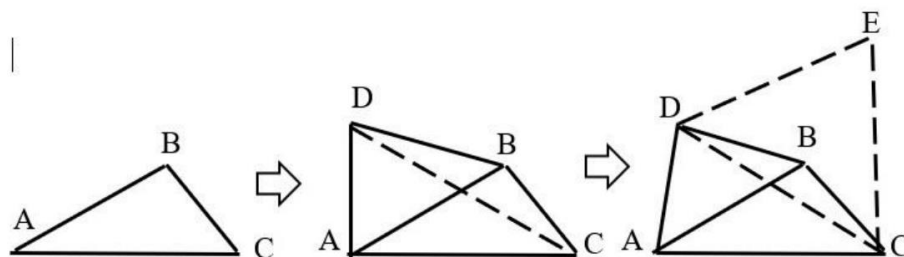


Рис. 11. Основные шаги, направленные на решение задачи

Статья содержит множество примеров работы с когнитивными шаблонами для конкретных задач, скриншоты рисунков некоторых задач и около 100 перифразов текста, описывающего равнобедренный треугольник с соответствующим когнитивным шаблоном. Проведенное исследование позволило выявить тесное взаимодействие индуктивных и дедуктивных рассуждений на уровне компьютерного моделирования в рамках автоматизированного решения планиметрических задач.

В статье [23] рассматривается использование нечеткой логики в задачах онтологического инжиниринга киберфизических систем. В качестве основы моделирования предлагается использовать темпоральную нейронечеткую разновидность сетей Петри – оригинальную модель временной нейронечеткой сети Петри (ТННСП) в виде коррежа

$$TNFPN = (P, T, I, O, F, A_l, D, m_0, \alpha, R),$$

где $P = \{P_1, \dots, P_{np}\}$ – конечное непустое множество вершин сети Петри, np – общее число вершин; $T = \{T_1, \dots, T_{nt}\}$ – конечное непустое множество переходов сети Петри, nt – общее число переходов; $I = \{I_1, \dots, I_{nt}\}$ – переходные функции входа; $O = \{O_1, \dots, O_{nt}\}$ – переходные функции выхода; $F = \{F_1, \dots, F_{nt}\}$ – конечное множество времен переходов сети Петри; $A = \{A_1, \dots, A_{na}\}$ – набор временных правил логики Аллена для сетевых переходов, na – общее количество правил; $D = \{D_1, \dots, D_{np}\}$ – конечный набор значений меток, указывающих срабатывания переходов, nd – общее количество дуг; m_0 – исходный вектор разметки, каждая компонента которого определяется значением

функции принадлежности нечеткого присутствия маркера в соответствующей позиции; $\alpha = \{\alpha_1, \dots, \alpha_{nt}\}$ – вектор значений срабатывания переходов, $R = \{R_1, \dots, R_{nt}\}$ – конечное множество ресурсов.

Фрагмент обобщенной структуры TNNSP представлен ниже на рис. 12.

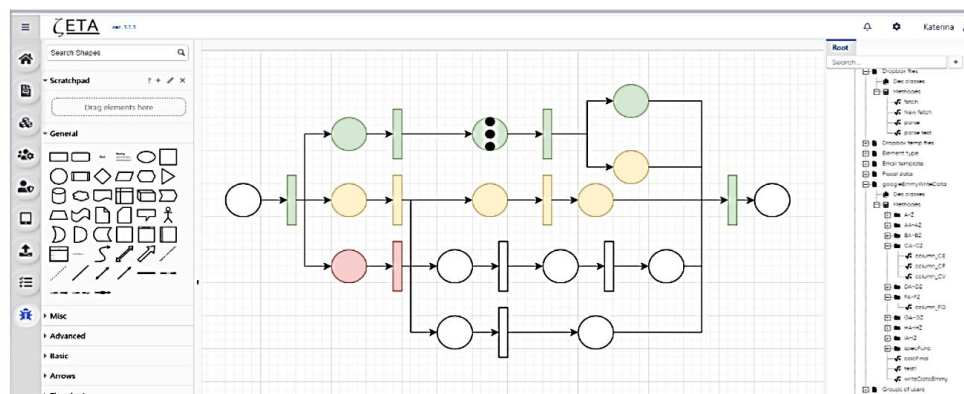


Рис. 12. Скриншот фрагмента обобщенной структуры TNNSP

В работе [24] рассматривается проблема интеллектуализации образовательных процессов с привлечением мягких технологий и нечетких множеств. Предлагаемый процесс обучения студентов осуществляется в процессе взаимодействия с электронной системой обучения, которая адаптируется к уровню знаний ученика, его психотипу и системе предпочтений. Разработанная методика основана на нечетко-множественном агрегировании результатов, полученных при выполнении обучающимся комплекса оценочных заданий, рекомендованных экспертами и отобранных преподавателем для проверки уровня сформированности выделенных компетенций.

В работах [25, 26] также разрабатываются методы решения технических задач с использованием нечеткой логики. В статье [26] исследуется проблема синтеза оптимальных систем управления динамическими объектами. Для этого предлагается использовать алгоритмы с переменной структурой, позволяющие повысить эффективность многорежимных систем. Задача перехода между структурами может быть решена на основе средств нечетко-логического вывода с построением модели нечеткого топологического пространства на множестве управлений с новыми типовыми структурами. В статье [25] описывается подход к диагностированию электрооборудования в условиях неполной и нечеткой информации. Подход основан на построении таблицы влияния показателей качества электроэнергии на оборудование, а затем на их основе строятся смешанные нечетко-продукционные правила.

В работе [27] рассматривается проблема совершенствования управления транспортно-логистическими процессами (ТЛП). В статье обосновано использование гибридного нейронечеткого моделирования ТЛП, интегрирующего естественный интеллект специалиста-эксперта и интеллект машины (искусственный интеллект, основанный на применении нейросетей). Описаны основные логико-лингвистические «высказывания» взаимодействия хозяйствующих агентов. Механизм обучения нейронечеткой сети определяет правила нечеткого вывода. Основным достоинством работы является возможность интегрировать в системе управления машинный (искусственный) и естественный интеллект.

В работе [28] развиваются идеи нечеткого гранулирования многомерных временных рядов (МВР) применительно к решению медицинских задач. Наиболее интересен в статье теоретический материал, связанный с нечетким гранулированием МВР в рамках технологий дескриптивной аналитики.

Объект дескриптивного анализа O определяется в виде совокупности элементов $G = \{g_i, i = 1, 2, \dots, gk\}$, описываемых множеством показателей $M = \{m_j, j = 1, 2, \dots, mk\}$, числовые значения которых изменяются на временном интервале $T = [1, tk]$. Тогда модель восприятия объекта O определим в виде многомерного временного ряда

$$X = \{x_{ijt}, x_{ijt} \subseteq \mathbb{R}, i = 1, 2, \dots, gk; j = 1, 2, \dots, mk; t = 1, 2, \dots, tk\}.$$

Задача дескриптивного анализа объекта заключается в том, чтобы получить знания о состоянии и поведении объекта исследования в виде информационных гранул (ИГ). Вводится два класса ИГ: expert-defined гранулы и data-extracted гранулы. Для представления свойств МВР в контексте состояния и поведения объекта в лингвистической форме используют пропозиции, формально задаваемые в виде протоформ вида

$$m \text{ is } Z,$$

$$Qx's \text{ are } Z,$$

где m представляет собой показатель объекта, x обозначает некоторую сущность объекта, Z определяет data-extracted гранулу, описывающую состояние или поведение объекта, Q обозначает data-extracted гранулу в виде квантификатора, обобщающего сущности с одинаковыми Z .

Постановка задачи грануляции МВР в рамках дескриптивного анализа объекта O формулируется в следующем виде. Имея многомерный временной ряд X и набор expert-defined гранул E , заданных на $W \supseteq X$, требуется определить множество data-extracted гранул D , т.е. построить отображение

$$F: X \times E \rightarrow D.$$

Свойства объекта O рассматриваются как некоторые качественные характеристики, которые резюмируют его состояние и поведение по МВР в лингвистических терминах. Для этого используются лингвистические термины $Y \in Sy$, описывающие качественные уровни значений X , а для описания поведения – лингвистические термины $B \in Sb$, характеризующие тенденции изменения качественных уровней на временном интервале $T = [1, tk]$, значения которых содержатся в множестве $Sb = \{\text{«рост»}, \text{«стабильность»}, \text{«падение»} \text{ и «колебание»}\}$. С каждым лингвистическим термином из множеств Sy и Sb сопоставлено обобщенное ограничение, заданное на X , в виде математического описания. Например, для термина B могут быть использованы ограничения

$$B = \begin{cases} \text{рост,} & \text{if } a > c_{\max} \\ \text{стабильность,} & \text{if } a \in [c_{\min}, c_{\max}] \\ \text{падение,} & \text{if } a < c_{\min} \end{cases},$$

где a определяет оценку коэффициента в уравнении регрессии $x_t = at + b$; интервал $[c_{\min}, c_{\max}]$ включает в себя значения a , имеющие малую вариабельность относительно некоторой константы.

Для агрегирования множеств похожих ИГ используются протоформы с квантификаторами частотности, в которых квантификатор $Q \in Sq$ резюмирует множество лингвистически эквивалентных ИГ с использованием лингвистических термов. Набор е-гранул E определяется в виде протоформ для представления экспертных знаний о состоянии и поведении объекта:

$$E1: Y \text{ is } rY, Y \in Sy, rY \in R,$$

$$E2: B \text{ is } rB, B \in Sb, rB \in R,$$

$$E3: Q \text{ is } rQ, Q \in Sq, rQ \in R,$$

где выражение ' $A \text{ is } rA$ ' обозначает, что лингвистический термин A ограничен математической конструкцией r . Введенные термины образуют терминологический словарь $S = \{Sy, Sb, Sq\}$, используемый для представления свойств в рамках дескриптивного анализа объекта. Множество математически заданных обобщенных ограничений $R = \{rY, rB, rQ\}$ является ключевым компонентом е-гранул, так как определяет способ грануляции МВР. На основе введенных обозначений определим модель expert-defined гранулы в виде

$$E = \langle Z, R, W, Ig \rangle,$$

где Z обозначает лингвистический термин для анализируемого свойства, а его семантика определяется построенными на некотором множестве значений $W \supseteq X$ обобщенными ограничениями R в рамках выбранной теории грануляции Ig .

Список литературы / References

- 1 Intelligent Support for the Interaction of Transport Process Participants Using Fuzzy Modeling / M. V. Bakalov [et al.] // Proceedings of the Sixth International Scientific Conference «Intelligent Information Technologies for Industry» (ITI'22). – Cham : Springer International Publishing, 2022. – P. 403–412.
- 2 Eremeev, A. Architecture of a Distributed Intelligence System for Data Mining Based on Case-Based Reasoning / A. Eremeev, P. Varshavskiy, S. Polyakov // Proceedings of the Sixth International Scientific

Conference «Intelligent Information Technologies for Industry» (IITI'22). – Cham : Springer International Publishing, 2022. – P. 13–21.

3 **Rogozov, Y. I.** Communication as a Basic Element of the Methodology for the Development of Intelligent Systems / Y. I. Rogozov, V. S. Lapshin, S. A. Kucherov // Proceedings of the Sixth International Scientific Conference «Intelligent Information Technologies for Industry» (IITI'22). – Cham : Springer International Publishing, 2022. – P. 31–41.

4 **Rogozov, Y. I.** Approach to the Implementation of Intelligent Low-Code Platforms / Y. I. Rogozov, V. S. Lapshin, M. A. Borovskaya // Proceedings of the Sixth International Scientific Conference «Intelligent Information Technologies for Industry» (IITI'22). – Cham : Springer International Publishing, 2022. – P. 42–50.

5 Knowledge Bases Engineering Based on Event Trees Transformations : A Case Study for Aircraft Diagnostics / A. Y. Yurin [et al.] // Proceedings of the Sixth International Scientific Conference «Intelligent Information Technologies for Industry» (IITI'22). – Cham : Springer International Publishing, 2022. – P. 3–12.

6 **Vinogradov, G. P.** Patterns in Smart Wireless Sensor Network Nodes / G. P. Vinogradov, I. A. Konjukhov // Proceedings of the Sixth International Scientific Conference «Intelligent Information Technologies for Industry» (IITI'22). – Cham : Springer International Publishing, 2022. – P. 73–82.

7 **Zhozhikashvili, A. V.** Category Technology to Design Intelligent Systems for Complicated Decisions / A. V. Zhozhikashvili, V. L. Stefanuk // Proceedings of the Sixth International Scientific Conference «Intelligent Information Technologies for Industry» (IITI'22). – Cham : Springer International Publishing, 2022. – P. 22–30.

8 Detection of Anomalies and Attacks in Container Systems : An Integrated Approach Based on Black and White Lists / I. Kotenko [et al.] // Proceedings of the Sixth International Scientific Conference «Intelligent Information Technologies for Industry» (IITI'22). – Cham : Springer International Publishing, 2022. – P. 107–117.

9 **Kostoglotov, A. A.** Synthesis of Estimation System for UAV Orientation with a Neural Network-Identifier / A. A. Kostoglotov, A. A. Penkov, V. O. Zekhtser // Proceedings of the Sixth International Scientific Conference «Intelligent Information Technologies for Industry» (IITI'22). – Cham : Springer International Publishing, 2022. – P. 172–180.

10 **Pestov, I.** Methodology for Detecting Anomaly and Attack on Cloud Infrastructure Instances / I. Pestov, L. Vitkova // Proceedings of the Sixth International Scientific Conference «Intelligent Information Technologies for Industry» (IITI'22). – Cham : Springer International Publishing, 2022. – P. 131–141.

11 Hybrid Approach to Time Series Anomaly Detection Using LSTM Networks and Ontology / V. Moshkin [et al.] // Proceedings of the Sixth International Scientific Conference «Intelligent Information Technologies for Industry» (IITI'22). – Cham : Springer International Publishing, 2022. – P. 181–191.

12 Machine Learning-Based Predictive Modeling of Mechanical Properties of Coatings / V. I. Koleznikov [et al.] // Proceedings of the Sixth International Scientific Conference «Intelligent Information Technologies for Industry» (IITI'22). – Cham : Springer International Publishing, 2022. – P. 162–171.

13 Attacks Against Artificial Intelligence Systems : Classification, The Threat Model and the Approach to Protection / I. Kotenko [et al.] // Proceedings of the Sixth International Scientific Conference «Intelligent Information Technologies for Industry» (IITI'22). – Cham : Springer International Publishing, 2022. – P. 293–302.

14 **Ilicheva, V. V.** Acyclic Structures of Transport Processes in Transportation Management Problems / V. V. Ilicheva, A. N. Guda // Proceedings of the Sixth International Scientific Conference «Intelligent Information Technologies for Industry» (IITI'22). – Cham : Springer International Publishing, 2022. – P. 303–313.

15 **Gorbov, G.** Learning Adaptive Parking Maneuvers for Self-driving Cars / G. Gorbov, M. Jamal, A. I. Panov // Proceedings of the Sixth International Scientific Conference «Intelligent Information Technologies for Industry» (IITI'22). – Cham : Springer International Publishing, 2022. – P. 283–292.

16 **Dolgiy, A.** Intelligent Models for State Assessment and Behavior Prediction in Railway Processes Based on Descriptive Analytics and Soft Computing / A. Dolgiy, A. Khramtsov, S. Kovalev // Proceedings of the Sixth International Scientific Conference «Intelligent Information Technologies for Industry» (IITI'22). – Cham : Springer International Publishing, 2022. – P. 358–368.

17 **Dorodnykh, N. O.** Knowledge Graph Augmentation Based on Tabular Data : A Case Study for Industrial Safety Inspection / N. O. Dorodnykh, A. Y. Yurin // Proceedings of the Sixth International Scientific Conference «Intelligent Information Technologies for Industry» (IITI'22). – Cham : Springer International Publishing, 2022. – P. 314–324.

18 **Paliukh, B. V.** Evolution Management of Multistage Manufacturing Based on Evidence Theory and Methods of Interval Analysis / B. V. Paliukh, A. N. Vetrov // Advances in Artificial Systems for Medicine and Education V. – Springer International Publishing, 2022. – P. 134–143.

19 Terminal Stochastic Filtering of Nonlinear Dynamic Processes : The Case of Invariant Immersion / S. Sokolov [et al.] // Proceedings of the Sixth International Scientific Conference «Intelligent Information Technologies for Industry» (IITI'22). – Cham : Springer International Publishing, 2022. – P. 369–379.

19 Control of SRM of Flywheel Energy Storage Drive / P. G. Kolpakhchyan [et al.] // Proceedings of the Sixth International Scientific Conference «Intelligent Information Technologies for Industry» (IITI'22). – Cham : Springer International Publishing, 2022. – P. 380–391.

20 Development of a Model of User Interface Logic Representation / Y. Lipko [et al.] // Proceedings of the Sixth International Scientific Conference «Intelligent Information Technologies for Industry» (IITI'22). – Cham : Springer International Publishing, 2022. – P. 392–400.

21 **Kurbatov, S. S.** Complex Modeling of Inductive and Deductive Reasoning by the Example of a Planimetric Problem Solver / S. S. Kurbatov, I. B. Fominykh // Proceedings of the Sixth International Scientific Conference «Intelligent Information Technologies for Industry» (IITI'22). – Cham: Springer International Publishing, 2022. – P. 454–462.

22 **Borisov, V. V.** Ontological Engineering of Interrelated Processes in Complex Cyber-Physical Systems / V. V. Borisov, A. E. Misnik // Proceedings of the Sixth International Scientific Conference «Intelligent Information Technologies for Industry» (IITI'22). – Cham : Springer International Publishing, 2022. – P. 413–423.

23 Mathematical Models and Algorithms of an Intelligent Platform for the Implementation of an Individual Learning Trajectory / G. I. Akperov [et al.] // Proceedings of the Sixth International Scientific Conference «Intelligent Information Technologies for Industry» (IITI'22). – Cham : Springer International Publishing, 2022. – P. 424–436.

24 Mapping Out the Measures to Prevent the Failure of Electrical Equipment / A. E. Kolodenkova [et al.] // Proceedings of the Sixth International Scientific Conference «Intelligent Information Technologies for Industry» (IITI'22). – Cham : Springer International Publishing, 2022. – P. 437–443.

25 **Kostoglotov, A.** Synthesis of a Quasi-Optimal Control System Using the Maximum Condition of Generalized Power Under Fuzziness of Operation Modes' Boundaries / A. Kostoglotov, S. Lazarenko // Proceedings of the Sixth International Scientific Conference «Intelligent Information Technologies for Industry» (IITI'22). – Cham : Springer International Publishing, 2022. – P. 444–453.

26 Intelligent Support for the Interaction of Transport Process Participants Using Fuzzy Modeling / M. V. Bakalov [et al.] // Proceedings of the Sixth International Scientific Conference «Intelligent Information Technologies for Industry» (IITI'22). – Cham : Springer International Publishing, 2022. – P. 403–412.

27 **Afanasieva, T.** Information Granulating and Its Use in Descriptive and Predictive Analysis of Medical Data / T. Afanasieva // Proceedings of the Sixth International Scientific Conference «Intelligent Information Technologies for Industry» (IITI'22). – Cham : Springer International Publishing, 2022. – P. 229–238.

S. M. Kovalev, A. N. Guda, A. I. Dolgiy

ANALYTICAL REVIEW OF PROCEEDINGS OF IITI'22 CONFERENCE

Abstract. The paper provides a brief review of the proceeding analysis presented at the IITI'22 conference, and considers the main areas of both theoretical and applied research in the field of modern artificial intelligence (AI). Traditionally, the main emphasis in most of the materials accepted for publication was on the use of modern information and intellectual technologies in technology. Four main areas presented at the IITI'21 conference were identified: applied intelligent systems, machine learning, and intellectualization of production processes, fuzzy and non-traditional logics. For each of the areas, an analysis of the most interesting reports was made to popularize the results of research in the field of applied artificial intelligence among the Russian-speaking audience.

As part of the conference, a round table was organized, which also discussed the problems of using AI in medicine, business and education. The best works were also included in the proceedings of the conference "Proceedings of the Sixth International Scientific Conference "Intelligent Information Technologies for Industry" (IITI'22)".

Keywords: intelligent information technologies, artificial intelligence, soft computing, industrial intellectualization.

For citation: Kovalev, S. M. Analytical review of proceedings of ITI'22 conference / S. M. Kovalev, A. N. Guda, A. I. Dolgiy // Vestnik Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putey Soobshcheniya. – 2023. – No. 1. – P. 159–174. DOI 10.46973/0201-727X_2023_1_159.

Сведения об авторах

Ковалев Сергей Михайлович

Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС),
кафедра «Автоматика и телемеханика на железнодорожном транспорте», профессор,
Ростовский филиал
АО «Научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт информатизации, автоматизации и связи на железнодорожном транспорте» (РостФ НИИАС),
главный научный сотрудник,
доктор технических наук, профессор,
e-mail: ksm@rfniias.ru

Гуда Александр Николаевич

Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС),
кафедра «Информатика»,
доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой, проректор по научной работе,
e-mail: guda@rgups.ru

Долгий Александр Игоревич

АО «Научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт информатизации, автоматизации и связи на железнодорожном транспорте» (НИИАС),
кандидат технических наук, доцент, генеральный директор,
e-mail: info@vniias.ru

Information about the authors

Kovalev Sergey Mikhaylovich

Rostov State Transport University (RSTU),
Chair «Automatics and Remote Control on Railway Transport», Professor,
JSC «NIIAS»,
Rostov Branch, Chief Scientific Researcher,
Doctor of Engineering Sciences, Professor,
e-mail: ksm@rfniias.ru

Guda Alexander Nikolayevich

Rostov State Transport University (RSTU),
Chair «Informatics»,
Doctor of Engineering Sciences, Professor, Head of the Chair, Vice Rector for Scientific Research,
e-mail: guda@rgups.ru

Dolgiy Alexander Igorevich

JSC «NIIAS»,
Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, General Manager,
e-mail: info@vniias.ru