

МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМ И ПРОЦЕССОВ

УДК 001 + 06

DOI 10.46973/0201-727X_2023_4_146

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

АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР ТРУДОВ КОНФЕРЕНЦИИ ПТИ'23

Аннотация. В период с 25 по 29 сентября 2023 года в г. Санкт-Петербурге прошла Седьмая международная научная конференция «Интеллектуальные информационные технологии в технике и на производстве» (ПТИ'23), организованная ФГБОУ ВО «Ростовским государственным университетом путей сообщения», СПбГУ и ИТМО при поддержке Российской ассоциации искусственного интеллекта. Целью ПТИ'23 является объединение передового международного опыта в области разработки и внедрения современных методов автоматизации, цифровизации и искусственного интеллекта в фундаментальных и прикладных науках, а также развитие контактов в этой области. В статье приводится краткое реферирование представленных на конференции наиболее интересных докладов, включая два пленарных доклада и анализ работы круглого стола.

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

Для цитирования: Ковалев, С. М. Аналитический обзор трудов конференции ПТИ'23 / С. М. Ковалев, А. Н. Гуда, А. И. Долгий // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2023. – № 4. – С. 146–163. – DOI 10.46973/0201-727X_2023_4_146.

Введение

Ежегодно конференция серии ПТИ проводится с участием ведущих международных ученых. История конференции включает в себя множество международных площадок, таких как Сириус (Россия), VSB-Технический университет Остравы (Чехия), Технический университет Варны (Болгария) и Стамбульский университет Айдын (Турция). Благодаря ПТИ более 1000 ученых со всего мира опубликовали более 350 научных работ в сборнике трудов ПТИ, которые были опубликованы в серии Springer.

ПТИ'2023 была посвящена практическим и теоретическим моделям, а также промышленным приложениям, связанным с интеллектуальными информационными технологиями. Конференция рассматривалась как место встречи исследователей и практиков, позволяющее обменяться опытом внедрения передовых информационных технологий в различные отрасли промышленности. В работу конференции были также включены теоретические доклады, касающиеся современного состояния теории искусственного интеллекта (ИИ). На конференцию были приглашены ряд ведущих ученых в области ИИ:

- профессор Раджив Шори (ИИТ Дели, Индия) представил последние исследования в области машинного обучения и передовых вычислений;
- профессор Владимир Городецкий (АО «Эврика», Россия) описал взаимосвязи между наукой о данных и искусственным интеллектом;
- профессор Лев Уткин (Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Россия) объяснял механизм внимания в моделях машинного обучения.

На конференции было представлено 110 статей из 9 стран. Каждая заявка была рассмотрена как минимум тремя сопредседателями или членами программного комитета (ПК). ПК принял для публикации 70 научных статей (63 % от общего числа представленных работ). К сожалению, из-за ограничений тематики конференции ПК был вынужден отклонить некоторые интересные статьи, которые не соответствовали основным топикам ПТИ'23.

Авторы хотели бы выразить личную признательность профессору, доктору Янушу Качпшику, доктору Томасу Дитцингеру и команде Easy Chair за поддержку нашего мероприятия. Дружелюбное и радужное отношение сторонников конференции и участников конференции сделало это мероприятие успешным!

Доклады конференции были распределены по пяти основным секциям. Ниже приводится краткое реферирование наиболее интересных докладов, включая два пленарных доклада и анализ работы круглого стола.

1 Секция «Пленарные доклады»

На конференции был представлен ряд пленарных докладов, среди которых особый интерес вызвали доклады В. Городецкого [1] и Л. Уткина [2].

Пленарный доклад В. Городецкого [1] затрагивает фундаментальную проблему искусственного интеллекта – источников знаний, а именно: данные, цифровые двойники и эксперты. Предлагаются три компонента и три источника знаний, в которых качество содержащихся знаний играют ключевую роль в индустрии ИИ.

Источники знаний, научные основы, используемые для извлечения знаний, а также содержание основных этапов получения, преобразования и совместного использования знаний разных источников схематично представлены на рис. 1.

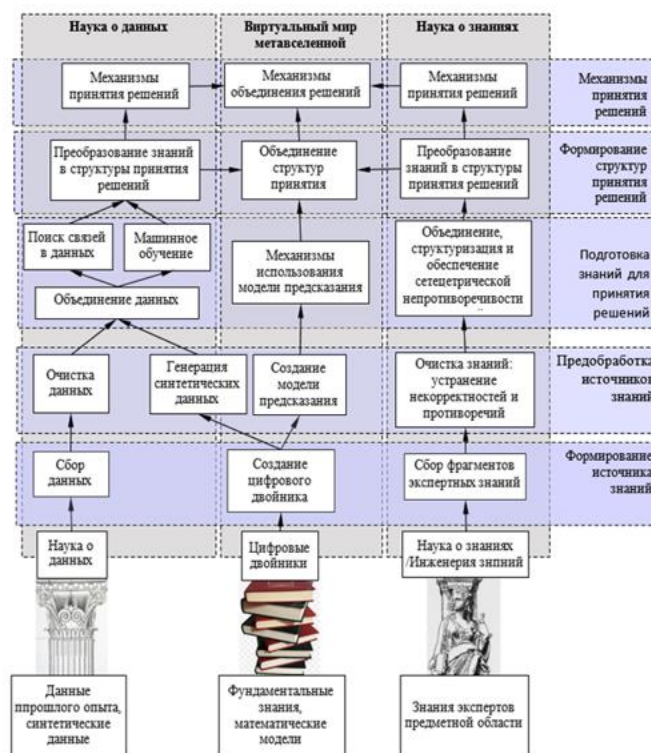


Рис. 1. Источники знаний и теоретические основы их получения

Данные в настоящее время являются основным источником знаний для ИИ-приложений (рис. 1). Ведущая роль этого источника знаний обусловлена тремя основными причинами. Первая причина – это появление больших данных в середине 2000-х годов. Наука о данных, методы и модели которой зародились в недрах статистики, машинного обучения и других наук, стала ответом научного сообщества на проблемы больших данных. Быстрое развитие методологии, методов и алгоритмов науки о данных как самостоятельной науки стало вторым фактором, который обусловил ведущую роль данных как источника знаний в ИИ. Третий фактор в этой же цепи – это нейросетевые модели и технологии глубокого обучения, которые сделали доступными знания, скрытые в больших данных.

Цифровые двойники (ЦД) являются вторым по популярности источником знаний. Цифровым двойником (Digital Twin) физического объекта называют некоторое множество его цифровых моделей и/или связанных с ним процессов и/или сервисов, представленных в машиночитаемой форме. ЦД строится на основе фундаментальных знаний в некоторой области, например в математике, физике, химии и т.п., и предметных знаний, специфичных для конкретного приложения. Технология ЦД к настоящему времени уже является достаточно зрелой и доказала свою ценность как важный источник знаний для определенных аспектов приложений ИИ.

Знания экспертов формируют третий источник знаний для приложений ИИ. До недавних пор термин *системы, основанные на знаниях* использовался как синоним для систем ИИ, и практически до начала текущего столетия термин *знания* ассоциировался главным образом с *экспертными знаниями*. Технологический взрыв в области больших данных и нейросетевых моделей глубокого обучения сильно изменил эту ситуацию не в пользу экспертных знаний.

В заключение доклада автор отмечает, что новый прорыв в области ИИ, сравнимый по своей значимости с прорывом, обусловленным большими данными, наукой о данных и технологиями глубокого обучения на основе нейросетей, в частности технологией больших языковых моделей, можно ожидать только тогда, когда появится новый богатый и доступный источник знаний.

В пленарном докладе, представленном Л. Уткиным [2], были рассмотрены новый класс моделей машинного обучения для классификации и регрессии табличных данных с использованием моделей внимания (attention), которые в настоящее время являются одними из наиболее перспективных инструментов создания эффективных моделей. Основная идея, лежащая в основе предлагаемого класса моделей, заключается в использовании регрессии Надарая – Уотсона для ансамблевых моделей, например, в случайном лесу или градиентном бустинге. Веса внимания $\alpha(\mathbf{x}, A_k(\mathbf{x}))$ для примера данных \mathbf{x} могут быть реализованы рассмотрением каждого (k -го) дерева решений в случайном лесу и вычислением среднего вектора $A_k(x)$, образованного всеми примерами из обучающей выборки, которые попали в тот же лист или терминальную вершину, что и вектор \mathbf{x} . Тогда оценка предсказания всего случайного леса \hat{y} , состоящего из T деревьев решений, определяется через метки y_k примеров обучающей выборки на основе регрессии Надарая – Уотсона

$$\hat{y} = \sum_{k=1}^T \alpha(\mathbf{x}, A_k(\mathbf{x})) y_k,$$

что показано на рисунке ниже (рис. 2).

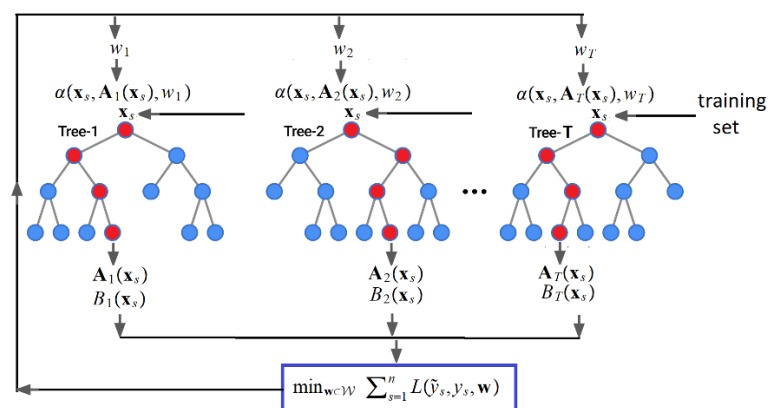


Рис. 2. Фрагмент ансамблевой модели внимания (attention) на основе регрессии Надарая – Уотсона

Такой подход позволил создать класс моделей, которые охватывают различные ситуации, включая модели самовнимания (self-attention), многомерное внимание, иерархические модели внимания, модели обнаружения аномалий, языковые модели, построенные на сочетании случайных лесов и нейронных сетей.

Другими обобщениями подхода являются иерархические структуры модели внимания, а также модели выживаемости, которые предсказывают вероятностные характеристики времени до определенного события, например времени жизни пациента, отказа системы, при условии наличия цензурированных данных. Многочисленные сравнительные эксперименты с синтетическими и реальными табличными данными показали значительную эффективность предлагаемых моделей.

2 Секция машинного обучения и приложений

Одна из наиболее многочисленных секций представлена восемью докладами. Большая часть докладов была посвящена проблемам распознавания образов и изображений. В статье [3] рассматриваются вопросы совершенствования алгоритмов мониторинга движущихся объектов – пешеходов и транспортных средств. Для решения задач предлагаются модели глубокого обучения на основе многоэтапных сверточных нейронных сетей реального времени. Для тестирования алгоритмов использованы реальные тестовые наборы данных и компьютерные 3D-видеосимуляции. В работе представлены результаты тестирования решений, построенных на методах *OpenCV*. В базовом алгоритме используется классификатор на основе гистограмм ориентированных градиентов. Классификатор включает в себя выделение фона, фильтрацию, поиск контуров и слежение за движениями. Результаты обработки видео представлены на рис. 3.



Рис. 3. Результаты тестирования решения People-detecting

Для создания алгоритмов распознавания движущихся объектов использовались уже готовые модели глубокого обучения на основе обработки видеозаписи моделью сверточной нейронной сети SSD300 v1.1 for PyTorch. Расчет точности прогнозируемых данных основан на мультимодальных прогнозах, где ошибка “error” используется в качестве заполнителя для показателя степени:

$$\begin{aligned}
 & p(x_{1,\dots,T}, y_{1,\dots,T} \mid c^{1,\dots,K}, \bar{x}_{1,\dots,T}^{1,\dots,K}, \bar{y}_{1,\dots,T}^{1,\dots,K}), \\
 & = \sum_k c^k \mathcal{N}(x_{1,\dots,T} \mid \bar{x}_{1,\dots,T}^k, \Sigma = 1) \mathcal{N}(y_{1,\dots,T} \mid \bar{y}_{1,\dots,T}^k, \Sigma = 1), \\
 & = \sum_k c^k \prod_t \mathcal{N}(x_t \mid \bar{x}_t^k, \sigma = 1) \mathcal{N}(y_t \mid \bar{y}_t^k, \sigma = 1), \\
 & L = -\log \sum_k e^{\text{error}}.
 \end{aligned}$$

Результаты оценок точности и быстродействия нескольких алгоритмов представлены в виде диаграмм на рис. 4.

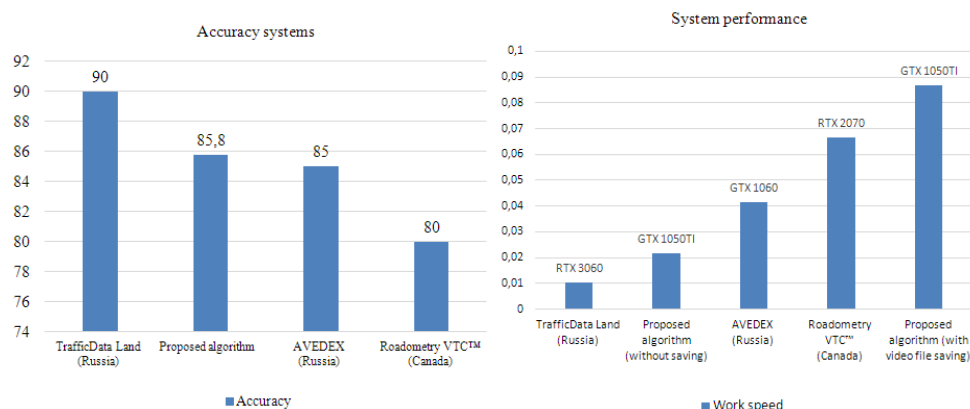


Рис. 4. Диаграммы точности и быстродействия

Тестирование алгоритмов проводилось при помощи предложенного подхода к тестированию – использования реальных видеозаписей и компьютерных симуляций. Результаты сравнения методов тестирования показали, что несмотря на наличие количественных расхождений в точности, наблюдается связь между оценками качества работы приложений.

В статье [4] рассматриваются проблемы навигации и автономного планирования движением искусственных объектов, включая БПЛ. Обычно для автономного планирования используются детерминированные системы, основанные на правилах. Хотя детерминированные алгоритмы планирования траектории в сочетании со стратегиями принятия решений считаются наиболее надежными, они сильно зависят от большого набора гиперпараметров и требуют постоянных инженерных модификаций для того, чтобы справляться с меняющимися ситуациями и условиями. Современной альтернативой для генерации поведения является обучение с подкреплением (*RL*). В работе авторами предложен оригинальный подход автономного *RL*.

Задачу управления беспилотным транспортным средством (агентом) для пересечения перекрестков без светофоров и достижения заранее определенного целевого состояния можно рассматривать как марковский процесс принятия решений (МППР). МППР определяется как кортеж $M = (S, A, T, d_0, r, \gamma)$, где S – набор состояний $s \in S$, который определяется положением агента, состоянием карты и функцией вознаграждения, а $\gamma \in (0, 1]$ является скалярным коэффициентом дисконтирования. Агент исследует среду и пытается выработать оптимальную стратегию $\pi(s)$, которая максимизирует ожидаемую отдачу $R_t = \sum_{k=0}^{\infty} \gamma^k r_{t+k}$. Для каждого временного шага t агент максимизирует

отдачу, определяя действие a_t в соответствии с состоянием s_t . В методах RL, основанных на полезности, целью агента является поиск оптимальной функции Q :

$$Q_{\pi}(s, a) = \mathbb{E}[R_t | s_t = s, a_t = a, \pi].$$

Зная функцию Q , можно жадно выбирать действие на каждом шаге, максимизируя ожидаемую отдачу. Q -функция может быть найдена путем минимизации функции потерь

$$J(\theta) = \mathbb{E} \left[\left(r + \gamma \max_{a'} Q(s', a', \theta) - Q(s, a, \theta) \right)^2 \right],$$

которая выводится из уравнения Беллмана для полезности действия.

Автономное обучение с подкреплением относится к методу обучения, при котором агент учится на основе фиксированного набора данных опыта, а не взаимодействует с окружающей средой в режиме реального времени. Цель автономного RL – построить оптимальную стратегию для данной задачи, используя существующий набор данных. Это приводит к отсутствию гарантий оптимальности по сравнению с онлайн-подходом из-за наличия сдвигов в распределении. Формально сдвиг возникает в автономном режиме, потому что

$$J(\theta) = \mathbb{E}_{s, a, s' \sim \mathcal{D}} \left[\left(r + \gamma \mathbb{E}_{a' \sim \pi_{off}} Q(s', a', \theta) - Q(s, a, \theta) \right)^2 \right],$$

где действия распределяются аналогично, только если известна стратегия $\pi_{off} = \pi_{\beta}$, которая использовалась для выборки траекторий. Из-за сдвига распределения Q -обучение имеет тенденцию переоценивать действия, которые недостаточно представлены в данных. Для борьбы с этой проблемой был предложен алгоритм CQL. Он решает проблему переоценки путем поиска нижней границы Q -функции:

$$J(\theta) = \alpha \mathbb{E}_{s \sim \mathcal{D}, a \sim \mu(\cdot|s)} [Q(s, a)] + \mathbb{E}_{s, a \sim \mathcal{D}} \left[\left(Q(s, a) - \hat{B}^{\pi} \hat{Q}^k(s, a) \right)^2 \right],$$

где $\mu(s, a)$ – пары «состояние – действие», распределенные аналогично π_{β} :

$$\mu(s, a) = d^{\pi_{\beta}}(s) \mu(a|s).$$

Из-за этого алгоритм «избегает» неизвестных пар «состояние – действие» и, следовательно, менее восприимчив к сдвигу распределения. Поскольку для решения задачи нужны качественные экспертные траектории для обучения автономного алгоритма RL, было решено использовать онлайн-методы RL для создания эффективного агента. Алгоритм SAC был обучен на выбранных сценариях (см. пример на рис. 5).

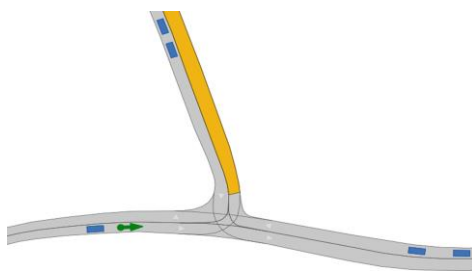


Рис. 5. Пример перекрестка в среде Common Road

Для выбранных сценариев траектории в статье были отфильтрованы на основе общего полученного вознаграждения за эпизод. Авторы получили более 1000 успешных траекторий.

В секции также были представлены еще три зарубежных доклада [5–7] и три доклада российских ученых [8–10].

3 Секция эволюционного моделирования

На данной конференции секция вызвала большой интерес у специалистов и была представлена семью докладами. В статье [11] рассматриваются транспортные сети, в которых потоки описываются системами линейных дифференциальных или разностных уравнений. В рамках «геометрического» функционального анализа проведено исследование глобальных свойств семейства таких моделей. В работе предложена рекурсивная процедура, итеративное применение которой позволяет улучшить

прогностические свойства модели транспортной сети. Данная методология идентификации параметров может трактоваться как одна из схем эволюционного моделирования.

Целью работы является исследование класса моделей мультимодальных перевозок в виде линейной структуры из последовательно собранных автономных базисных элементов. На основании этих представлений предлагается самый быстрый и самый медленный по времени маршрут.

Вводятся обозначения: $z(\tau)$ – звено задержки, которое перерабатывает входной поток ($v(t)$) в выходной ($w(t)$) с запаздыванием τ . Формально имеет место:

$$w(t) = v(t - \tau), \text{ где } \tau \geq 0 \text{ для всех } t = 1, \dots, \tau.$$

Исследование семейства таких моделей показало, что они образуют выпуклую комбинацию звеньев с запаздыванием – всякая линейная транспортная сеть (Δ) представляется в виде базового уравнения:

$$\Delta = \lambda_1 \cdot z(\tau_1) + \dots + \lambda_n \cdot z(\tau_n),$$

где все $\lambda_i \geq 0$ и $\lambda_1 + \dots + \lambda_n = 1$. Разумеется, допускаются и бесконечные суммы в правой части уравнения. Формально из базового уравнения вытекает связь вход-выход, показанная на рис. 6:

$$w(t) = \lambda_1 v(t - \tau_1) + \dots + \lambda_n v(t - \tau_n).$$

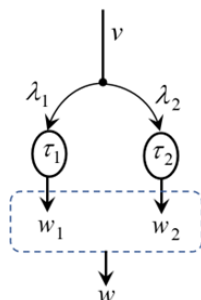


Рис. 6. Двумерная иллюстрация базового соотношения при $n = 2$. Пунктир обозначает сумматор отдельных (элементарных) выходов в один общий выход $w = w_1 + \dots + w_n$

В работе определены операции над приведенными моделями, которые могут быть реализованы на практике: последовательное соединение, добавление петли обратной связи, параллельное соединение. Показано, что выбор параметров в параллельном соединении позволяет построить из нескольких моделей результирующую, наиболее эффективную модель.

Для двух моделей $M_1 = \begin{pmatrix} \alpha_1 & \dots & \alpha_n \\ \tau_1 & \dots & \tau_n \end{pmatrix}$ и $M_2 = \begin{pmatrix} \beta_1 & \dots & \beta_n \\ \theta_1 & \dots & \theta_n \end{pmatrix}$ выбирается параметр $0 \leq \mu \leq 1$ и стро-

ится третья модель M_3 как выпуклая комбинация M_1 и M_2 . Далее предлагается метод идентификации параметров полученной выпуклой комбинации.

В работе приводится оценка погрешности i -й модели:

$$\delta_i = \sum_{t=1}^T [w_i^t - \hat{w}^t]^2 \geq 0 \text{ для } i = 1, \dots, n,$$

где $\hat{w}(t)$ – реальные наблюдения для $t = 1, \dots, T$.

В статье получены условия, при которых погрешность локальной модели уменьшается, и, соответственно, может быть достигнут приемлемый уровень ее точности.

В работе [12] рассматривается проблема синтеза комбинационных логических схем на основе эволюционных методов. В статье предлагается подход к решению задачи синтеза комбинационных схем, основанный на использовании методов эволюционного проектирования.

Задача синтеза подразумевает разработку структуры комбинационной логической схемы на основе заданной таблицы истинности и номенклатуры логических элементов. Элементами комбинационных схем являются вентили, реализующие различные типы логических функций (НЕ, И, ИЛИ и т.

д.). В общем случае комбинационная схема имеет множество входов $X = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ и множество выходов $Y = (Y_1, Y_2, \dots, Y_m)$. Тогда комбинационная схема может быть описана следующей системой уравнений:

$$Y_1 = f_1(x_1, x_2, \dots, x_n); Y_2 = f_2(x_1, x_2, \dots, x_n); \dots Y_m = f_m(x_1, x_2, \dots, x_n).$$

После замены каждой логической операции соответствующим логическим элементом получается функциональная схема логической функции, приведенная на рис. 7.

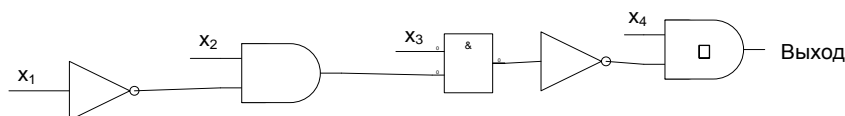


Рис. 7. Функциональная схема логической функции

В работе приводится программная реализация разработанного эволюционного алгоритма синтеза комбинационных схем на языке C#. В ходе вычислительных экспериментов были получены оценки качества получаемых решений и определены оптимальные значения управляющих параметров алгоритма. Одним из важных параметров эволюционного алгоритма является размер популяции. Были проведены серии экспериментов для изучения влияния размера популяции на время работы (рис. 8). Анализ полученных данных позволяет сделать вывод о том, что оптимальным является размер популяции 1000–1400 хромосом, при котором обеспечивается наибольшее разнообразие вариантов решений.

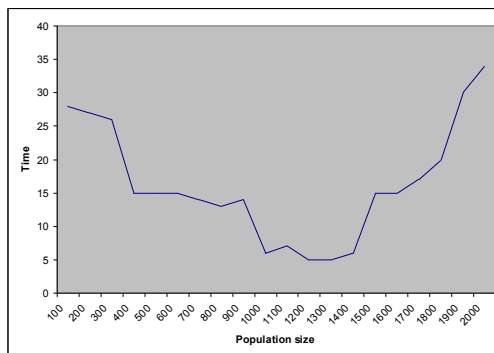


Рис. 8. Зависимость времени работы алгоритма от размера популяции

В ходе вычислительных экспериментов авторами анализировалось влияние вероятности выполнения эволюционных операторов на время и эффективность работы алгоритма. Анализ полученных данных показывает, что наибольший положительный эффект достигается при значениях вероятности мутации в диапазоне 0,45–0,75, а кроссинговера в интервале 0,4–0,8. При увеличении значения вероятности растет число тупиковых вариантов решений, а при снижении вероятности увеличивается время работы.

Полученные в работе результаты показали, что предложенный алгоритм позволяет решать задачу синтеза промышленных комбинационных логических схем малых размеров, однако качество получаемых решений повышается при применении декомпозиции.

В статье [13] рассматривается модифицированный вариант роевого алгоритма для решения *нр*-полных комбинаторных задач. Предложенный алгоритм решения комбинаторных задач использует архитектуру бионического поиска и состоит из объединенных процедур алгоритмов пчелиной колонии и роя хромосом, что позволяет выходить из «локальных ям» и увеличивает сходимость алгоритма.

В качестве структуры данных, несущих информацию о решении, чаще всего используются списки, фактически являющиеся интерпретациями решений. Данное представление удобно для его использования в различных метаэвристических алгоритмах (генетические алгоритмы, муравьиные алгоритмы).

Решение задачи представляется в виде вектора $A = \{a_l | l=1, 2, \dots, n\}$, где a_l – номер элемента, размещенного в l -й позиции вектора A . Хромосома $Hi = \{g_{il} | l=1, 2, \dots, n_l\}$ является кодом вектора A . Значение гена g_{il} равно значению соответствующего элемента a_l , размещенного в l -й позиции. В поисковом популяционном методе оптимизации роем хромосом агентами популяция являются хромосомы.

На первой итерации формируется рой (популяция) хромосом. Каждая хромосома H_i связана со всем роем $H = \{H_i | i=1, 2, \dots, n\}$, может взаимодействовать со всем роем и она тяготеет к лучшему решению H^* роя. В каждый момент времени t (на каждой итерации) хромосомы находятся в некотором состоянии, определяемом значениями генов. Для каждого состояния хромосомы $H_i(t)$ вычисляется соответствующее значение целевой функции $f_i(t)$. Суть поисковой процедуры заключается в последовательной смене состояний объекта оптимизации (роя хромосом) и поиске оптимального состояния. В качестве средства изменения решения выступает оператор направленной мутации, суть которого заключается в изменения целочисленных значений генов h_{il} в хромосоме $H_i(t) = \{h_{il}(t) | l=1, 2, \dots, n\}$. Целью перехода является сокращение веса аффинной связи между хромосомами.

При определении следующего состояния хромосомы учитывается информация о «наилучших» хромосомах $H^*(t)$ из числа «соседей» данной хромосомы, а также информация о данной хромосоме на той итерации, когда этой хромосоме $H^*(t)$ соответствовало наилучшее значение целевой функции и на этой основе по определенным правилам хромосома меняет свое состояние. Используется аффинно-релаксационная модель роя хромосом – это граф, вершины которого соответствуют хромосомам, а дуги соответствуют аффинным связям между хромосомами. Аффинность – мера близости двух хромосом агентов. Переход хромосомы в новое состояние означает переход от хромосомы $H_i(t)$ к новой хромосоме $H_i(t+1)$ – с новыми целочисленными значениями генов.

Для проведения экспериментов были использованы тесты для задачи размещения с имеющимся оптимальным результатом (РЕКО). Оптимальные результаты РЕКО имеются в обоих форматах GSRC BookShelf и LEF/DEF, и они доступны в сети. Для сравнения были выбраны современные алгоритмы размещения: Dragon v2.20, Capo v.8, mPL v.2.0, mPG v1.0, QPlace v.5.1. Сравнение с известными алгоритмами показало, что при меньшем времени работы у полученных с помощью разработанного алгоритма решений отклонение целевой функции от оптимального значения меньше в среднем на 17 %.

В секции также была представлена работа [14], посвященная проблемам параллельной реализации эволюционных и генетических алгоритмов.

4 Секция нечетких систем

Данная секция была представлена пятью докладами. В работе [15] рассматривалась проблема синтеза интеллектуальных нечетких фильтров в задачах автоматизации управления движением без пилотных средств. Синтез фильтров сопровождения летательных аппаратов затруднен отсутствием априорных данных о параметрах маневров воздушных целей, что привело к развитию адаптивной фильтрации. Интеллектуальные фильтры сопровождения, такие как альфа-бета фильтры, широко распространены, но их математические модели часто традиционны и не поддаются адаптации. В статье предлагается новый подход к построению динамических моделей движения на основе условия максимума функции обобщенной мощности. Это позволяет разработать процедуру подстройки алгоритма оценки под маневры летательного аппарата, используя параметр адаптации. Исходные данные для нечеткого фильтра включают ускорение и порог принятия решения о маневре, что позволяет классифицировать движение. Цель исследования – синтез эффективного интеллектуального фильтра сопровождения на основе математического моделирования радиолокационных измерений и экспертных знаний о движении летательных аппаратов.

Эффективность предложенного интеллектуального фильтра проверена через математическое моделирование в MATLAB с использованием Fuzzy Logic Toolbox. Результаты моделирования, выполненные в системе полярных координат и пересчитанные в декартову систему (x, y) , представлены ниже на рис. 9 в виде траектории движения.

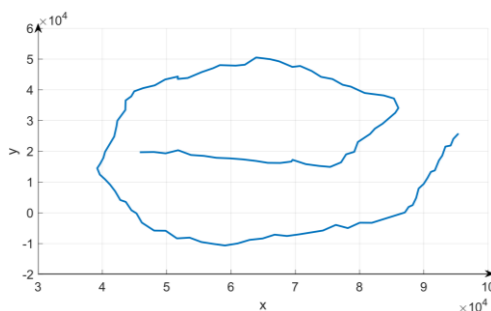


Рис. 9. Траектория движения самолета в полярной системе координат

Законы изменения азимута и дальности представлены ниже на рис. 10 и 11.

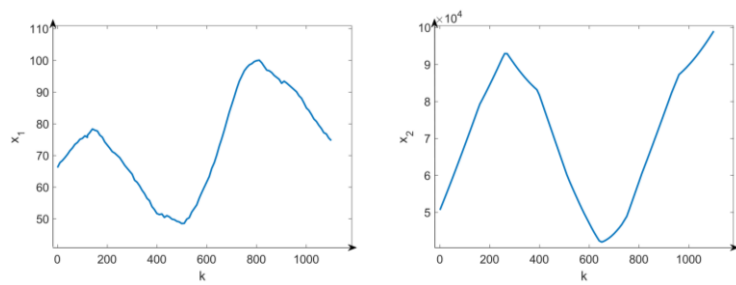


Рис. 10. Законы изменения полярных координат (x_1 – азимут, x_2 – дальность)

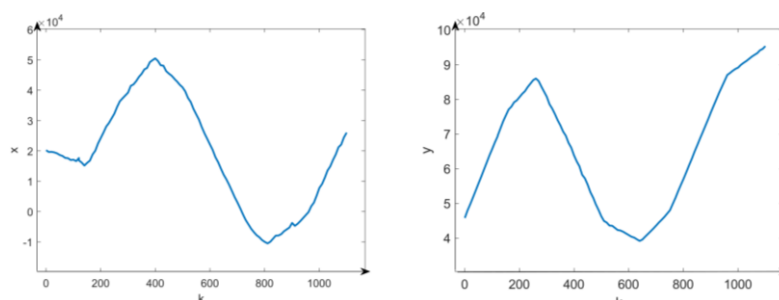


Рис. 11. Законы изменения декартовых координат

Используя среднее квадратическое отклонение погрешностей оценивания как показатель эффективности, авторы сравнили новый интеллектуальный фильтр с альфа-бета фильтром и фильтром Калмана. В 100 экспериментах установлено, что новый фильтр превосходит интеллектуальный альфа-бета-фильтр на 9 % и фильтр Калмана с моделью Зингера на 6 %. Анализ результатов подчеркивает, что использование динамической модели движения при синтезе фильтра с последующим применением нечеткой логики для выбора настраиваемого параметра в зависимости от режима движения цели способствует повышению точности оценки параметров маневрирующего летательного аппарата.

В работе [16] исследовалась проблема использования нечетких темпоральных онтологических моделей и нечетких темпоральных когнитивных моделей для анализа и прогнозирования сложных систем. Для представления, комплексного анализа и отображения динамики изменения проблемной области предлагается разновидность нечетких онтологических моделей – *нечеткие темпоральные онтологические модели (НТОМ)*, особенностью которых является то, что атрибуты, соответствующие параметрам векторного пространства анализируемой системы, задаются временными рядами четких/нечетких значений. При этом нечеткая грануляция нечеткой онтологической модели выполняется на уровне нечетких значений временных рядов этих атрибутов, а также на уровне нечетких значений бинарных отношений взаимовлияния между атрибутами этой модели.

Для многомерного прогнозирования параметров сложной системы предлагается разновидность *нечетких реляционных темпоральных когнитивных моделей (НРТКМ)*, достоинством которых является гибкость и простота настройки нечетких темпоральных операторов и преобразований за счет следующего: возможности задания системной динамики для всех непосредственно взаимодействующих концептов; возможности настройки нечетких отношений взаимовлияния между концептами; особого представления и вычисления зависимостей между нечеткими параметрами. Последнее представляется в векторно-матричном виде:

$$\begin{aligned}
 FRTCM &= \langle C, R \rangle, \\
 C &= \{C_i \mid i=1, \dots, I\}, \\
 R &= \{R_i \mid i=1, \dots, I\}, \\
 R_i &= \{\tilde{r}_{ij}(t-l) \mid l=0, \dots, L_j^i, j=1, \dots, J^i\}, \\
 c_i : \tilde{c}_i(t) &= \tilde{F}_i \left(\begin{array}{l} \{\tilde{c}_i(t-k), \tilde{r}_{ii}(t-k) \mid k=1, \dots, L_i^i\}, \\ \{\tilde{c}_j(t-l), \tilde{r}_{ij}(t-l) \mid j=1, \dots, J^i, l=1, \dots, L_j^i\} \end{array} \right), \quad i=1, \dots, I,
 \end{aligned}$$

где C – множество концептов НРТКМ; I – число концептов НРТКМ; R – множество нечетких отношений влияния концептов друг на друга; R_i – подмножество нечетких бинарных отношений влияния концептов, непосредственно воздействующих на концепт c_i ; J^i – число концептов, непосредственно воздействующих на концепт c_i ; $\tilde{r}_{ii}(t-k)$ – нечеткое отношение влияния концепта c_i на себя в момент времени $(t-k)$; L_i^i – максимальное учитываемое значение временного лага (интервала задержки) при влиянии концепта c_i на себя; $\tilde{r}_{ij}(t-l)$ – нечеткое отношение влияния концепта c_j на концепт c_i в момент времени $(t-l)$; L_j^i – максимальное учитываемое значение временного лага (интервала задержки) при влиянии концепта c_j на концепт c_i ; $\tilde{c}_i(t)$, $\tilde{c}_i(t-k)$, $\tilde{c}_j(t-l)$ – нечеткие значения концептов c_i и c_j в соответствующие моменты времени.

Эффективность применения предлагаемого подхода проиллюстрирована на примерах анализа и многомерного прогнозирования параметров неоднородной электромеханической системы.

В секции были также представлены доклады [17–19], посвященные медицинским приложениям нечеткой логики.

5 Секция информационной безопасности

На конференции данная секция была представлена пятью докладами. Традиционно наиболее представительной в этой секции была научная школа И. Котенко. В работе [20] разрабатывалась проблема защиты от сетевых атак на основе машинного обучения (МО). Авторами проведено тщательное исследование существующих атак на системы МО, охватывающее этапы обучения, развертывание алгоритмов МО и масштабы эксплуатации информационной инфраструктуры. Всесторонний анализ выявленных мер противодействия атакам на системы МО позволил предложить новый защитный подход, который основывается на использовании метода состязательной тренировки совместно с технологиями Neural-Clearance и Jpeg-сжатия. Подход основан на использовании генеративно-состязательной сети (Generative Adversarial Network, GAN), состоящей из автоэнкодера и классификатора. Автоэнкодер играет роль генератора, а классификатор – дискриминатора. Обе сети построены на основе ячеек LSTM (Long Short-Term Memory – долгой краткосрочной памяти).

Реализация GAN была осуществлена в среде Ubuntu 20.04 с использованием Python 3.8, CUDA Toolkit 10.0.130, cuDNN 7.6.0, TensorFlow 2.1 и Keras. Для реализации технологий Neural-Clearance и Jpeg-сжатия дополнительно использовались Pillow 10.1.0 и Pytorch 1.0.2.

Результаты сравнительной оценки предложенного подхода и метода Defense-GAN представлены в виде ROC-диаграммы на рис. 12. Автоэнкодер был основан на ячейках LSTM размером 200, 400 и 800.

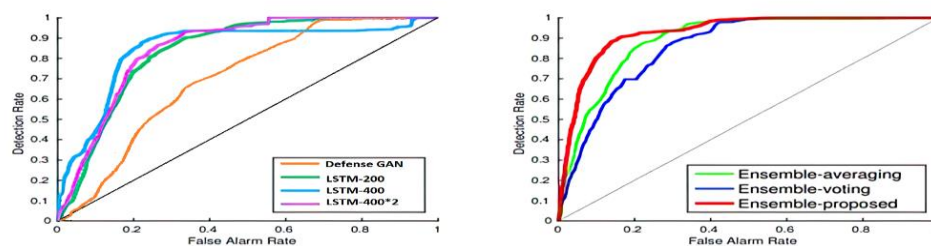


Рис. 12. Результаты сравнения предложенного подхода с Defense-GAN и традиционными методами ансамблирования

Дальнейшие направления исследований авторы связывают с разработкой новых, более эффективных методов и механизмов защиты от угроз, связанных с технологией МО, и создания фреймворка, способного оценивать и выбирать различные методы защиты от атак на системы МО, что в настоящее время является одной из ключевых проблем в сфере компьютерной безопасности.

В работе [21] предлагается новый подход к корреляции событий безопасности в киберфизических системах, основанный на генерации графов и глубоком обучении. Разработанный подход состоит из четырех этапов: 1) предварительная обработка данных, 2) анализ сходства событий, 3) генерация графа и 4) классификация узлов графа.

На этапе предобработки данных проводится извлечение и отбор признаков событий, а также нормализация данных. На втором этапе при анализе сходства событий извлекаются репрезентативные

события безопасности (representative security event, RSE) путем кластеризации с использованием алгоритма BIRCH без фиксированного количества кластеров. На третьем этапе осуществляется генерация RSE-графа, узлами которого являются репрезентативные события безопасности, а ребрами – переходы между этими событиями с соответствующей частотой в заданном временном окне. На этапе классификации узлов производится обучение глубокой нейронной сети на полученном RSE-графе, при этом в качестве меток узлов выступают категории состояний безопасности. В качестве классификаторов используются графовые нейронные сети.

Оценка предлагаемого подхода проводится на наборе данных Electra, сгенерированном на основе сетевого трафика тяговой подстанции в нормальном и в аварийном режиме. Размер экспериментальных данных составляет 3 миллиона строк событий, а количество признаков равно 21. Сформированный RSE-граф в итоге содержит 174 узла и 845 ребер.

Предложенный авторами подход не требует предварительных знаний об атаках и предопределенных правил корреляции событий безопасности. Результаты экспериментов с набором данных промышленной КФС демонстрируют эффективность предложенного подхода и высокие показатели качества классификации состояний.

В секции были представлены также доклады петербургской школы [22–26].

6 Секция интеллектуальной поддержки принятия решений

Данная секция была наиболее многочисленной и представлена 13 докладами. В статье [27] была предложена новая когнитивная архитектура, моделирующая процесс генерации решений лицом, принимающим решения (ЛПР), с использованием такого аспекта познания состояния внешней среды, который позволяет осуществлять выбор стратегического воздействия при управлении сложными системами. Авторы исходят из предположения, что управляющее действие ЛПР будет основываться на его мысленном представлении о текущей ситуации. Такая модель системы будет описываться когнитивной каузальной моделью (ККМ), которую можно представить в виде ориентированного взвешенного знакового графа с детерминированной причинностью на дугах.

Процесс принятия решения заключается в формировании новых знаний. Эти знания сравниваются их с наблюдаемыми ситуациями и предлагается решение. По сути, происходит многоуровневое открытие знаний. Когнитивная архитектура системы для принятия ЛПР сложных решений выглядит так, как показано на рис. 13.

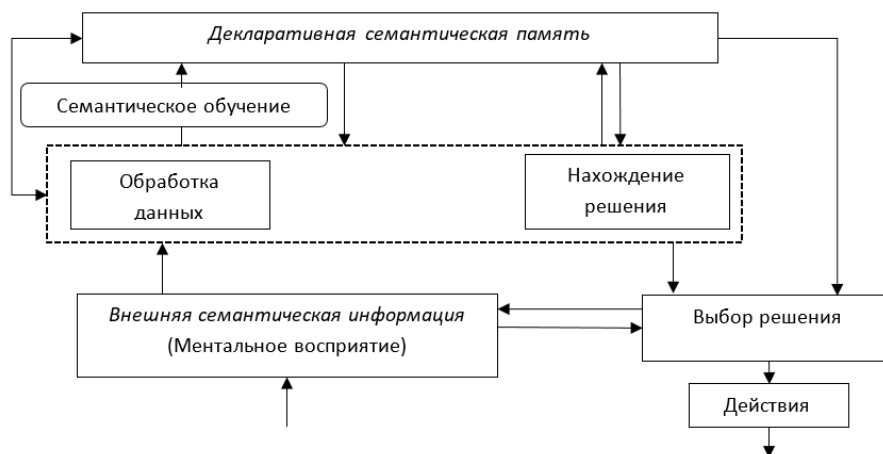


Рис. 1. Когнитивная архитектура системы принятия человеком стратегических решений

Использование причинного мышления для создания когнитивной модели является движущей силой предлагаемой технологии.

В статье [28] была представлена новая методология разработки интеллектуальных сервисов с генерацией объяснений на основе онтологий. Авторы вводят понятие онтологической базы знаний, означающее, что формирование базы знаний осуществляется не на языке представления знаний, а в терминах онтологии, отражающей терминологию и структуру как предметной области, так и задач, для которых она создается. В онтологических базах знаний термины онтологии и знания предметной области описываются в единой информационной структуре: выделяется верхний онтологический уровень, ниже в иерархии находятся термины базы знаний. Интеллектуальный решатель (обработчик базы знаний) ориентирован на эту онтологическую базу знаний.

Важнейшим элементом интеллектуальной системы принятия решений на основе онтологической БЗ является интеллектуальный сервис. Предложен подход к созданию гибких сервисов и интерфейсов для них. Основные его идеи заключаются в следующем: реализация интеллектуального сервиса предлагает стандартный (базовый) интерфейс для быстрого создания сервиса. Если необходимы изменения интерфейса для входных данных, то вместо модификации решателя (что долго и дорого), разработчикам сервисов предлагается реализовать пользовательский интерфейс, соответствующий требованиям пользователей, а результаты ввода данных «записать» в базу данных, соответствующую онтологии входных данных. Для генерации нового формата объяснения (или его детализации) в соответствии с новыми требованиями пользователей предлагается использовать результат работы сервиса (ресурс, сформированный по онтологии объяснения результатов) и на его основе сформировать то объяснение, которое требуется пользователям.

Пример архитектуры интеллектуального сервиса для медицинской системы приведен ниже на рис. 14.

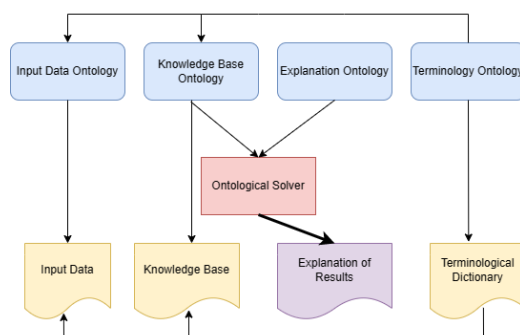


Рис. 14. Архитектура интеллектуального сервиса

В настоящее время авторы проводят исследования по автоматизации создания разных пользовательских интерфейсов, генерируемых по декларативной структуре.

В работе [29] рассматривается перспективный класс методов объяснения результатов работы нейронных сетей с использованием онтологий предметной области. Использование онтологий в качестве основы коммуникативной системы в совместной поддержке принятия решений обусловлено двумя факторами: 1) онтология – это формализованное представление терминологии предметной области, которое может быть понятно экспертам в данной области, а также обработано программно, 2) на сегодняшний день разработаны онтологии для многих проблемных областей, а знания, представленные в них, потенциально могут быть использованы в различных приложениях.

В статье производится анализ существующих онтолого-ориентированных методов объяснения нейронных сетей. Результаты этого анализа используются при разработке концептуальной модели для представления объяснений, а также протоколов взаимодействия человека и системы ИИ.

В секции приложений методов ИИ также были представлены доклады [30–38].

Организация круглого стола

На ПТГ'23 был организован круглый стол, на которой был вынесен ряд проблем прикладного ИИ, вызвавших большой интерес у специалистов, занимающихся разработкой прикладных интеллектуальных систем. Большой интерес вызвал доклад [39] по проблеме использования адаптивных сетевых моделей обработки потоковой информации в системах интеллектуального мониторинга.

В работе рассматривается новый класс эволюционирующих нечетких систем, реализованных в виде нейронечетких сетей eFNS, предназначенных для онлайн-обработки потоковых данных. Модель eFNS представляет собой гибридизацию нечетких систем, искусственных нейронных сетей и инкрементных методов машинного онлайн-обучения.

Логическим ядром eFNS является эволюционирующая нечеткая модель Такаги – Сугено, основанная на нечетких правилах вида:

$$R_i: \text{IF } (x_1 = x_1^*) \text{ AND } \dots \text{ AND } (x_n = x_n^*) \quad \text{THEN } y_i = a_{i0} + \sum_{j=1}^n a_{ij} x_{ij}^*.$$

Для сетевой реализации в онлайн-режиме предлагается упрощенная модель eFNS, основанная на нечетких правилах вида:

$$R_{ij}: \text{IF } x_i \text{ is } \alpha_{ij} \text{ THEN } y_{ij} = q_{ij},$$

где x_i – числовое значение нечеткого термина α_{ij} нечеткой переменной A_i ; q_{ij} – выходное значение.

Предлагается модификация eFNS в виде эластичной нечеткой системы eFNS+. Последняя является адаптивной нейронечеткой моделью, структура и параметры которой обучаются и адаптируются в инкрементном режиме под управлением потоковых данных, а базовый элемент eFNS+ содержит параметр эластичности w . Базовым элементом архитектуры eFNS+ является нечеткий нейрон, структура которого приведена на рис. 15, а. Общая архитектура эластичной eFNS+ на основе эластичных нечетких нейронов представлена ниже на рис. 15, б.

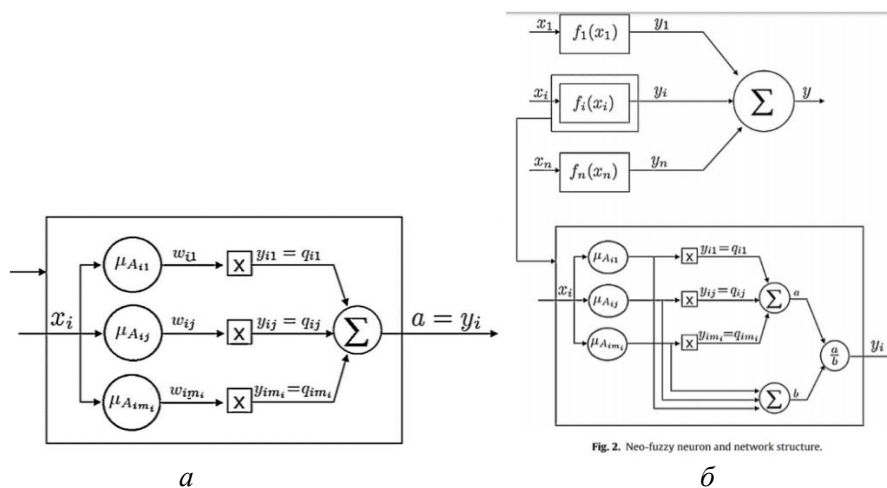


Рис. 15. Структура нечеткого нейрона (а) и архитектура eTSN (б)

Таким образом, эластичный нечеткий нейрон в архитектуре eFNS+ поддерживает «мягкую» версию простейшего нечеткого правила, допускающего параметрическое онлайн-обновление входящих в него переменных:

$$R_{ei}: \text{IF } x \approx \alpha_{ij} \text{ THEN } y_i \approx q_{ij}.$$

Формализованным представлением данного правила является выражение:

$$y_i = \left[\sum_{j=1}^{m_i} \mu_{ij}(x) \cdot \mu_{ij}(w_i) \right] \cdot q_{ij}.$$

Эластичное нечеткое правило R_{ei} реализует «мягкий» выбор лингвистических значений α_{ij} для всех лингвистических переменных A_i в antecedенте нечеткого правила R_{ei} и, следовательно, допускает путем адаптации параметра эластичности плавное преобразование одного нечеткого правила R_{ij} : "if x is α_{ij} then y is q_{ij} " в другое R_{ik} : "if x is α_{ik} then y is q_{ik} ". По мере приближения w_i к одному из центров ФП улучшается интерпретируемость правила, что позволяет реализовать инкрементный механизм структурной онлайн-адаптации eFTNS+.

В докладе приводятся результаты использования такого рода эластичных нейронечетких моделей для решения задач темпорального прогнозирования в интеллектуальных системах мониторинга процессов управления железнодорожными перевозками.

В докладе [40] была представлена новая концепция распознавания беглой слитной речи. Основная идея заключается в том, что в устном речевом потоке прямую речь от косвенной отличает использование паузы перед началом высказывания. Этот просодический элемент позволяет, например, обратить особое внимание на произносимое по телефону или при отдаче устной команды слушателям, позволяя подчеркнуть особую важность произносимого. Это дает возможность слушателю или слушателям отследить смысл и важность высказывания, но от говорящего при этом требуется больше времени на выбор характера фразы, отделив её от предшествующего текста. В ранних работах авторами показано использование в речевом потоке эмоциональных фраз, позволяющих обеспечивать адекватную регулировку мощности мобильной и сотовой связи, где была отмечена настоятельная необходимость различения прямой и косвенной речи в устном потоке слов.

На рис. 16 показана тонограмма аудиозаписей двух высказываний, позволяющая не только обнаружить наличие паузы, осуществляющей указанную нами функцию. Этот рисунок наглядно показывает, что длительность указанной паузы составляет 0,57 с, что превосходит средний интервал времени между словами потока речи, дав возможность системе принять решение о наличии искомой паузы, выделяющей прямую речь (слева) в конкретном речевом потоке.

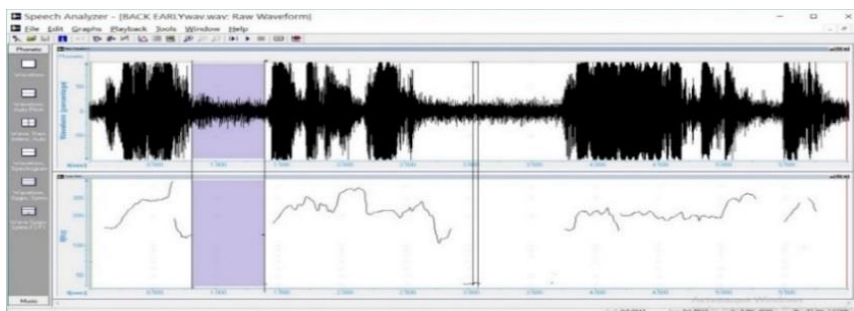


Рис. 16. Ты сказал: «Приду рано!» Ты сказал, что придёшь рано!

Предлагаемый онтолого-ориентированный подход к распознаванию потоков речевой информации реализован авторами на основе нейронных сетей и используется для систем поддержки принятия решений в интерактивных интерфейсах.

На круглом столе был также представлен ряд специальных докладов, посвященных решению прикладных задач в области ИИ, связанных с такими областями промышленности, как транспорт, энергетика и авиапромышленность [41–47].

Заключение

В обзорной статье дан краткий анализ работ, представленных на конференции ИТИ'23. Рассмотрены основные направления как теоретических, так и прикладных исследований в области современного ИИ. Традиционно основной акцент в большинстве принятых к публикации материалов был сделан на приложения современных информационных и интеллектуальных технологий в технике. Были выделены 6 основных направлений, представленных на конференции ИТИ'23: прикладные интеллектуальные системы, машинное обучение, информационная безопасность, 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 на транспорте и в промышленности. Лучшие работы также вошли в сборник трудов конференции "Proceedings of the Seventh International Scientific Conference "Intelligent Information Technologies for Industry" (ИТИ'23)".

Список литературы / References

1 **Gorodetsky, V.** Three Knowledge Sources and Three Constituents of Artificial Intelligence Foundation / V. Gorodetsky // Proceedings of the Seventh International Scientific Conference "Intelligent Information Technologies for Industry" (ИТИ'23). – Cham : Springer International Publishing, 2023. – P. 14–35. – ISBN 978-3-031-43788-5.

2 Neural Attention Forests: Transformer-Based Forest Improvement / L. V. Utkin [et al.] // Proceedings of the Seventh International Scientific Conference "Intelligent Information Technologies for Industry" (ИТИ'23). – Cham : Springer International Publishing, 2023. – P. 158–168. – ISBN 978-3-031-43788-5.

3 **Polyakov, V.** Development and Testing Intelligent Video Surveillance Systems Based on the CNN Algorithm / V. Polyakov, I. Dolgiy, A. Mezhenin // Proceedings of the Seventh International Scientific Conference "Intelligent Information Technologies for Industry" (ИТИ'23). – Cham : Springer International Publishing, 2023. – P. 136–147. – ISBN 978-3-031-43788-5.

4 **Melkumov, M.** Planning Maneuvers for Autonomous Driving Based on Offline Reinforcement Learning: Comparative Study / M. Melkumov, A. Panov // Proceedings of the Seventh International Scientific Conference "Intelligent Information Technologies for Industry" (ИТИ'23). – Cham : Springer International Publishing, 2023. – P. 65–75. – ISBN 978-3-031-43788-5.

5 Audio-Visual Multi-modal Meeting Recording System / W. Yang [et al.] // Proceedings of the Seventh International Scientific Conference "Intelligent Information Technologies for Industry" (ИТИ'23). – Cham : Springer International Publishing, 2023. – P. 168–179. – ISBN 978-3-031-43788-5.

6 **Huseynov, I.** Resume Recommendation using RNN Classification and Cosine Similarity / I. Huseynov, I. Diallo, M. W. Raed // Proceedings of the Seventh International Scientific Conference "Intelligent Information Technologies for Industry" (ИТИ'23). – Cham : Springer International Publishing, 2023. – P. 96–108. – ISBN 978-3-031-43788-5.

7 Research on Video Pedestrian Tracking Based on the Combination of Optical Flow Method and Target Tracking Network / E. Zhao, D. Zhang, Y. Li [et al.] // Proceedings of the Seventh International Scientific Conference “Intelligent Information Technologies for Industry” (IITI'23). – Cham : Springer International Publishing, 2023. – P. 120–130. – ISBN 978-3-031-43788-5.

8 **Oliseenko, V. D.** Big Five: What User Posts Say? / V. D. Oliseenko, Sh. R. Hastiev, T. V. Tulupyeva // Proceedings of the Seventh International Scientific Conference “Intelligent Information Technologies for Industry” (IITI'23). – Cham : Springer International Publishing, 2023. – P. 75–86. – ISBN 978-3-031-43788-5.

9 **Petrovski, A.** Gated Recurrent Unit Autoencoder for Fault Detection in Penicillin Fermentation Process / A. Petrovski, M. Arifeen, S. Petrovski // Proceedings of the Seventh International Scientific Conference “Intelligent Information Technologies for Industry” (IITI'23). – Cham : Springer International Publishing, 2023. – P. 86–97. – ISBN 978-3-031-43788-5.

10 Machine Learning for Adaptive Analysis and Evaluation of Soil Slopes / A. A. Shulzhenko, A. A. Alexandrov, G. Belyavsky [et al.] // Proceedings of the Seventh International Scientific Conference “Intelligent Information Technologies for Industry” (IITI'23). – Cham : Springer International Publishing, 2023. – P. 108–119. – ISBN 978-3-031-43788-5.

11 **Ilicheva, V. V.** Canonical Representation of Transport Networks and Their Identification Based on Evolutionary Modeling / V. V. Ilicheva, A. N. Guda // Proceedings of the Seventh International Scientific Conference “Intelligent Information Technologies for Industry” (IITI'23). – Cham: Springer International Publishing, 2023. – P. 191–200. – ISBN 978-3-031-43788-5.

12 **Gladkov, L. A.** Development and Research of Algorithms for the Synthesis of Combinational Logic Circuits Based on the Evolutionary Approach / L. A. Gladkov, G. E. Veselov, N. V. Gladkova // Proceedings of the Seventh International Scientific Conference “Intelligent Information Technologies for Industry” (IITI'23). – Cham : Springer International Publishing, 2023. – P. 210–221. – ISBN 978-3-031-43788-5.

13 **Lebedev, O. B.** Modified Adaptive Particle Swarm Algorithm / O. B. Lebedev, O. A. Purchina, D. D. Fugarov // Proceedings of the Seventh International Scientific Conference “Intelligent Information Technologies for Industry” (IITI'23). – Cham : Springer International Publishing, 2023. – P. 200–210. – ISBN 978-3-031-43788-5.

14 **Sakharov, M.** Studying the Efficiency of Parameter Scaling in Optimal Control Problems with Parallel Memetic Algorithm / M. Sakharov, K. Koledina // Proceedings of the Seventh International Scientific Conference “Intelligent Information Technologies for Industry” (IITI'23). – Cham : Springer International Publishing, 2023. – P. 181–191. – ISBN 978-3-031-43788-5.

15 Synthesis of Intelligent Tracking Filter with Fuzzy for Parameter Setting in Problems of Air Traffic Management Automation / V. I. Mamai, D. L. Sumin, A. V. Yakovlev, S. V. Lazarenko // Proceedings of the Seventh International Scientific Conference “Intelligent Information Technologies for Industry” (IITI'23). – Cham : Springer International Publishing, 2023. – P. 231–243. – ISBN 978-3-031-43788-5.

16 **Borisov, V.** Co-active of Fuzzy Temporal Ontological Models and Fuzzy Temporal Cognitive Models for the Analysis and Forecasting of Complicated Systems / V. Borisov, A. Zharkov // Proceedings of the Seventh International Scientific Conference “Intelligent Information Technologies for Industry” (IITI'23). – Cham : Springer International Publishing, 2023. – P. 221–231. – ISBN 978-3-031-43788-5.

17 **Novokhrestova, D.** Classifier-Based Combined Measure of Syllable Pronunciation Similarity in Speech Rehabilitation / D. Novokhrestova, E. Kostyuchenko, A. Borovskoy // Proceedings of the Seventh International Scientific Conference “Intelligent Information Technologies for Industry” (IITI'23). – Cham : Springer International Publishing, 2023. – P. 127–137. – ISBN 978-3-031-43788-5.

18 Application of Computer Vision Technologies to Reduce Injuries in the Athletes' Training / V. V. Borisov, A. E. Misnik, A. A. Velkov, M. A. Shalukhova // Proceedings of the Seventh International Scientific Conference “Intelligent Information Technologies for Industry” (IITI'23). – Cham : Springer International Publishing, 2023. – P. 137–148. – ISBN 978-3-031-43788-5.

19 **Shakhgeldyan, K. I.** Architecture of a Hybrid Clinical Decision Support System / K. I. Shakhgeldyan, B. I. Geltser, B. V. Potapenko // Proceedings of the Seventh International Scientific Conference “Intelligent Information Technologies for Industry” (IITI'23). – Cham : Springer International Publishing, 2023. – P. 146–156. – ISBN 978-3-031-43788-5.

20 Attacks Against Machine Learning Systems: Analysis and GAN-based Approach to Protection / I. Kotenko, I. Saenko, O. Lauta [et al.] // Proceedings of the Seventh International Scientific Conference “Intelligent Information Technologies for Industry” (IITI'23). – Cham : Springer International Publishing, 2023. – P. 49–62. – ISBN 978-3-031-43788-5.

21 **Levshun, D.** Intelligent Graph-Based Correlation of Security Events in Cyber-Physical Systems / D. Levshun, I. Kotenko // Proceedings of the Seventh International Scientific Conference “Intelligent Information Technologies for Industry” (IITI’23). – Cham : Springer International Publishing, 2023. – P. 115–216. – ISBN 978-3-031-43788-5.

22 **Zhernova, K.** Cyber Security in Industry 4.0 Security Evaluation Method for Perspective Types of Human-Computer Interfaces / K. Zhernova, A. Chechulin // Proceedings of the Seventh International Scientific Conference “Intelligent Information Technologies for Industry” (IITI’23). – Cham : Springer International Publishing, 2023. – P. 39–49. – ISBN 978-3-031-43788-5.

23 Attacks Against Machine Learning Systems: Analysis and GAN-based Approach to Protection / I. Kotenko, I. Saenko, O. Lauta [et al.] // Proceedings of the Seventh International Scientific Conference “Intelligent Information Technologies for Industry” (IITI’23). – Cham : Springer International Publishing, 2023. – P. 49–60. – ISBN 978-3-031-43788-5.

24 **Levshun, D.** Comparative Analysis of Machine Learning Methods in Vulnerability Metrics Transformation / D. Levshun // Proceedings of the Seventh International Scientific Conference “Intelligent Information Technologies for Industry” (IITI’23). – Cham : Springer International Publishing, 2023. – P. 60–70. – ISBN 978-3-031-43788-5.

25 **Dong, H.** Train Without Label : A Self-supervised One-Class Classification Approach for IoT Anomaly Detection / H. Dong and I. Kotenko // Proceedings of the Seventh International Scientific Conference “Intelligent Information Technologies for Industry” (IITI’23). – Cham : Springer International Publishing, 2023. – P. 81–92. – ISBN 978-3-031-43788-5.

26 Decision-Making Module to Improve the Stability of the UAV Flight / E. S. Basan, A. B. Mogilny, A. A. Lesnikov, A. S. Basan // Proceedings of the Seventh International Scientific Conference “Intelligent Information Technologies for Industry” (IITI’23). – Cham : Springer International Publishing, 2023. – P. 90–100. – ISBN 978-3-031-43788-5.

27 **Tselykh, A.** Cognitive Architecture of a System to Replicate Human Strategic Decision-Making / A. Tselykh, L. Tselykh // Proceedings of the Seventh International Scientific Conference “Intelligent Information Technologies for Industry” (IITI’23). – Cham : Springer International Publishing, 2023. – P. 302–313. – ISBN 978-3-031-43788-5.

28 **Gribova, V.** Methodology for Development Based on Ontological Models Intelligent Services with Explanation Generation / V. Gribova, E. Shalfeeva // Proceedings of the Seventh International Scientific Conference “Intelligent Information Technologies for Industry” (IITI’23). – Cham : Springer International Publishing, 2023. – P. 268–279. – ISBN 978-3-031-43788-5.

29 **Smirnov, A.** Ontology-Based Explanations of Neural Networks for Collaborative Human-AI Decision Support Systems / A. Smirnov, A. Ponomarev // Proceedings of the Seventh International Scientific Conference “Intelligent Information Technologies for Industry” (IITI’23). – Cham : Springer International Publishing, 2023. – P. 353–363. – ISBN 978-3-031-43788-5.

30 **Kolodenkova, A. E.** Making Diagnostic Decisions Based on the Assessment of Mixed Production Rules / A. E. Kolodenkova, S. S. Vereshchagina, D. V. Shvalov // Proceedings of the Seventh International Scientific Conference “Intelligent Information Technologies for Industry” (IITI’23). – Cham : Springer International Publishing, 2023. – P. 243–253. – ISBN 978-3-031-43788-5.

31 **Gavrilova, T.** Ontology-Based Methodology for Knowledge Maps Design / T. Gavrilova, O. Alkanova, A. Kuznetsova // Proceedings of the Seventh International Scientific Conference “Intelligent Information Technologies for Industry” (IITI’23). – Cham : Springer International Publishing, 2023. – P. 250–260. – ISBN 978-3-031-43788-5.

32 Operating with Fuzzy Cases in Distributed Intelligent Systems / A. Ereemeev, P. Varshavskii, S. Polyakov, A. Sesin // Proceedings of the Seventh International Scientific Conference “Intelligent Information Technologies for Industry” (IITI’23). – Cham : Springer International Publishing, 2023. – P. 260–268. – ISBN 978-3-031-43788-5.

33 Research on Video Pedestrian Tracking Based on the Combination of Optical Flow Method and Target Tracking Network / E. Zhao, D. Zhang, Y. Li [et al.] // Proceedings of the Seventh International Scientific Conference “Intelligent Information Technologies for Industry” (IITI’23). – Cham : Springer International Publishing, 2023. – P. 120–131. – ISBN 978-3-031-43788-5.

34 **Polyakov, V.** Development and Testing Intelligent Video Surveillance Systems Based on the CNN Algorithm / V. Polyakov, I. Dolgiy, A. Mezhenin // Proceedings of the Seventh International Scientific Conference “Intelligent Information Technologies for Industry” (IITI’23). – Cham : Springer International Publishing, 2023. – P. 136–146. – ISBN 978-3-031-43788-5.

35 **Melekhin, A.** Impact of Loss Functions on the Training of LiDAR-based Place Recognition Models / A. Melekhin, D. Yudin // Proceedings of the Seventh International Scientific Conference “Intelligent Information Technologies for Industry” (IITI’23). – Cham : Springer International Publishing, 2023. – P. 147–156. – ISBN 978-3-031-43788-5.

36 **Vereskun, V.** Modeling of Intuition in Human-Machine Decision-Making Complexes in the Management of Transport Systems / V. Vereskun, N. Lyabakh, E. Chebotareva // Proceedings of the Seventh International Scientific Conference “Intelligent Information Technologies for Industry” (IITI’23). – Cham : Springer International Publishing, 2023. – P. 237–247. – ISBN 978-3-031-43788-5.

37 **Liabakh, N. A.** Intelligent Maintenance and Repair on Railway Transport / N. A. Liabakh, O. V. Ignatieva, V. V. Shapovalov // Proceedings of the Seventh International Scientific Conference “Intelligent Information Technologies for Industry” (IITI’23). – Cham : Springer International Publishing, 2023. – P. 247–260. – ISBN 978-3-031-43788-5.

38 Traction Induction Motor State Observer Based on an Luenberger Filter / P. G. Kolpakhchyan, S. A. Pakhomin, A. E. Kochin [et al.] // Proceedings of the Seventh International Scientific Conference “Intelligent Information Technologies for Industry” (IITI’23). – Cham : Springer International Publishing, 2023. – P. 260–271. – ISBN 978-3-031-43788-5.

39 **Dolgiy, A.** Intelligent Monitoring of Transportation Processes Based on Dynamic Fuzzy PCA Analysis / A. Dolgiy, S. Kovalev // Proceedings of the Seventh International Scientific Conference “Intelligent Information Technologies for Industry” (IITI’23). – Cham : Springer International Publishing, 2023. – P. 271–283. – ISBN 978-3-031-43788-5.

40 **Stefanuk, V. L.** Automated Discovery of Direct Speech to Increase Quality and Battery Saving in Telephony / V. L. Stefanuk, L. V. Savinitch // Proceedings of the Seventh International Scientific Conference “Intelligent Information Technologies for Industry” (IITI’23). – Cham : Springer International Publishing, 2023. – P. 169–179. – ISBN 978-3-031-43788-5.

41 Temporal Prediction Models for Technological Processes Based on Predictive Analytics / A. Dolgiy, S. Kovalev, I. Olgeizer, A. Sukhanov // Proceedings of the Seventh International Scientific Conference “Intelligent Information Technologies for Industry” (IITI’23). – Cham : Springer International Publishing, 2023. – P. 179–195. – ISBN 978-3-031-43788-5.

42 **Kemaykin, V. K.** Distributed Control System of Protection of Autonomous Object, Based on Hybrid Technology of Artificial Intelligence / V. K. Kemaykin, B. V. Palyukh, A. R. Khabarov // Proceedings of the Seventh International Scientific Conference “Intelligent Information Technologies for Industry” (IITI’23). – Cham : Springer International Publishing, 2023. – P. 195–206. – ISBN 978-3-031-43788-5.

43 **Dorodnykh, N. O.** Using Semantic Annotation of Tabular Data for Domain Knowledge Graph Population / N. O. Dorodnykh, A. Yu. Yurin // Proceedings of the Seventh International Scientific Conference “Intelligent Information Technologies for Industry” (IITI’23). – Cham : Springer International Publishing, 2023. – P. 206–217. – ISBN 978-3-031-43788-5.

44 **Sokolov, S. S.** Robust Filtering of Nonlinear Stochastic Processes in Machine Learning Systems / S. S. Sokolov, M. V. Kurinenko, O. I. Sokolova // Proceedings of the Seventh International Scientific Conference “Intelligent Information Technologies for Industry” (IITI’23). – Cham : Springer International Publishing, 2023. – P. 217–227. – ISBN 978-3-031-43788-5.

45 Selecting a Machine Learning Model to Optimize the Burner Digital Twin / V. Kovalnogov, D. Generalov, R. Fedorov [et al.] // Proceedings of the Seventh International Scientific Conference “Intelligent Information Technologies for Industry” (IITI’23). – Cham : Springer International Publishing, 2023. – P. 225–235. – ISBN 978-3-031-43788-5.

46 **Rogozov, Y. I.** Method for Determining and Fixing the Information Need of Users in the Low-Code Development / Y. I. Rogozov, V. S. Lapshin, S. A. Kucherov // Proceedings of the Seventh International Scientific Conference “Intelligent Information Technologies for Industry” (IITI’23). – Cham : Springer International Publishing, 2023. – P. 285–294. – ISBN 978-3-031-43788-5.

47 Intelligent Design of Images of Engineering Networks for Spatial Analysis / S. Belyakov, A. Bozhenyuk, M. Knyazeva, I. Rozenberg // Proceedings of the Seventh International Scientific Conference “Intelligent Information Technologies for Industry” (IITI’23). – Cham : Springer International Publishing, 2023. – P. 294–303. – ISBN 978-3-031-43788-5.

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

ANALYTICAL REVIEW OF THE PROCEEDINGS OF THE IITI'23 CONFERENCE

Abstract. During the period from September 25 to September 29, 2023, the seventh International Scientific Conference “Intelligent Information Technologies in Engineering and Manufacturing” (IITI'23) was held in St. Petersburg. It was organized by the Rostov State Transport University, St. Petersburg State University and ITMO with the support of the Russian Association of Artificial Intelligence. The goal of the IITI'23 is to combine advanced international experience in the development and implementation of modern methods of automation, digitalization and artificial intelligence in basic and applied sciences as well as to develop contacts in these spheres. The paper provides a brief summary of the most interesting reports presented at the conference, including two plenary reports and an analysis of the work of the round table.

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

For citation: Kovalev, S. M. Analytical review of the proceedings of the IITI'23 conference / S. M. Kovalev, A. N. Guda, A. I. Dolgiy // Vestnik Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putey Soobshcheniya. – 2023. – No. 4. – P. 146–163. – DOI 10.46973/0201-727X_2023_4_146.

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 Mikhailovich

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