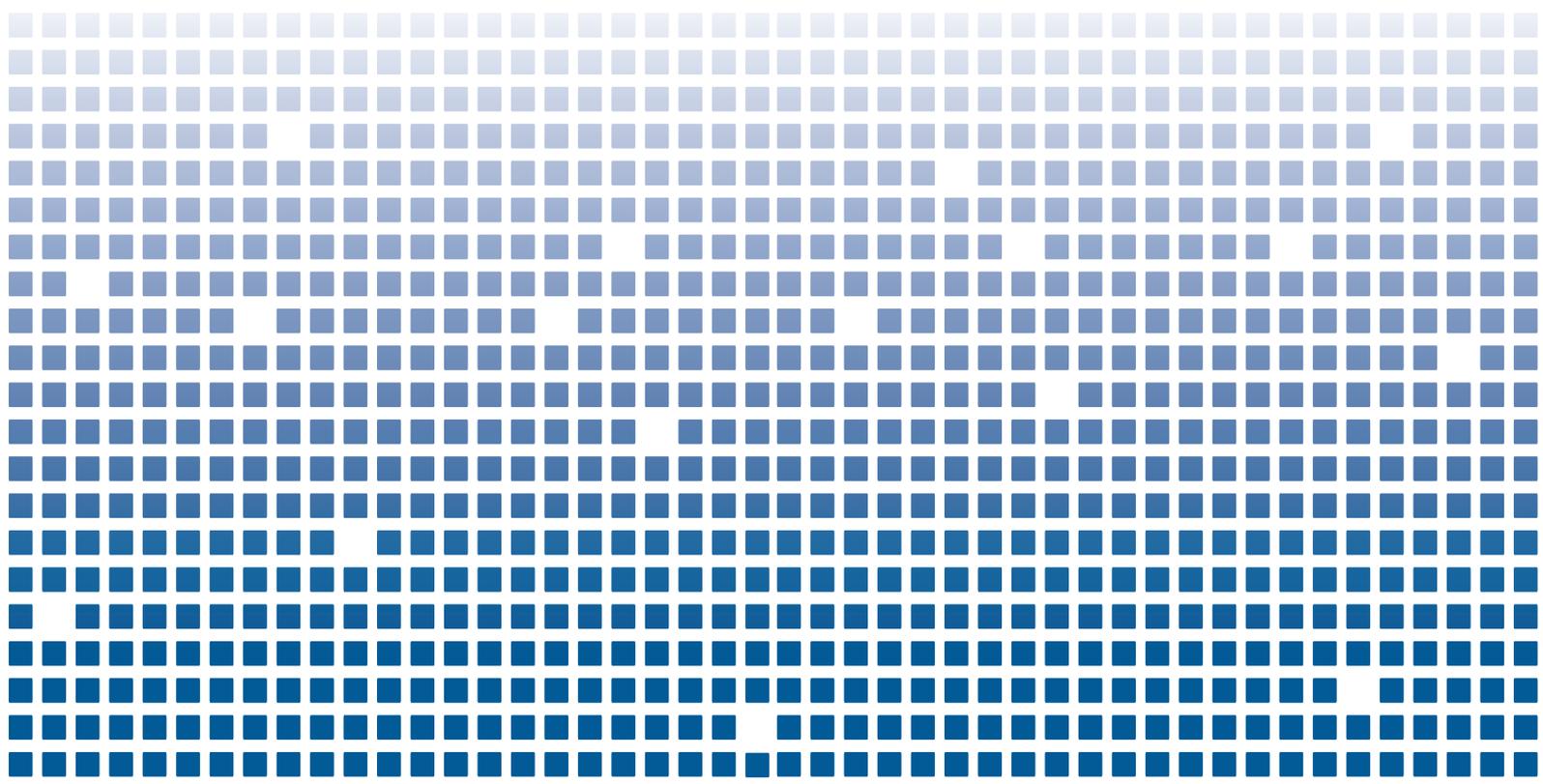




РАДИО

ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

04/2016



РАДИОПРОМЫШЛЕННОСТЬ

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

ИЗДАЕТСЯ С 1968 ГОДА

№ 4/2016

Журнал зарегистрирован в Федеральной службе по надзору за соблюдением законодательства в сфере массовых коммуникаций и охране культурного наследия (свидетельство ПИ № ФС77–41699 от 20 августа 2010 года).

Журнал включен в перечень изданий, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Министерства образования и науки Российской Федерации для опубликования результатов диссертационных исследований (**Перечень ВАК**).

Журнал включен в Российский индекс научного цитирования (**РИНЦ**).

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

А. В. Фомина, д. э. н., проф., чл.-корр. Академии военных наук

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

С. В. Хохлов (Департамент радиоэлектронной промышленности Минпромторга России)

А. С. Якунин, к. т. н. (АО «ОПК»)

Г. В. Козлов, д. ф.-м. н., проф. (АО «Концерн ВКО “Алмаз-Антей”»)

А. М. Батьковский, д. э. н. (АО «ЦНИИ “Электроника”»)

А. Е. Давыдов, д. т. н., проф. (АО «Воентелеком»)

П. И. Смирнов, к. т. н., доц. (АО «НИИ “Масштаб”»)

В. И. Курносков, д. т. н., проф. (АО «НИИ “Рубин”»)

Н. А. Махутов, чл.-корр. РАН, д. т. н., проф. (РАН)

Ю. Л. Николашин, к. т. н. (ПАО «Интелтех»)

Г. В. Анцев, к. т. н., доц. (АО «НПП “Радар ммс”»)

В. М. Балашов, д. т. н., проф. (АО «НПП “Радар ммс”»)

Я. Я. Петрикович, д. т. н., проф. (ЗАО «Элвис-Неотек»)

А. И. Канащенков, д. т. н., проф. (АО «Корпорация Фазотрон-НИИР»)

Н. Ю. Жибуртович, д. т. н., проф. (АО «Корпорация Фазотрон-НИИР»)

В. И. Сергеев, д. т. н., доц. (ВКБ АФУ (ОАО))

М. Д. Максименко, д. т. н., проф. (АО «ВНИИРА»)

Г. Я. Красников, д. т. н., проф., акад. (ОАО «НИИМЭ и Микрон»)

В. М. Исаев, д. т. н., проф. (ФГУП «МНИИРИП»)

Ю. В. Зозуля, д. э. н. (ГК «Ростех»)

С. В. Богословский, д. т. н., проф. (АО «НПП “Радар ммс”»)

Полное или частичное воспроизведение материалов допускается только с письменного разрешения АО «ЦНИИ “Электроника”».

При перепечатке материалов ссылка на журнал «Радиопромышленность» обязательна.

Ответственность за содержание рекламных материалов несут рекламодатели.

Ответственность за достоверность приведенных сведений, за наличие данных, не подлежащих открытой публикации, и точность информации по цитируемой литературе несут авторы.

Позиция редакции может не совпадать с мнением автора.

Все поступившие в редакцию материалы подлежат рецензированию.

Редакция не вступает в переписку с авторами статей, получившими мотивированный отказ в опубликовании.

Материалы, переданные в редакцию, не возвращаются.

Рукописи аспирантов печатаются бесплатно.

Требования к оформлению статей размещены на сайте www.instel.ru.

Учредитель

АО «ЦНИИ “Электроника”»

Издатель

АО «ЦНИИ “Электроника”»

Генеральный директор, главный редактор

Алена Фомина
instel@instel.ru
+7 (495) 940-65-00

Выпускающий редактор

Татьяна Задонская
publish@instel.ru
+7 (495) 940-65-24

Реклама

Александр Шестаков
shestakov_a@instel.ru
+7 (495) 940-65-24

Распространение и подписка

Вероника Филиппова
filippova_v@instel.ru
+7 (495) 940-65-46

Корректор

Юлия Никулина

Компьютерная верстка

Григорий Арифудин

Адрес редакции

127299, г. Москва,
ул. Космонавта Волкова, д. 12
+7 (495) 940-65-00
www.instel.ru
instel@instel.ru

Подписка

В редакции
publish@instel.ru
+7 (495) 940-65-46

Агентство «Роспечать»

Индекс **25885**

(каталог «Газеты. Журналы»)

Индекс **59982**

(каталог «Научно-технические издания»)

Агентство «Урал-Пресс»

www.ural-press.ru
+7 (495) 961-23-62

Подписано в печать 08.11.2016.

Отпечатано в ООО «РА “Фора-профит Медиа”».

RADIOPROMYSHLENNOST

(Radio industry)

SCIENTIFIC JOURNAL

PUBLISHED FROM 1968

№ 4/2016

The journal is registered at the Federal Service for Compliance with the Law in Mass Communications and Cultural Heritage Protection (Certificate PI № FS77–41699 of August 20th, 2010).

The journal is included into the List of periodicals recommended by the State commission for academic degrees and titles for publishing of dissertation research results.

This journal is included in Russian Science Citation Index (RSCI).

EDITOR-IN-CHIEF

A. V. Fomina, Doctor of Economics, Professor, Corresponding Member of Russian Academy of Military Sciences

EDITORIAL COUNCIL

S. V. Khokhlov (Radio electronics Department of the Ministry of industry and trade of the Russian Federation)

A. S. Yakunin, Candidate of Engineering (OPK)

G. V. Kozlov, Doctor of Physics and Mathematics, Professor (Concern PVO Almaz-Antei)

A. M. Batkovskiy, Doctor of Economics (Central Research Institute of Economy, management and information systems «Electronics»)

A. E. Davydov, Doctor of Engineering, Professor (Voentelekrom)

P. I. Smirnov, Candidate of Engineering, Assistant Professor (Mashtab)

V. I. Kurnosov, Doctor of Engineering, Professor (Rubin)

N. A. Makhutov, Corresponding Member of Russian Academy of Sciences, Doctor of Engineering Professor (Russian Academy of Sciences)

Yu. L. Nikolashin, Candidate of Engineering (Intelteh)

G. V. Antsev, Candidate of Engineering, Assistant Professor (Radar mms)

V. M. Balashov, Doctor of Engineering, Professor (Radar mms)

Y. Y. Petrikovich, Doctor of Engineering, Professor (Elvis Neotec)

A. I. Kanaschenkov, Doctor of Engineering, Professor (Phazatron – NIIR Corporation)

N. Y. Zhiburtovich, Doctor of Engineering, Professor (Phazatron – NIIR Corporation)

V. I. Sergeev, Doctor of Engineering, Assistant Professor (Voronezh Design Bureau Antenna Feeders)

M. D. Maksimenko, Doctor of Engineering, Professor (VNIIRA)

G. Y. Krasnikov, Doctor of Engineering, Professor, Academician (Mikron)

V. M. Isaev, Doctor of Engineering, Professor (MNIIRIP)

Y. V. Zozulya, Doctor of Economics (Rostec Corporation)

S. V. Bogoslovskiy, Doctor of Engineering, Professor (Radar mms)

Full or partial reproduction of materials is allowed only with the written permission of the Central Research Institute of Economy, management and information systems «Electronics».

At a reprint of materials the link on journal «Questions of radio electronics» is mandatory.

Advertisers are responsible for the content of advertisements.

Authors are responsible for reliable information, for the availability of data are not subject to open publication, and accuracy of information on the cited literature.

The editorial standpoint may not correspond with authors' opinions.

All incoming manuscripts are subject to review.

Editors do not correspond with authors, whose articles are considered unsuitable for the publication. Materials sent to the editor will not be returned.

Manuscripts of PhD students are published free of charge.

Founder

Central Research Institute of Economy, management and information systems «Electronics»

Publisher

Central Research Institute of Economy, management and information systems «Electronics»

General director, Editor-in-Chief

Alyona Fomina
instel@instel.ru
+7 (495) 940-65-00

Managing editor

Tatjana Zadonskaya
publish@instel.ru
+7 (495) 940-65-24

Advertise

Alexander Shestakov
shestakov_a@instel.ru
+7 (495) 940-65-24

Distribution and subscribe

Veronika Filippova
filippova_v@instel.ru
+7 (495) 940-65-46

Proofreader

Julia Nikulina

Design

Grigory Arifulin

Editorial office

127299, Moscow,
Kosmonavta Volkova st., 12
+7 (495) 940-65-00
www.instel.ru
instel@instel.ru

Subscribe

publish@instel.ru
+7 (495) 940-65-46

Signed to print 08.11.2016.

Printed in Fora-profit Media.

СОДЕРЖАНИЕ

От космических высот до земных недр	5	Клочко О. С., Федорова В. А. Средства обеспечения безопасной передачи данных на физическом уровне	70
СИСТЕМЫ И СРЕДСТВА БЕЗОПАСНОСТИ		Родионов А. В., Чухраев И. В., Драч В. Е. Программирование с контекстами и промежуточными слоями в применении к разработке HTTP-сервисов	75
Пушкарев А. Е., Молев Ф. В., Манвелова Н. Е., Сергушев А. Г. Подходы к построению сенсорных сетей для систем геомеханического мониторинга	6	Бахолдин В. С., Гаврилов Д. А., Добриков В. А. Программный прием и обработка сигналов индийской региональной навигационной спутниковой системы в Санкт-Петербурге	80
Пушкарев А. Е., Молев Ф. В., Манвелова Н. Е. Тензометрические датчики для измерения деформации элементов горных выработок	14	СИСТЕМЫ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ДЛЯ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ	
Пушкарев А. Е., Молев Ф. В., Сергушев А. Г., Яковлев А. В. Трехкомпонентный индукционный датчик деформации породы для систем геодинамической безопасности рудников	21	Чувиков Д. А., Теплов Е. В., Сараев Д. В., Варламов О. О., Пунам Джжа Методика автоматизации системы диспетчерского контроля на основе экспертной системы городского пассажирского транспорта	85
ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА		Варламов О. О., Лазарев В. М., Чувиков Д. А., Пунам Джжа О перспективах создания автономных интеллектуальных роботов на основе миварных технологий	96
Оводенко А. А., Овчинникова Н. А., Андреева Е. В., Осколков Б. В. Анализ дрейфа собственных частот микрорезонаторов, обусловленных диссипацией кинетической энергии колебаний	27	ОБРАБОТКА СИГНАЛОВ	
Казиков В. И., Москалец О. Д. Комплексные спектры в дифракционном решеточном спектральном приборе	32	Козлов В. Н., Коротун В. М. Классификация факторов, определяющих прохождение радиоволн КВ-диапазона по ионосферным трассам	106
Семенова Е. Г., Чабаненко А. В. Совершенствование процессов управления наукоемким производством и оценки его потенциала	38	Козлов В. Н., Коротун В. М. Математическое моделирование пространственно-временного распределения электронной концентрации в ионосфере для оценки алгоритмов адаптации к геофизическим и помеховым условиям	112
РАДИОЭЛЕКТРОНИКА – МЕДИЦИНЕ		Чухломин И. Е., Файзулин Н. А., Москович И. Р. Обнаружение короткой пачки при адаптивной междупериодной обработке	124
Ершов С. О., Пономарев А. О. RFID-маркировка объектов с речевым информированием для слепых	44	Муравьев А. Б. Критерии качества алгоритмов обнаружения и сопровождения целей в охранных системах с активными датчиками	130
Томакова Р. А., Дураков И. В., Емельянов Е. Г., Забанов Д. С., Ханыков А. Е. Метод автоматической сегментации флюорограмм грудной клетки на основе представления гистограммы яркости изображения в скользящем окне	50	ОРГАНИЗАЦИЯ. УПРАВЛЕНИЕ. ЭКОНОМИКА	
Филист С. А., Томакова Р. А., Шаталова О. В., Кузьмин А. А., Али Кассим К. Д. Метод классификации сложноструктурируемых изображений на основе самоорганизующихся нейросетевых структур	57	Батьковский А. М., Леонов А. В., Пронин А. Ю., Фомина А. В. Технологические аспекты процесса создания перспективных образцов радиоэлектронной продукции	135
ПРИКЛАДНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ. ОБРАБОТКА ИНФОРМАЦИИ		Батьковский А. М., Клочков В. В., Фомина А. В. Управление развитием материально-технической базы предприятий оборонно-промышленного комплекса	146
Погорелов В. И., Горбунов А. В. Свободные колебания зонтичной антенны космического летательного аппарата	66	ПРАВИЛА ПРЕДСТАВЛЕНИЯ СТАТЕЙ	155

CONTENTS

From the heights of Space to the Earth's entrails.....	5	Rodionov A., Chukhraev I., Drach V. Programming with contexts and middleware in development of HTTP services	75
SYSTEMS AND SECURITY FEATURES		Bakhholdin V., Gavrilov D., Dobrikov V. Program pickup and processing of signals of the Indian regional navigation satellite system in St. Petersburg	80
Pushkarev A., Molev F., Manvelova N., Sergushev A. Approaches to building of sensor networks for geomechanical monitoring systems	6	DECISION MAKING SYSTEM FOR ROBOTIC SYSTEMS	
Pushkarev A., Molev F., Manvelova N. Strain gauges for measuring deformations in mine opening elements	14	Chuvikov D., Teplov E., Saraev D., Varlamov O., Punam Jha Methods of automation of supervisory control system based on the urban passenger traffic software expertise system	85
Pushkarev A., Molev F., Sergushev A., Yakovlev A. Three-component induction rock deformation gauge for geodynamic mine safety systems	21	Varlamov O., Lazarev V., Chuvikov D., Punam Jha On prospects for design of standalone smart robots based on mivar technologies	96
PRODUCTION TECHNOLOGY		SIGNAL PROCESSING	
Ovodenko A., Ovchinnikova N., Andreeva E., Oskolkov B. Analysis of drift in natural frequencies of microresonators caused by dissipation of oscillations kinetic energy	27	Kozlov V., Korotun V. Classification of factors determining the SW radiowaves propagating via ionospheric paths	106
Kazakov V., Moskaletz O. Complex spectra in diffraction grating spectral device	32	Kozlov V., Korotun V. Mathematical modeling of spatial and temporal distribution of electron concentration in ionosphere for evaluation of algorithms of adaptation to geophysical and interference conditions	112
Semenova E., Chabanenko A. Improvement of processes of knowledge-intensive production management and evaluation of its potential	38	Chuhlomin I., Fayzulin N., Moskovich I. Detection of a short block of signals in adaptive interperiod processing	124
RADIOELECTRONICS IN MEDICINE		Muraviov A. Quality criteria for algorithms of target detection and tracking in security systems with active sensors	130
Ershov S., Ponomarev A. RFID marking of objects with verbal announcement for blinds	44	ORGANIZATION. CONTROL. ECONOMY	
Tomakova R., Durakov I., Emelyanov E., Zabanov D., Hanykov A. Method of automatic segmentation of chest X-Ray tests findings on the basis of presentation of image brightness in a sliding window	55	Batkovskiy A., Leonov A., Pronin A., Fomina A. Technological aspects of the process of development of advanced radioelectronic products	135
Filist S., Tomakova R., Shatalova O., Kuzmin A., Kassim Q. Method of classification of complex structured images on the basis of self-organized neural network structures	57	Batkovskiy A., Klochkov V., Fomina A. Management of development of the facilities and resources of enterprises operating in the defense-industrial complex	146
APPLIED PROBLEMS OF INFORMATION TECHNOLOGIES. DATA PROCESSING		RULES FOR SUBMITTING ARTICLES	157
Pogorelov V., Gorbunov A. Free oscillations of spacecraft umbrella-type antenna	66		
Klochko O., Fedorova V. Equipment for secure data communication at physical level	70		

**Д. А. Чуви́ков¹, Е. В. Теплов¹, Д. В. Сараев², О. О. Варламов²,
Джха Пунам¹**

¹ Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет, Москва, Россия

² Научно-исследовательский институт «МИВАР», Москва, Россия

МЕТОДИКА АВТОМАТИЗАЦИИ СИСТЕМЫ ДИСПЕТЧЕРСКОГО КОНТРОЛЯ НА ОСНОВЕ ЭКСПЕРТНОЙ СИСТЕМЫ ГОРОДСКОГО ПАССАЖИРСКОГО ТРАНСПОРТА

В статье описана общая структура городского пассажирского транспорта. В статье приведены актуальные статистические данные, подготовленные Министерством транспорта Российской Федерации для информационно-статистического бюллетеня «Транспорт России» за январь–март 2016 года по перевозке пассажиров транспортом общего пользования, а также представлена динамика пассажирооборота транспорта общего пользования за 2014–2016 годы в форме графика. Проведен анализ автоматизированных инструментальных средств составления и контроля расписания движения общественного городского транспорта. Рассмотрены системы «Фара-0080», PIKAS, «PMT», «СКАТ» и «АПАС». Предложена методика автоматизации системы диспетчерского контроля на основе экспертной системы городского пассажирского транспорта с применением алгоритмов теории расписаний. В работе также представлена инфологическая схема базы данных автоматизированного диспетчера, выполненная с помощью CASE-средства автоматизированного построения и проектирования баз данных ERwin. В качестве эксперимента продемонстрирована имитационная модель автоматизированной системы диспетчерского контроля движения городского пассажирского транспорта в программной среде AnyLogic.

Ключевые слова: городской пассажирский транспорт, диспетчер, автоматизация, транспорт, экспертная система, теория расписаний, имитационное моделирование, ERwin, AnyLogic, КЭСМИ (Wi! Mi).

Для цитирования: Методика автоматизации системы диспетчерского контроля на основе экспертной системы городского пассажирского транспорта / Чуви́ков Д. А., Теплов Е. В., Сараев Д. В., Варламов О. О., Джха Пунам // Радиопромышленность. – 2016. – № 4. – С. 85–95.

D. A. Chuvikov¹, E. V. Teplov¹, D. V. Saraev², O. O. Varlamov², Jha Punam¹

¹ Moscow automobile and road construction state technical university (MADI), Russia

² Scientific-Research Institute «MIVAR», Moscow, Russia

METHODS OF AUTOMATION OF SUPERVISORY CONTROL SYSTEM BASED ON THE URBAN PASSENGER TRAFFIC SOFTWARE EXPERTISE SYSTEM

This article describes the overall structure of the urban passenger transport. The article presents the relevant statistical data prepared by the Ministry of Transport of the Russian Federation for «Transport of Russia» Information and Statistics bulletin for January–March, 2016 on transportation of passengers by public transport, and presents the dynamics of passenger traffic for common use public transport for 2014–2016 period in the form of the chart. The automated tools for preparation and monitoring of traffic schedules for public urban transport have been analyzed. Such systems as Fara-0080, PIKAS, PMT, SKAT and APAS have been reviewed. Techniques of supervisory control automation have been proposed on the basis of urban passenger transport expertise system with the use of scheduling theory algorithms. This work also presents the infological scheme for database data of automated manager, which was prepared with the use of CASE – the

tool for automated building and design of ERwin databases. And also by way of experiment a simulation model of automated supervisory control of urban passenger traffic has been demonstrated in AnyLogic software environment.

Keywords: urban passenger transport (UPT), traffic operator, automation, transportation, expertise system, scheduling theory, simulation, ERwin, AnyLogic, MEC (Wi Mi).

For citation: Chuvikov D. A., Teplov E. V., Saraev D. V., Varlamov O. O., Punam Jha. Methods of automation of supervisory control system based on the urban passenger traffic software expertise system. Radiopromyshlennost, 2016, no. 4, pp. 85–95. (In Russian).

DOI 10.21778/2413-9599-2016-4-85-95

Введение

Статистические данные показывают, что в среднем каждый шестой житель нашей планеты проживает в городах с населением более 1 млн человек, каждый третий – в городе средних размеров и каждый четвертый – в небольшом городе. Вследствие чего в городах наблюдается резкая концентрация населения. Поэтому автоматизация диспетчерского управления городским пассажирским транспортом является весьма актуальной задачей.

Структура городского пассажирского транспорта (ГПТ)

Городской транспорт разделяют на пассажирский, грузовой и специальный. По количеству мест транспортные средства делят на два типа:

1. Индивидуальный пассажирский транспорт – это легковые автомобили, мотоциклы, велосипеды.
2. Общественный городской транспорт – это автобусы, троллейбусы, трамваи, метрополитен, городские железные дороги, речные суда, монорельсовые дороги и т.д.

Для организации движения городской пассажирский транспорт был разделен на два вида: маршрутный и немаршрутный. Движение маршрутных транспортных средств происходит по запланированным направлениям – маршрутам, которые на своем протяжении оборудованы пунктами для посадки пассажиров. Движение немаршрутных транспортных средств организуется на проезжей части улиц в пределах ограничений, устанавливаемых правилами дорожного движения (ПДД), разметкой проезжей части и светофорной сигнализацией.

Для статистического анализа ниже представлены таблицы и диаграммы, подготовленные Министерством транспорта Российской Федерации для информационно-статистического бюллетеня «Транспорт России» за январь–март 2016 года. В табл. 1 представлены данные по перевозкам пассажиров транспортом общего назначения по России [1]. Также на рис. 1 представлена динамика пассажирооборота транспорта общего пользования за 2014–2016 годы по России [1].

Таким образом, из полученных данных можно сделать следующий вывод: городская система транспорта занимает одну из ведущих ролей в общей системе жизнеобеспечения города и имеет градоформирующее значение [2].

Существующие проблемы управления городским пассажирским транспортом (ГПТ) в России

В России система городского пассажирского транспорта играет важную роль в повышении уровня жизни крупных городов Российской Федерации (РФ) [3]. Каждый день услугами ГПТ пользуются миллионы людей по всей России. Такой важный элемент транспортной инфраструктуры нуждается в круглосуточном строгом автоматизированном контроле в режиме реального времени, так как любое его отклонение от нормы сильно отразится на слаженном механизме жизни любого крупного города и может привести к непредвиденным последствиям.

Основными проблемами управления городским пассажирским транспортом современных российских городов являются:

- недостаточный уровень развития системы контроля и управления общественным транспортом;
- отсутствие контроля за передвижениями всех единиц городского пассажирского транспорта;

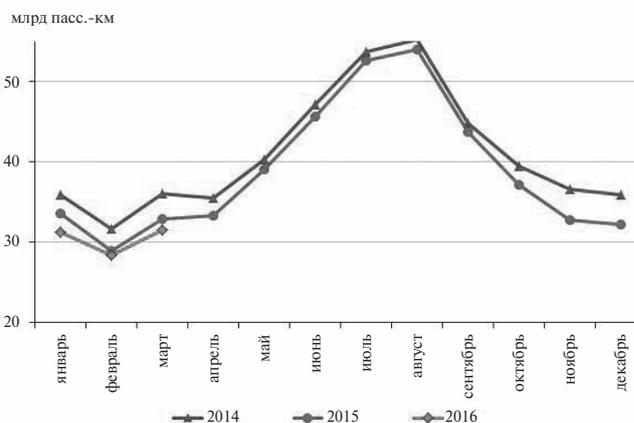


Рисунок 1. Динамика пассажирооборота транспорта общего пользования за 2014–2016 годы

Таблица 1. Перевозки пассажиров транспортом общего пользования, млн человек

	Январь–март 2015 г.	Январь–март 2016 г.	Январь–март 2016 г. в % к январю-марту 2015 г.
Транспорт отраслей Минтранса России:	4502,7	4529,6	100,6
трамвайный	362,5	348,7	96,2
троллейбусный	401,5	425,9	106,1
метрополитенный	806,3	843,8	104,7
автомобильный (автобусный)	2689,3	2672,9	99,4
внутренний водный	0,32	0,36	113,0
воздушный, из них:	16,997	16,482	97,0
внутренние перевозки	9,6	10,8	112,5
железнодорожный, из них:	225,8	221,5	98,1
пригородные (включая внутригородские) перевозки	205,2	200,5	97,7

- отсутствие оптимальной единой маршрутной сети с актуальным расписанием;
- неудовлетворительное транспортное обслуживание маломобильных групп населения;
- недостаточное обеспечение пассажиров актуальной информацией.

Перечислим основные критерии эффективности управления городским пассажирским транспортом:

- безопасность пассажиров;
- точность расписаний;
- высокая скорость передвижения в час пик;
- надежность перевозок;
- комфортность перемещения;
- критерий информационной обеспеченности.

Из вышесказанного можно сделать следующий вывод: чтобы жители чаще отдавали свое предпочтение общественному транспорту, необходимо обеспечить достаточно комфортное, надежное, безопасное и удобное его использование [4].

К примеру, по данным государственного унитарного предприятия (ГУП), «Мосгортранс» имеет в эксплуатации 800 маршрутов наземного городского пассажирского транспорта, в том числе 670 маршрутов автобуса, 84 – троллейбуса, 46 – трамвая [5]. Это огромная сеть ГПТ, которая должна управляться 24 часа в сутки 7 дней в неделю без перерыва. Для этого требуется полная автоматизация работы диспетчерской службы.

Анализ АСОИ для составления и контроля расписания движения общественного городского транспорта

Авторами статьи был проведен анализ автоматизированных инструментальных средств составле-

ния и контроля расписания движения общественного городского транспорта и изучены системы «Фара-0080», PIKAS, «PMT», «СКАТ» и «АПАС».

«Фара-0080» – автоматизированная система диспетчерского управления движением городского пассажирского транспорта (АСДУ ГПТ), разработанная «НПП КБ РЭТ», предназначена для осуществления автоматического контроля за движением транспортных средств города путем фиксации времени отметки по трем или более контрольным точкам на маршруте. Связь устройства подвижной единицы (УПЕ) с контрольным пунктом (КП) осуществляется по инфракрасному каналу (ИК), а связь КП с центральной диспетчерской службой (ЦДС) – по сотовому GSM.

Принцип действия модернизированной системы основан на автоматической передаче инфракрасного кодового сигнала (номера) от УПЕ, на антенну КП, установленную на столбе, стоящем около дороги, и последующей передачи его по каналу сотовой связи стандарта GSM/GPRS на выделенный IP-адрес сервера ЦДС и далее на компьютеры ЦДС и автопарков с целью доведения до их руководящего персонала сведений о выполнении графиков маршрутов в реальном масштабе времени [6].

Рассмотрим основные преимущества системы «Фара-0080»:

- дешевизна и надежность оборудования;
- отсутствие прямых пар проводов для связи;
- скорость и удобство связи;
- упрощенный ремонт периферийного оборудования;
- контроль движения в реальном времени по фиксированным точкам;
- возможность отслеживания текущих показаний спидометра;

- возможность бесконтактного программирования и контроля номера УПЕ малогабаритным пультом;
- встроенная автоматическая электронная защита УПЕ от перенапряжений.

PIKAS – система для автоматизированного составления оптимального расписания ГПТ, разработанная в 2012 году компанией ЗАО «МЕРАКАС». Система PIKAS предназначена для планирования работы городского пассажирского транспорта, оптимизации расписания движения различных видов наземного общественного транспорта и получения необходимой отчетности [7–8].

Рассмотрим основные преимущества системы PIKAS:

- автоматическое генерирование оптимального расписания по заданным пассажиропотокам;
- координация движения маршрутов всех видов транспорта;
- оптимизация потребности в количестве машин по заданному пассажиропотоку;
- контроль и учет движения по данным, полученным с GPS и ГЛОНАСС;
- автоматическое составление расписаний методом моделирования движения;
- снижение трудоемкости расчета расписаний;
- представление информации пассажирам о расписаниях в сети Интернет;
- экономия денежных средств перевозчиков за счет контроля движения транспортных средств (ТС);
- повышение качества сервиса обслуживания пассажиров за счет увеличения ритмичности движения транспорта, точного соблюдения расписания, а также оптимизации загрузки общественного транспорта.

Одной из особенностей этой системы является то, что для нее был разработан специальный редактор для моделирования движения, который может составлять маршруты для всех видов транспорта, а также координировать движение в любой точке страны [8–9].

«РМТ» – это программно-технологический комплекс «Автоматизированная система формирования и ведения расписаний движения маршрутизированного транспорта», разработанный в 2008 году предприятием НПП «Транснавигация». Система «РМТ» предназначена для разработки расписаний движения наземного маршрутизированного транспорта. Рассмотрим основные преимущества системы «РМТ»:

- подготовка информации для составления расписаний;

- разработка расписания в ручном и автоматическом режимах;
- управление транспортным потоком и контроль маршрута;
- составление расписаний;
- создание маршрутов по координатам;
- диспетчерский контроль;
- автоматическая синхронизация всех расписаний, благодаря интеллектуальным алгоритмам;
- повышение эффективности расчета расписаний;
- поддержка формирования и единой базы данных для расписаний и диспетчерского контроля;
- обеспечение пассажиров актуальной информацией по расписанию и движению транспорта с помощью систем оповещения через Интернет и sms-сообщений.

«СКАТ» – это программно-аппаратное решение «Система комплексной автоматизации транспорта». Данная система разработана в 2011 году компанией CSBI-Group и компанией «Бюджетные и финансовые технологии» (БФТ). Система «СКАТ» обеспечивает автоматизацию полного цикла процессов по управлению инфраструктурой общественного транспорта: планирование маршрутов, мониторинг транспортных средств, оперативное управление, анализ результатов, бюджетирование и отчетность.

Рассмотрим основные преимущества системы «СКАТ»:

- контроль и оперативное управление транспортными потоками;
- формирование маршрутной сети;
- формирование расписаний движения;
- формирование отчетности;
- расчет субсидий;
- диспетчерское регулирование;
- сбор и анализ диагностической информации о работоспособности бортового оборудования, установленного на транспортных средствах;
- предоставление населению актуальной информации о движении транспорта в виде ряда социальных сервисов (мобильные приложения, табло остановочных павильонов, интернет-портал общественного транспорта, sms-информирование и т.п.);
- повышение качества сервиса обслуживания пассажиров за счет увеличения ритмичности движения транспорта, точного соблюдения расписания, оптимизации загрузки общественного транспорта;
- возможность интеграции с системой оплаты проезда, что позволяет обрабатывать платежные транспортные транзакции в режиме реального времени, организовать зональную оплату,

принимать к оплате пластиковые карты, в том числе международные банковские.

Система «СКАТ» базируется на современных навигационно-коммуникационных технологиях и использует данные глобальной навигационной спутниковой системы «ГЛОНАСС/GPS» [9].

«АПАС» – это автоматизированная пассажирская автотранспортная система, разработанная в 2005 году при сотрудничестве НПЦ «ЭЛВИС» и ГУП «ВЕРТИКАЛЬ». Аппаратную основу АПАС (разработка НПЦ «ЭЛВИС») составляют стационарные считывающие терминалы Senesys RFID, устанавливаемые в контрольных точках маршрута, и RFID-транспондеры, которыми оснащаются транспортные средства. При прохождении контрольной точки осуществляется регистрация автобусов (дальность до 80 метров, одновременно до 10 подвижных единиц) и передача информации на диспетчерский пункт для обработки событий в базе данных. Система позволяет решить следующие задачи в работе предприятия:

- Создание интерактивного представления расписания движения транспорта для пассажиров. Вывод информации об изменениях и сдвигах в движении на специальный ресурс в сети Интернет.
- Учет кадровых изменений в составе работников.
- Создание графиков работы для водителей (кондукторов) на месяц вперед.
- Контроль выполнения расписания движения (подсистема RFID-контроля расписания движения автотранспорта).
- Считывание и внесение в БД путевых листов с использованием штрихкодирования.
- Расчет и выплата заработной платы работникам подвижного состава за любой период времени, на основе данных RFID-анализа.
- Учет подвижного парка, запчастей, агрегатов, горюче-смазочных материалов.
- Синхронизация данных с бухгалтерскими и административными пакетами программ для предприятия.

Проанализировав вышесказанное, можно сделать следующие выводы: современные программные обеспечения (ПО), предназначенные для контроля движения и моделирования расписаний городского общественного транспорта, должны отвечать таким требованиям, как:

- совместимость с последними версиями операционных систем (ОС) и драйверов;
- наличие удобного, интуитивно понятного и продуманного пользовательского интерфейса;

- наличие функции создания отчетности;
- возможность модифицирования ПО по требованию заказчика;
- безотказность при работе приложения;
- кроссплатформенность;
- защищенность кода;
- стрессоустойчивость при больших нагрузках.

Стоит отметить, что допуск ошибки при составлении расписания общественного транспорта в расчетах недопустим, так как это повлечет за собой полный перерасчет расписания. Диспетчер обязан внимательно производить расчеты, однако может сказаться человеческий фактор, вследствие чего будет допущена ошибка. Также стоит учесть, что при составлении расписания вручную диспетчер находится в постоянном напряжении, стараясь не сбиться и не допустить ошибки. Тогда как правильно настроенная система с верно указанными параметрами ошибок не допускает. Такой системный подход гарантирует правильность расчетов, но не может гарантировать того, что занесенные входные параметры были безошибочны. В данном случае ошибка происходит на этапе занесения входных параметров человеком. Однако стоит отметить, что при данном системном подходе психологическая нагрузка, которую испытывает работник-диспетчер, снимается [9].

Отметим, какие преимущества дает автоматизация диспетчерского управления городским пассажирским транспортом:

- Постоянный контроль работы транспортных средств (ТС) на линии и прозрачность работы перевозчика, выполняющего городской заказ на перевозки пассажиров.
- Повышение эффективности и оперативности работы диспетчерских служб (ДС) за счет автоматизации ручных процедур и использования современных телекоммуникационных технологий.
- Повышение точности и регулярности движения наземного пассажирского транспорта.
- Значительное расширение возможности информирования населения о фактическом прибытии транспорта с помощью информационных табло на остановках, мобильных сотовых телефонов, уличных информационных киосков, в сети Интернет.
- Повышение безопасности пассажиров и водителей ТС во время поездки.

Методика автоматизации системы диспетчерского контроля на основе экспертной системы ГПТ

Из проведенного анализа автоматизированной системы обработки информации (АСОИ) для

составления и контроля расписания движения общественного городского транспорта можно сделать вывод, что у каждого из рассмотренных ПО есть свои преимущества, но также есть и недостатки. Одним из недостатков является то, что большинство систем автоматизированы частично, то есть задача моделирования маршрутного расписания выполняется человеком. Таким образом, оптимальным решением данной проблемы является внедрение в сферу ГПТ автоматизированной системы диспетчерского контроля (АСДК) на базе экспертных систем (ЭС).

Подобная система должна состоять из двух модулей:

1. Автоматизированный диспетчер.
2. Экспертная система.

АД необходим для обработки и передачи запросов в ЭС, полученных координат по средствам GPS/ГЛОНАСС от подвижного состава.

В экспертной системе должны использоваться правила первого и второго уровней, такие как:

- день недели;
- время суток (учет наивысшей концентрации пассажиров);
- учет пробок на дорогах;
- статистика маршрута;
- вид транспорта;
- тип подвижного состава;
- количество мест;
- дальнейшие пересадки.

Стоит отметить, что для разработки подобной экспертной системы рекомендуется использовать специальный инструмент для создания моделей знаний с неограниченным количеством связей, параметров и отношений, обладающий логическим выводом, – КЭСМИ (Wi! Mi 2.1). КЭСМИ – это конструктор экспертных систем миварный [10–12]. Этот инструмент позволяет обрабатывать более 5000000 правил в секунду с минимальными аппаратными требованиями [11–14], что является важным критерием для создания АСДК на базе экспертной системы. Так как экспертной системе АСДК необходимо обрабатывать огромное количество правил в реальном времени.

Правила первого уровня после предварительных рекомендаций формируют правила второго уровня, на основе которых применяется решение, поступающее в автоматический диспетчер, который обрабатывает поступившее решение, и если требуется, то перестраивает путь и перепланирует расписание, применяя алгоритмы теории расписаний, конкретного маршрута в реальном времени

(расписание выводится на табло в пункте высадки и посадки пассажиров). После обработки данные отправляются обратно на подвижной состав, где водитель должен следовать указаниям, которые поступают на экран навигационной системы, установленной в кабине.

На рис. 2 представлена схема базы данных (БД) автоматического диспетчера. Эта инфологическая схема БД выполнена с помощью CASE-средства автоматизированного построения и проектирования баз данных ERwin. Данная схема была нормализована по алгоритму построения «хорошей» [15] схемы БД, следовательно, все запросы будут выполняться корректно.

Следующие таблицы являются базовыми:

1. «Тип транспорта» содержит типы ГПТ (автобус, троллейбус, трамвай).
2. «Депо» содержит все депо ГПТ, их адреса и основную информацию.
3. «Водители (машинисты)» содержит данные всех водителей и машинистов.
4. «Маршруты» содержит все номера маршрутов.
5. «Остановки» содержит все возможные остановки ГПТ.

Таблица «Парк ГПТ» содержит все марки и модели имеющихся транспортных средств (ТС) ГПТ и их описание, таблица «Выход на маршрут» содержит информацию, по какому маршруту водитель (машинист) выходил в определенный день, а также время выезда из депо и возвращение в депо. Таблица «Следование по маршруту» содержит в себе данные по прибытию на остановку и отправлению с остановки ТС ГПТ. Таблица «График следования маршрута» содержит расчетное время прибытия и убытия маршрута на остановке, а также допустимую задержку.

Статистику маршрута можно собирать автоматически, выполняя запросы к таблицам «Выход на маршрут» и «Фактический график следования по маршруту». Основная статистика, которая будет интересна для оптимизации маршрутов, – это статистика по времени на остановках. В таблице «Фактический график следования по маршруту» будет содержаться фактическое время для каждого маршрута (фактическое время прибытия и убытия с остановки для каждого номера маршрута).

Совершая запрос к таблице «Фактический график следования по маршруту», получим время прибытия транспорта на остановку и убытия с нее. Если время прибытия и убытия сильно отличается от времени в определенный день недели для соответствующего маршрута и не попадает в пределы допустимой задержки из таблицы «График следования по маршруту», то следует проводить анализ

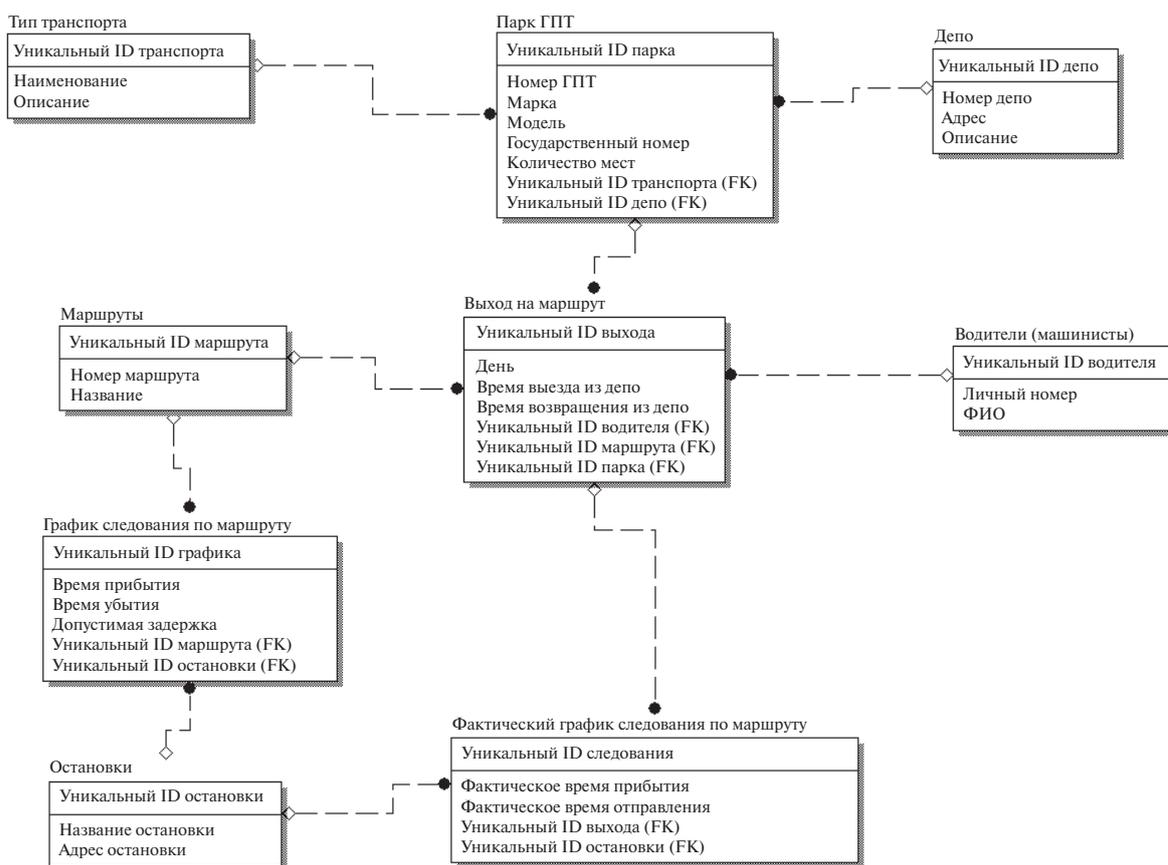


Рисунок 2. Инфологическая схема автоматизированного диспетчера

дорожной обстановки в эти дни и, возможно, менять данные времени в этой таблице.

Также можно осуществлять запросы по задержкам для каждого водителя (машиниста). Так как ГПТ управляется людьми, то человеческий фактор является очень существенным, в связи с чем при анализе статистических данных этот фактор должен быть в приоритете. Полученные данные помогут выявлять водителей (машинистов), которых следует поощрять за качественно выполненную работу, и водителей (машинистов), которым следует делать выговор.

Также стоит учесть, что при внедрении подобной системы в реальную среду необходимо провести ее имитационное моделирование [16–20]. Одно из преимуществ имитационного моделирования – это «наглядность». При помощи инструментов имитационного моделирования можно визуализировать процессы работы системы, а также схематично изобразить ее структуру и преподнести в графическом виде результаты. Стоит отметить, что имитационное моделирование позволяет спрогнозировать всевозможные ситуации при проведении различных экспериментов с моделью. Поэтому создание имитационной модели АСДК транспортных потоков необходимо для анализа информации и прогнозирования ситуаций на маршрутах ГПТ.

В качестве эксперимента была разработана имитационная модель АСДК движения ГПТ в программной среде AnyLogic.

Разработка имитационной модели маршрутной сети города включает в себя три основных этапа:

1. Разработка имитационной модели маршрутной сети города.
2. Имитационный эксперимент с моделью – выделение наиболее перегруженных участков, корректировка ошибок.
3. Создание свода рекомендаций по перераспределению маршрутов ГПТ на основе глубокого анализа имитационной модели.

На рис. 3 представлена модель АСДК транспортных потоков для анализа информации и прогнозирования ситуаций на маршрутах ГПТ в действии. Стоит отметить, что данная симуляция является экспериментальной.

Построенная модель маршрута для городского пассажирского транспорта позволяет проводить эксперименты с целью оптимизации и анализа работы маршрутов: редактирование расписания транспорта, выбор типа (критерий вместимости) и количества (критерий загруженности дорог) подвижного состава на маршруте. Стоит отметить, что

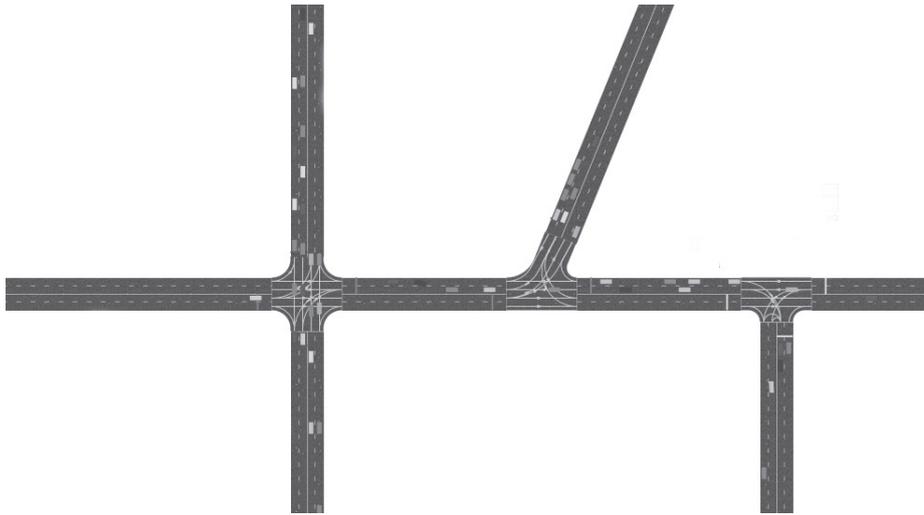


Рисунок 3. Экспериментальная модель АСДК транспортных потоков для анализа информации и прогнозирования ситуаций на маршрутах ГПТ в действии

для целостного анализа работы маршрутов необходимо создать модель сети всего города.

Принцип работы данной имитационной модели заключается в следующем: подвижные составы разных типов, с разными параметрами скорости движения и разным количеством посадочных мест движутся с заданным интервалом, перемещаются по маршрутам от одного остановочного пункта

до другого, совершают остановки для высадки и посадки пассажиров. Количество и частота появления людей на остановочных пунктах также задаются по определенным критериям, а именно: месяц, день недели, время суток, статистика маршрута. На рис. 4 представлена структура модели АСДК транспортных потоков для анализа информации и прогнозирования ситуаций на маршрутах ГПТ.

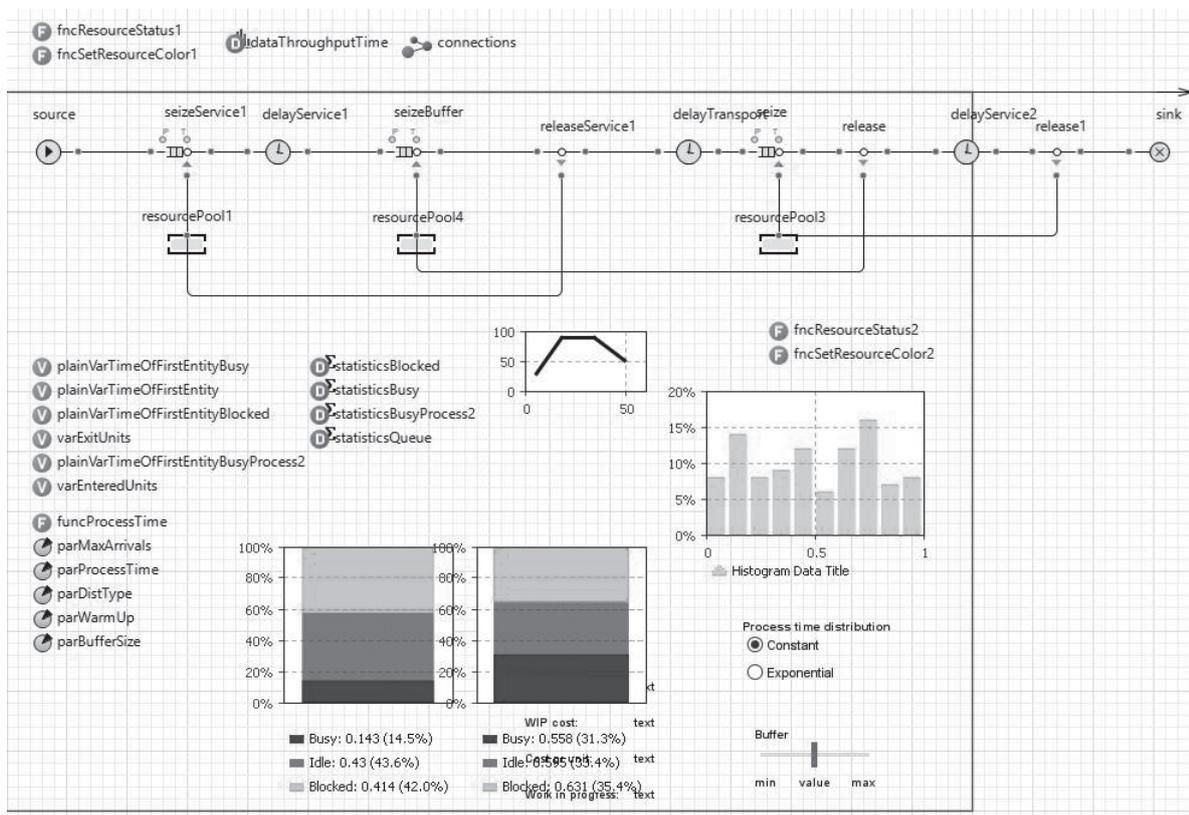


Рисунок 4. Структура имитационной модели АСДК транспортных потоков для анализа информации и прогнозирования ситуаций на маршрутах ГПТ

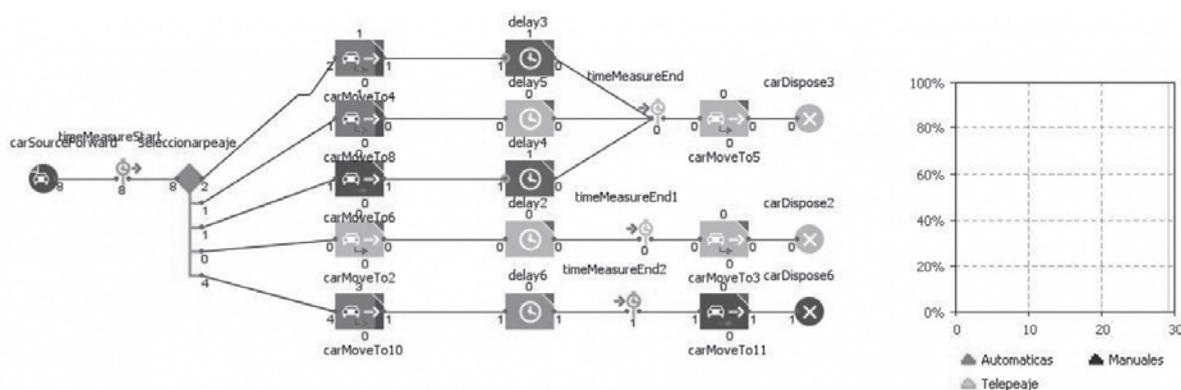


Рисунок 5. Исполнительный блок имитационной модели АСДК транспортных потоков для анализа информации и прогнозирования ситуаций на маршрутах ГПТ

При проведении имитации эксперимента на модели можно определить наиболее загруженные участки на дорогах города. Также эта модель дает возможность корректировать исходные параметры: пути маршрутов, расписание, тип и количество подвижных составов на конкретном маршруте, увеличение и уменьшение скорости движения, в т.ч. в реальном времени, помогает проводить анализ изменения ситуации транспортных потоков. На рис. 5 представлен исполнительный блок имитационной модели.

Использование разработанной имитационной модели и анализ эксперимента дает возможность повысить эффективность общественного транспорта, что, в свою очередь, будет способствовать снижению загруженности трафика на дорогах города.

Заключение

В статье рассматривается структура ГПТ, а также существующие на данный момент проблемы управления ГПТ в России. Здесь приведены актуальные данные, подготовленные Министерством транспорта Российской Федерации для информационно-статического бюллетеня «Транспорт России» за январь–март 2016 года, которые показывают,

что городская система транспорта играет важную роль в общей системе жизнеобеспечения города и имеет градоформирующее значение.

Из проведенного анализа АСОИ для составления и контроля расписания движения общественного ГПТ делается вывод о необходимости внедрения в сферу ГПТ АСДК на базе экспертной системы. В рамках данной работы также была разработана инфологическая схема БД автоматизированного диспетчера, выполненная с помощью CASE-средства автоматизированного построения и проектирования баз данных ERwin. В качестве эксперимента была разработана имитационная модель данной системы в программной среде AnyLogic. Имитационная модель позволяет экспериментировать с трафиком, анализировать полученную информацию и прогнозировать ситуации на маршрутах. Таким образом, внедрение полноценной АСДК на предприятиях по перевозке пассажиров позволит не только автоматизировать систему управления и контроля, но и повысить скорость и эффективность наземного транспорта, а также своевременно информировать пассажиров об изменениях в расписании, оптимизировать срок службы подвижного состава и безотказно планировать график движения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Официальный интернет-ресурс Министерства транспорта Российской Федерации [Электронный ресурс]. Адрес доступа: http://www.mintrans.ru/activity/detail.php?SECTION_ID=701#
2. Студопедия [Электронный ресурс]. Адрес доступа: <http://studopedia.ru/>
3. Груничев А. Г. Транспортные проблемы современного города (на примере Нижнего Новгорода) // Современные наукоемкие технологии. 2013. № 8–2. С. 281–283.
4. Зырянов В. В. Проблемы и некоторые результаты создания устойчивой городской транспортной инфраструктуры на примере Ростова-на-Дону // Устойчивое развитие городского транспорта: вызовы и возможности: сб. материалов Международного семинара. М.: НТБ «Энергия», 2013. С. 64–71.
5. ГУП «Мосгортранс» [Электронный ресурс]. Адрес доступа: <http://www.mosgortrans.ru/>
6. КБ РЭТ [Электронный ресурс]. Адрес доступа: <http://www.kbret.ru/>
7. Zyryanov V., Sanamov R. Improving Urban Public Transport Operation: Experience of Rostov-on-Don (Russia). International Journal of Transport Economics, 2009, Vol. XXXVI, no. 1, February, pp. 83–95.
8. Система PIKAS [Электронный ресурс]. Адрес доступа: <http://www.merakas.lt/27ru/33ru/>

9. Белгорова А. А., Давлеткиреева Л. З. Анализ автоматизированных инструментальных средств составления и контроля расписания движения общественного городского транспорта // *Современные научные исследования и инновации*. 2012. № 12 (20).
10. Варламов О. О., Санду Р. А., Владимиров А. Н., Носов А. В., Оверчук М. Л. Миварный подход к созданию мультипредметных активных экспертных систем в целях обучения информационной безопасности и управления инновационными ресурсами в образовании // *Известия Южного федерального университета. Технические науки*. 2010. № 11 (112). С. 226–232.
11. Варламов О. О. Обзор двадцати пяти лет развития миварного подхода к разработке интеллектуальных систем и создания искусственного интеллекта // *Труды НИИР*. 2011. № 1. С. 34–44.
12. Варламов О. О. Логический искусственный интеллект создан на основе миварного подхода! МИВАР: активные БД с линейным логическим выводом > 3 млн правил => понимание смысла + сингулярность в виртуальной реальности. Саарбрюкен, Германия: LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co. KG, 2012. 700 с.
13. Чувилов Д. А. Разработка электронного образовательного ресурса (ЭОР) «МИВАР». «МИВАР» – логический искусственный интеллект. Саарбрюкен, Германия: LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co. KG, 2015. 65 с.
14. Варламов О. О., Чибирова М. О., Хадиев А. М., Антонов П. Д., Сергушин Г. С., Протопопова Д. А., Жданович Е. А., Збавитель П. Ю., Сараев Д. В., Шошев И. А., Петерсон А. О. Практикум по миварному моделированию и созданию экспертных систем. На примере программного комплекса «Конструктор экспертных систем МИВАР 1.1» (КЭСМИ 1.1). М.: НИИ «МИВАР», 2015. 246 с.
15. Григорьев Ю. А. Алгоритм синтеза частично оптимальной схемы реляционной базы данных // *Наука и образование*. 2012. № 1. [Электронный ресурс]. Адрес доступа: technomag.neicon.ru/doc/294486.htm
16. Чувилов Д. А. Применение графического движка в решении интеллектуальных задач, связанных с ситуационным трехмерным моделированием // *Радиопромышленность*. 2015. № 3. С. 200–209.
17. Варламов О. О., Чувилов Д. А. Использование миварного подхода в решении задач, связанных с имитационным моделированием // *Имитационное моделирование. Теория и практика: труды конференции*. 2015. С. 280–284.
18. Чувилов Д. А., Петерсон А. О. Применение миварных технологий в интеллектуальном имитационном моделировании // *Автоматизация и управление в технических системах*. 2015. № 4.1.
19. Чувилов Д. А. Применение миварного логического ядра в решении задач, связанных с имитационным моделированием // *Автоматизация и управление в технических системах*. 2016. № 1.
20. Чувилов Д. А., Варламов О. О. Миварные технологии как средство создания систем автоматизации разумной деятельности человека // *Автоматизация и управление в технических системах*. 2016. № 1.

REFERENCES

1. Ofitsial'nyy Internet-resurs Ministerstva transporta Rossiyskoy Federatsii. Available at: http://www.mintrans.ru/activity/detail.php?SECTION_ID=701#
2. Studopediya. Available at: <http://studopedia.ru/>
3. Grunichev A. G. Transport problems of modern cities (Nizhny Novgorod case study). *Sovremennye naukoemkie tekhnologii*, 2013, no. 8–2, pp. 281–283. (In Russian).
4. Zyryanov V. V. Problems and some results from creation of a sustainable urban transport infrastructure in Rostov-on-Don shown as a case study. *Ustoychivoe razvitiye gorodskogo transporta: vyzovy i vozmozhnosti: sbornik materialov Mezhdunarodnogo seminara*, 2013. pp. 64–71. (In Russian).
5. GUP «Mosgortrans». Available at: <http://www.mosgortrans.ru/>
6. KB RET. Available at: <http://www.kbret.ru/>
7. Zyryanov V., Sanamov R. Improving Urban Public Transport Operation: Experience of Rostov-on-Don (Russia). *International Journal of Transport Economics*, 2009, Vol. XXXVI, no. 1, February, pp. 83–95.
8. Sistema PIKAS. Available at: <http://www.merakas.lt/27ru/33ru/>
9. Belgolova A. A., Davletkireeva L. Z. Analysis of automated tools for preparation and monitoring of schedules for public urban transport. *Sovremennye nauchnye issledovaniya i innovatsii*, 2012, no. 12 (20). (In Russian).
10. Varlamov O. O., Sandu R. A., Vladimirov A. N., Nosov A. V., Overchuk M. L. MIVAR-based (Multi-functional information varying adaptive reality) approach to the creation of the active multi-subject active expertise systems for training on information security and management of innovative resources in education. *Izvestiya Yuzhnogo federal'nogo universiteta. Tekhnicheskie nauki*, 2010, no. 11 (112), pp. 226–232. (In Russian).
11. Varlamov O. O. Overview of the twenty-five years period of development of MIVAR-based approach to the development of intelligent systems and creation of artificial intelligence. *Trudy NIIR*, 2011, no. 1, pp. 3444. (In Russian).
12. Varlamov O. O. Logicheskiy iskusstvennyy intellekt sozdan na osnove mivarnogo podkhoda! MIVAR: aktivnye BD s lineynym logicheskim vyvodom > 3 mln pravil => ponimanie smysla + singulyarnost' v virtual'noy real'nosti [Logical artificial intelligence was designed under MIVAR based approach: MIVAR: active databases with a linear inference machinery > 3 million rules => understanding of the meaning + singularity in virtual reality]. Saarbryuken, Germaniya: LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co. KG, 2012. 700 p.
13. Chuvirov D. A. Razrabotka elektronnoy obrazovatel'nogo resursa (EOR) «MIVAR». «MIVAR» – logicheskiy iskusstvennyy intellekt [Development of electronic educational resource (ESM) MIVAR. MIVAR – logic artificial intelligence]. Saarbryuken, Germaniya: LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co. KG, 2015. 65 p.
14. Varlamov O. O., Chibirova M. O., Khadiev A. M., Antonov P. D., Sergushin G. S., Protopopova D. A., Zhdanovich E. A., Zbavitel P. Yu., Saraev D. V., Shoshev I. A., Peterson A. O. Praktikum po mivarnomu modelirovaniyu i sozdaniyu ekspertnykh sistem. Na primere programmnoy kompleksa «Konstruktor ekspertnykh sistem MIVAR1.1» (KESMI 1.1) [Workshop on

- MIVAR-based modeling and design of expertise systems. Illustrated by the case study of MIVAR1.1 Designer of expertise systems (KESMI 1.1) software suit]. Moscow, NII «MIVAR», 2015, 246 p. (In Russian).
15. Grigorev Yu. A. Algoritm sinteza chastichno optimal'noy skhemy relyatsionnoy bazy dannykh [The algorithm synthesis of partially optimal scheme of a relational database]. *Nauka i obrazovanie*, 2012, № 1. Available at: technomagneicon.ru/doc/294486.htm
 16. Chuvikov D. A. Application of the graphics engine in solving intellectual tasks associated with 3D-simulation modeling. *Radiopromyshlennost*, 2015, no. 3, pp. 200–209. (In Russian).
 17. Varlamov O. O., Chuvikov D. A. Use of MIVAR-based approach in solving tasks associated with the simulation modeling. *Imitatsionnoe modelirovanie. Teoriya i praktika: trudy konferentsii*, 2015, pp. 280–284. (In Russian).
 18. Chuvikov D. A., Peterson A. O. Application of MIVAR-based technologies in intellectual simulation modeling. *Avtomatizatsiya i upravlenie v tekhnicheskikh sistemakh*, 2015, no. 4.1. (In Russian).
 19. Chuvikov D. A. Application of MIVAR core logic in solving tasks associated with simulation modeling. *Avtomatizatsiya i upravlenie v tekhnicheskikh sistemakh*, 2016, no. 1. (In Russian).
 20. Chuvikov D. A., Varlamov O. O. MIVAR technologies as a tool for design of automation systems of intelligent human activity. *Avtomatizatsiya i upravlenie v tekhnicheskikh sistemakh*, 2016, no. 1. (In Russian).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Чувиков Дмитрий Алексеевич, аспирант, Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ), 125319, Москва, Ленинградский пр-т, д. 64, e-mail: d.chuvikov@mivar.ru.

Теплов Евгений Владиславович, аспирант, Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ), 125319, Москва, Ленинградский пр-т, д. 64, e-mail: eteplov@hotmail.com.

Сараев Дмитрий Владимирович, Научно-исследовательский институт «МИВАР» 127521, Москва, ул. Октябрьская, д. 72, e-mail: d.saraev@mivar.ru.

Варламов Олег Олегович, д.т.н., профессор, МГТУ имени Н. Э. Баумана, директор, научно-исследовательский институт «МИВАР», 127521, Москва, ул. Октябрьская, д. 72, e-mail: ovar@mivar.ru.

Джха Пунам, аспирант, Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ), 125319, Москва, Ленинградский пр-т, д. 64, e-mail: punamelina@hotmail.com.

AUTHORS

Chuvikov Dmitriy, postgraduate student, Department of «Automated Control Systems» Moscow automobile and road construction state technical university (MADI), 64, Leningradskiy av., Moscow, 125319, e-mail: d.chuvikov@mivar.ru.

Teplov Evgeniy, postgraduate student, Department of «Automated Control Systems» Moscow automobile and road construction state technical university (MADI), 64, Leningradskiy av., Moscow, 125319, e-mail: eteplov@hotmail.com.

Saraev Dmitriy, Scientific-Research Institute «MIVAR», 72, Oktyabrskaya st., Moscow, 127521, e-mail: d.saraev@mivar.ru.

Varlamov Oleg, Doctor of Technical Sciences, Professor, Bauman Moscow State Technical University, director, Scientific-Research Institute «MIVAR», 72, Oktyabrskaya st., Moscow, 127521, e-mail: ovar@mivar.ru.

Jha Punam, postgraduate student, Department of «Automated Control Systems» Moscow automobile and road construction state technical university (MADI), 64, Leningradskiy av., Moscow, 125319, e-mail: punamelina@hotmail.com.

О.О. Варламов¹, В.М. Лазарев², Д.А. Чувииков³, Джха Пунам³

¹ Научно-исследовательский институт «МИВАР», Москва, Россия, ² Акционерное общество «Системы управления», Москва, Россия, ³ Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет, Москва, Россия

О ПЕРСПЕКТИВАХ СОЗДАНИЯ АВТОНОМНЫХ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ РОБОТОВ НА ОСНОВЕ МИВАРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Статья посвящена перспективам создания автономных интеллектуальных роботов на основе миварных технологий накопления и логической обработки информации. Предложено использовать миварные технологии в целях разработки автономных интеллектуальных роботов нового поколения по таким направлениям, как понимание текстов и естественного языка, распознавание образов, создание экспертных систем и планирование поведения. В статье также рассматривается роль искусственного интеллекта и интеллектуальных технологий в робототехнике. Рассмотрены основные подходы к созданию искусственного интеллекта (ИИ). Важно подчеркнуть, что миварные технологии использованы в робототехнике и применены в проекте «УНИКУМ» и проекте «Муром-ИСП». В том числе в статье уделяется внимание программному продукту КЭСМИ (Wi! Mi) «Разуматор», который тоже основан на концепциях миварных технологий и позволяет за сотые доли секунды обрабатывать более 5 миллионов производственных правил, что соответствует требованиям реального времени для систем управления автономных интеллектуальных роботов.

Ключевые слова: мивар, миварные сети, робот, интеллектуальные системы, искусственный интеллект, экспертные системы, понимание смысла, распознавание образов, автономные интеллектуальные роботы, КЭСМИ (Wi! Mi).

Для цитирования: О перспективах создания автономных интеллектуальных роботов на основе миварных технологий / Варламов О.О., Лазарев В.М., Чувииков Д.А., Джха Пунам // Радиопромышленность. – 2016. – № 4. – С. 96–105.

O.O. Varlamov¹, V.M. Lazarev², D.A. Chuvikov³, Jha Punam³

¹ Scientific-Research Institute «MIVAR», Moscow, Russia, ² Joint-stock company «Control systems», Moscow, Russia, ³ Moscow automobile and road construction state technical university (MADI), Moscow, Russia

ON PROSPECTS FOR DESIGN OF STANDALONE SMART ROBOTS BASED ON MIVAR TECHNOLOGIES

The article is dedicated to the prospects for design of standalone smart robots based on MIVAR accumulation and logical data processing technologies. It is proposed to use MIVAR technologies for development of new generation standalone robots in such areas as text comprehension and natural language understanding, image recognition, expertise systems and behavior planning. The article also deals with the role of artificial intelligence and intelligent technologies in robotics. The key approaches to design of artificial intelligence (AI) have been reviewed. It is important to emphasize that MIVAR-based technologies are used in robotics and have been implemented in UNIKUM project and in Murom-ISP project. The article also reviews Razumator KESMI software product (Wi! Mi), which is as well based on MIVAR technologies and makes it possible to process more than 5 million of production rules per centisecond, which satisfies the real-time requirements for control systems of standalone smart robots.

Keywords: MIVAR, MIVAR networks, robot, intelligence systems, artificial intelligence, expertise systems, understanding of meaning, image recognition, standalone smart robots, KESMI (Wi! Mi).

For citation: Varlamov O.O., Lazarev V.M., Chuvikov D.A., Punam Jha. On prospects for design of standalone smart robots based on mivar technologies. Radiopromyshlennost, 2016, no. 4, pp. 96–105. (In Russian).

Введение

В настоящее время робототехника является одним из самых перспективных направлений научных исследований, которое объединяет достижения в разных областях искусственного интеллекта. Достигнуты определенные успехи, которые рекламируются и демонстрируются достаточно широко, включая даже роботов военного назначения. В монографии [1] рассматриваются современные методы интеллектуального планирования траекторий подвижных объектов на плоских средах со стационарными препятствиями, приведен обзор методов планирования траекторий, включающий графоаналитические, нейросетевые, нечеткие и бионические методы, а также генетические процедуры поиска.

Авторами отмечено, что «...при автономном функционировании требуется разработка систем управления подвижными объектами (ПО) современными методами, обеспечивающими не только управление исполнительными механизмами и движением, но и автономное принятие решений, а также планирование действий. Таким образом, базовой проблемой становится повышение автономности ПО, которая, очевидно, решается с использованием интеллектуальных технологий» [1, с. 6].

Следовательно, проблема создания систем управления и обработки информации для автономных интеллектуальных роботов (робототехнических комплексов нового поколения) является актуальной.

Роль искусственного интеллекта и интеллектуальных технологий в робототехнике

Специалисты по системам управления роботов пишут, что «под интеллектуальными технологиями понимаются технологии, позволяющие реализовать такие присущие человеческому поведению функции, как адаптация к неопределенной среде, возможность оценивать и моделировать текущее состояние, выполнять функции целеполагания и планирования действий» [1, с. 6]. Однако там же указано: «проектирование всех уровней управления в едином интеллектуальном базисе будут рассмотрены в последующих работах. В данной монографии рассматривается уровень планирования, формирующий траектории движения ПО на плоскости при наличии стационарных препятствий» [1, с. 7]. Таким образом, в настоящее время основные работы проводятся только на рефлексном уровне и для дистанционно управляемых роботов. Например, про беспилотные летательные аппараты (БПЛА) указывается следующее: «...на сегодняшний день БПЛА создаются в классе дистанционно управляемых, а создание автономных БПЛА остается актуальной задачей» [1, с. 10].

Для завершения анализа современного состояния приведем важную цитату: «...следует учесть,

что различные поведенческие акты реализуются не столько на сознательном уровне, сколько на подсознательном и свойственны не только мозгу человека, но и мозгу более простых организмов, например, млекопитающих и даже насекомых. Отсюда следует, что создание интеллектуальных систем планирования перемещений можно начать с синтеза устройств, моделирующих не все функции естественного высокоразвитого интеллекта, а только те из них, которые связаны с выполнением целенаправленных действий и с обеспечением интеллектуального поведения в естественной среде. Иными словами, целесообразно начать с моделирования рефлексного поведения не на сложном психологическом уровне, а на более простом нейрофизиологическом уровне» [1, с. 31–32]. Следовательно, сегодня в области создания систем управления роботами исследования выполняются на рефлексном уровне, присущем даже насекомым. Все остальные уровни только планируется исследовать в последующих работах, поэтому сейчас результаты отсутствуют.

Приходим к важному выводу, что главным ограничением для систем управления в робототехнике является создание искусственного интеллекта (ИИ), который и будет являться «мозгом» для роботов. Многие серьезные ученые до сих пор убеждены, что в ближайшие 20–40 лет создать искусственный интеллект не получится. Другие убеждены, что ИИ создан. Отметим, что изначально под понятием «искусственный интеллект» в англоязычной трактовке понимали достаточно узкую задачу: компьютер должен был выполнять логические рассуждения на основе причинно-следственных зависимостей. Именно такое свойство отличает людей от животных и создает основу человеческого мышления.

Проанализируем причины сложностей создания ИИ. Для этого необходимо обратиться к изданиям по дискретной математике и анализу алгоритмов: «...анализ алгоритмов – одна из важнейших задач дискретной математики. С анализом алгоритма связано время работы алгоритма. Оно также связано с ограничениями на характеристики работы ЭВМ и со сложностью решаемой задачи» [2, с. 207]. Для дальнейших рассуждений необходимо привести подробную цитату, так как для области ИИ важным является «...разделение всех задач на два типа (класса):

1-й класс. Задачи, для которых алгоритмы никогда не могут быть написаны, т.е. задачи в принципе не решаемые. Например, задача о квадратуре круга или построение универсального решателя (алгоритма) для решения всех задач.

2-й класс. Это «класс решаемых задач <...> [2, с. 209–210]. К ним относятся задачи, решаемые

на основе: полиномиальных алгоритмов; экспоненциальных алгоритмов...

Экспоненциальными алгоритмами называют алгоритмы, у которых время решения экспоненциально растет по мере увеличения размера входных данных. К ним относятся алгоритмы типа $2n$, $n!$ и т.п. Здесь n – количество входов алгоритма. К экспоненциальным алгоритмам принадлежат алгоритмы полного перебора при нахождении оптимального решения.

Линейный алгоритм – это алгоритм, у которого зависимость времени решения от числа входных данных носит линейный характер» [2, с. 209–210].

Существует очень важное дополнение к предложенной классификации: «Отдельный класс составляют задачи, называемые «NP-полными». Для них не найдены полиномиальные алгоритмы, однако и не доказано, что таких алгоритмов не существует. Изучение NP-полных задач связано с нерешенной проблемой $P = NP$... На практике считается, что если для некоторой задачи удастся доказать ее NP-полноту, то она является практически неразрешимой. Большинство специалистов полагает, что NP-полные задачи нельзя решить за полиномиальное время» [2, с. 213].

Общеизвестным фактом является то, что логический вывод до 2002 года считался как раз NP-полной задачей, т.е. задачей «практически неразрешимой» [3–17]. Даже суперкомпьютеры были не способны выполнять логический вывод полным перебором более 20 правил. Кроме того, логический вывод относится к классу последовательных задач, для которых применение многопроцессорных систем бесполезно, т.к. невозможно выполнять никакие операции параллельно.

Подчеркнем, что в прошлом веке существовал научный подход, называемый «интеллектуальные пакеты прикладных программ» (ИППП), суть которого описывалась так: есть некоторая хорошо описанная предметная область, заданная набором модулей описания элементарных зависимостей, фактически образующих правила в формате «если – то». Необходимо в зависимости от набора входных данных («ДАНО») и требуемых данных («НАЙТИ») построить алгоритм решения задачи. Наиболее наглядным примером является школьная область «Геометрия. Треугольники» с подробным описанием всех зависимостей в виде формул. Задачи представляют собой следующий вид: «по двум сторонам и углу между ними найти периметр треугольника» или «найти площадь треугольника» и т.д. [3].

Отметим, что по существу проблема ИППП и решение задачи «автоматического построения алгоритма» была эквивалентна логическому выводу на продукциях «если – то».

Невзирая на кажущуюся простоту, подчеркнем, что данная область является «Модельной областью» для решения многих сверхважных специальных задач. Отметим, что такие задачи на рефлекторном уровне не решить. Значит, такие задачи кардинально более сложные, чем поиск траектории и т.п. До 2002 года такие задачи на компьютерах решить было невозможно, т.к. даже в простейшем случае «Треугольники» описывались 237 правилами (при 72 объектах), т.е. ни один суперкомпьютер подобные задачи со сложностью логического вывода $237!$ (факториал) решить был не в состоянии. Кроме логического вывода ученые предлагали заранее просчитать для ИППП все варианты наборов входных и выходных данных («ДАНО» + «НАЙТИ») и составить для них алгоритмы в одной базе данных. Это тоже NP-полная задача, но зависит она уже не от количества правил, а от количества объектов. В случае с «треугольниками» это 72 объекта и сложность порядка $70!$ (факториал). Понятно, что даже для такого простого дела невозможно заранее создать все $70!$ алгоритмов и занести их в базу данных. Недавно нашли некий компромисс: находили до пяти тысяч наиболее часто встречающихся комбинаций «ДАНО» + «НАЙТИ» и составляли эти 5000 алгоритмов. Для создания полноценного искусственного интеллекта на логическом уровне такой подход явно не подходит.

Итак, приходим к выводу, что современные роботы пока достигли уровня развития животных и им очень далеко до разумного человека, т.е. таким роботам не хватает «мозгов». Под «мозгами» принято понимать логические рассуждения на основе причинно-следственных зависимостей. Считается, что именно способность к выявлению сложных причинно-следственных зависимостей и логические рассуждения отличают людей от животных. Конечно, в робототехнике уже многое сделано, но все же пока реализованы функции, которые могут выполнять животные: обход препятствий, распознавание образов, движение по траектории и т.п.

С учетом создавшейся ситуации возникает необходимость провести исследование и показать, что все необходимые условия для создания автономного интеллектуального робота с «мозгами» в настоящее время в России существуют. Сразу отметим, что именно миварные технологии, разрабатываемые в России с 1985 года, уже позволили создать логический искусственный интеллект («мозги») [3].

Миварные технологии для систем управления роботами

Миварный подход предлагали использовать для робототехники еще в 2011 году [10]. Особый интерес для систем управления роботами представляет серверный вариант миварного универсального

решателя задач [11], который позволяет применять технологии виртуальной реальности для дистанционного обучения [12] различным предметам, включая управление инновационными ресурсами [13]. Для решения проблем взаимодействия роботов с людьми много возможностей предоставляют технологии виртуальной реальности для трехмерной визуализации результатов моделирования [8, 9, 14] в миварном пространстве, которое позволяет обобщить человеческие знания в форме активной интернет-энциклопедии [15].

Кроме того, приведем в пример близкую к робототехнике научную область автоматизированного управления технологическими процессами (АСУ ТП), где уже показаны практические возможности создания миварных АСУ ТП для нефтяной промышленности России [16] с возможностью параллельной обработки потоков информации на основе виртуальных потоковых баз данных.

С 2012 года миварные технологии применяются для решения задачи понимания смысла текстов (на русском языке) [4–7], что также является важной задачей в робототехнике. Естественный язык рассматривается не только как средство коммуникации, но и как средство мышления, при котором языковые конструкции опираются на создание знаковых моделей. В процессе научных исследований выяснилось, что для моделирования «смысла текстов» адекватным является формализм «миварное информационное пространство», который базируется на гносеологической модели «Вещь, Свойство, Отношение» (VSO, или BCO) [3].

Миварный подход базируется на трех основных технологиях [3]:

1. Многомерные эволюционные миварные базы данных и правил.
2. Двудольные миварные сети с линейной сложностью логического вывода.
3. Глобальные информационные модели для многомерной обработки контекстов (системный анализ).

Например, для решения задач понимания естественного языка мивары позволили менее чем за месяц создать миварную модель VSO (Вещь–Свойство–Отношение (BCO)) по толковому словарю Ожегова и накопленным обучающим текстам с размерностью миварной сети (двудольного графа) 160 000 вершин (вещей) на 600 000 ребер (отношений) в 17-мерном пространстве [7].

Отметим, что основное время было затрачено на анализ и предварительную обработку специфического оформления Толкового словаря. Автоматическая обработка самого текста, содержащего порядка ста тысяч словарных статей (с учетом разных

значений у одного слова), заняла менее двух часов. Миварный подход позволяет обрабатывать тексты на таких сверхбольших объемах двудольных графов в реальном масштабе времени на обычных компьютерах.

Стоит отметить, что в настоящее время ведется успешная реализация и обучение миварных систем логического искусственного интеллекта в следующих важных для робототехники областях: понимание текстов на естественном русском языке, понимание (распознавание) изображений, создание мультипредметных экспертных систем (Активная открытая миварная энциклопедия), СППР и АСУ ТП нового поколения [3–21].

Следующими разрабатываемыми областями применения миваров являются: распознавание речи, перевод текстов, понимание видео, создание автономных интеллектуальных мультиагентных робототехнических систем и др.

Создание роботов требует решения большого числа проблем, которые целесообразно разделить по уровням:

- Рефлексный уровень («рефлекторный» по книге [1]) – способность робота выполнять основные функции, аналогичные функциям животных (стоять, бежать (перемещаться), видеть препятствия и т.п.).
- Логический уровень («уровень Я») – способность робота на логическом уровне понимать причинно-следственные связи (если – то) и решать интеллектуальные задачи, аналогично функциям одиночного человека (важно подчеркнуть, что животным это уже недоступно).
- Социальный уровень («уровень Мы») – способность робота взаимодействовать с группой других роботов и принимать совместные решения с учетом воздействий окружающей среды и других, возможно, враждебных групп роботов, механизмов и людей.

Отметим, что указанные уровни в некотором смысле соответствуют уровням исследований в области искусственного интеллекта [3]. Будем считать, что создание интеллектуального автономного робота является обобщающей работой всех четырех основных направлений области искусственного интеллекта [3], таких как:

- понимание текстов и естественного языка;
- распознавание образов;
- экспертные системы;
- планирование поведения.

При этом для роботов, помимо указанных проблем, необходимо решить и множество других

проблем. Но с точки зрения систем управления роботами указанные проблемы ИИ являются основными.

На рефлексном уровне проводится огромное количество исследований и достигнуты очень хорошие результаты: антропоморфные роботы уверенно стоят на ногах, перемещаются и т.д. Однако для достижения поставленной цели создания автономного интеллектуального робота необходимо переходить на следующие уровни: логический и социальный.

На логическом уровне достижений гораздо меньше, что обусловлено принципиальными сложностями в области искусственного интеллекта. Основным ограничением при традиционных «академических» подходах является высокая вычислительная сложность решения логических и логикоподобных задач.

В большинстве случаев эта сложность становится факториальной, и задачи относят к классу NP-полных задач, решить которые не представляется возможным. Классическим примером является задача логического вывода или задача автоматического построения алгоритма решения из различных модулей-сервисов.

Основные подходы к созданию искусственного интеллекта (ИИ)

Известно, что для изучения некоей системы надо исследовать ее целиком во всем многообразии и сложности. Однако с мышлением в области искусственного интеллекта наблюдается парадоксальная картина: задача моделирования мышления признается слишком сложной и разбивается на отдельные функции (зрение, понимание текста, распознавание речи и т.п.), которые и пытаются безуспешно изучать.

Доказано [3], что все основные интеллектуальные функции являются свойством всего человеческого мозга, мышления в целом, поэтому и исследовать необходимо мышление в целом. Не исследуя мышление в целом, невозможно решить задачу создания искусственного интеллекта.

Необходимо отметить, что существует два основных подхода к созданию искусственного интеллекта:

1. Моделирование человеческого мышления;
2. Конструктивизм, развитие технических устройств до максимально возможного уровня сложности обработки информации.

Первый подход наиболее распространен в научном мире, но он имеет принципиальное ограничение: ни одна наука не знает, как работает человеческий мозг. Получается, что в этом направлении

ученые опираются на чужие неточные и неполные теории, что значительно затрудняет возможность получения хороших результатов. При этом в области рефлексного уровня исследований достигнуты очень большие результаты именно потому, что про рефлексы у человека и животных известно очень много.

Есть еще несколько важных ограничений в этом направлении «копирования животного мира». Например, всем известно, что самолеты крыльями не машут, но летают лучше птиц и выполняют то, что птицам не доступно. Таким образом, от получения еще одной «технической» копии человеческого мозга не будет большой практической пользы.

Миварные исследования соответствуют второму подходу и направлены на развитие технических устройств с использованием методов и достижений кибернетики, информатики и математики. Поэтому важно проанализировать основные направления и препятствия.

Как известно, информатика изучает 5 основных информационных процессов [3–21]:

1. Сбор.
2. Передача.
3. Накопление.
4. Обработка.
5. Представление данных для человека и/или выполнение действий роботом.

Сбор информации – это уровень разнообразных «датчиков» и сенсоров, собирающих информацию в разных диапазонах и передающих полученные данные для последующей обработки. Отметим, что в основном эта проблема соответствует рефлексному уровню исследований и она успешно решена. Здесь в робототехнике нет особых проблем, как и в целом в области искусственного интеллекта.

Передача информации является важным процессом, но больших проблем в этой области с точки зрения искусственного интеллекта нет. При необходимости можно в реальном времени передавать огромные массивы информации. Здесь есть сложные аспекты с обеспечением информационной безопасности и электропитанием, но все они выходят за рамки данных исследований. Таким образом, передача информации не является ограничением для создания автономных интеллектуальных роботов, которые должны работать полностью автономно и без связи с командным центром.

Процессы накопления или хранения информации обязательно должны обеспечивать возможность эволюционного наращивания и быстрого доступа к необходимой информации. В этой области начинаются значительные трудности для интеллектуальных систем, которые не решаются при

традиционных подходах баз данных и баз знаний. Миварное информационное пространство, базирующееся на концепции «Вещь–Свойство–Отношение» и на многомерном представлении данных, является новой моделью данных в области баз данных.

Миварное информационное пространство позволяет в реальном времени накапливать и одновременно быстро обрабатывать огромные массивы информации, что принципиально необходимо для систем искусственного интеллекта. Кроме того, для работы коллективов роботов миварное информационное пространство позволяет собирать вместе индивидуальные пространства роботов и позволяет роботам создавать обобщающие модели, учитывающие как личные данные конкретного робота, так и необходимые ему данные о других роботах. Это принципиально важно для логического и социального уровней исследований в области искусственного интеллекта. Более того, без такой возможности нельзя обеспечить интеллектуальное совместное поведение группы неоднородных и неравноценных роботов для решения общей задачи.

Отметим, что существуют методы решения групповых задач на основе «роя» и эволюционного программирования, но они применяются на рефлексном уровне, который (как следует из названий алгоритмов: «муравьиный», «стайный» и т.п.) соответствует поведению животных (насекомых). Поэтому эти методы группового управления тоже имеют право на существование, но все же интеллектуальное человекоподобное поведение групп роботов является более предпочтительным, чем рефлексивное поведение муравьиного роя или волчьей стаи.

Обработка информации – это наиболее важное направление. Напомним, что именно логическая обработка информации является принципиальным отличием человека от животных. Поэтому для создания интеллектуальных роботов это очень важно, так как позволяет перейти на логический и социальный уровни управления робототехническими системами. Здесь существовали серьезные ограничения по логической обработке информации, обусловленные существующим заблуждением о полном переборе при логическом выводе. Миварные сети сняли это ограничение и теперь логический вывод на производственных моделях «если – то» можно выполнять с линейной вычислительной сложностью. Например, показано, что на обыкновенном ноутбуке 1 млн производственных правил обрабатывается менее чем за 1 секунду. Это достижение очень важно для робототехнических систем, работающих в реальном времени. Теперь роботы смогут в реальном времени проводить логическую обработку и принимать решения.

Важно отметить, что роботы являются программно-аппаратными комплексами, следовательно,

кроме логических задач роботы (как и компьютеры) смогут решать весь набор математических задач. Для решения оптимизационных задач в реальном времени целесообразно использовать методы генетического и эволюционного программирования. Если роботы сталкиваются с неизвестной ситуацией, то целесообразно применять децентрализованные системы управления мобильными роботами на основе мультиагентного рекурсивного подхода.

Представление данных для человека и/или выполнение действий роботом в настоящее время является хорошо проработанным направлением. В связи с тем, что нас прежде всего интересует создание автономных робототехнических систем, то основное внимание в работе уделяется выполнению действий роботами. Представление данных для человека необходимо при отслеживании деятельности роботов и для возможности оценки их результатов в целях последующих постановок задач роботам. Выполнение действий роботами выполняется на рефлексивном уровне и очень сильно зависит от специфики каждого робота.

Таким образом, в этом направлении научных исследований с точки зрения поставленной задачи, особых проблем не выявлено, так как все необходимое робототехнические системы выполняют достаточно хорошо и быстро.

Миварные технологии и робототехника

Следует обратить внимание на то, что миварные технологии уже нашли свое использование в робототехнике и были применены в проекте «УНИКУМ». В рамках исследований (ОКР «УНИКУМ») разработаны основные принципы, методы и алгоритмы целенаправленного поведения автономного интеллектуального мобильного робота. Построены требования к архитектуре, вычислительной платформе, коммуникационному окружению, методам программирования системы управления автономного интеллектуального мобильного робота. Разработаны методы и алгоритмы децентрализованного ситуативного анализа в частично наблюдаемой динамической стохастической непрерывной среде. Разработаны методы децентрализованного интеллектуального принятия решений и управления распределенным коллективом мобильных роботов. Миварные технологии накопления (миварное информационное пространство) и обработки (миварные сети с линейной вычислительной сложностью логического вывода) информации сняли существенные научные ограничения и поэтому теперь вполне возможно создание автономных интеллектуальных роботов, которые могут объединяться в коллективы для полностью самостоятельного выполнения поставленных человеком сложных задач в реальных условиях.

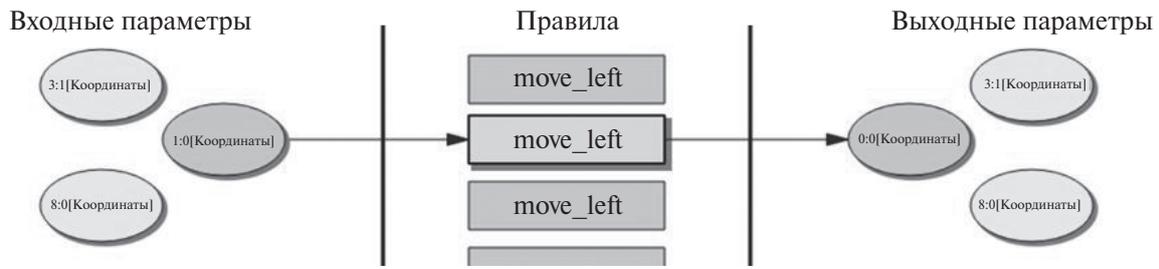


Рисунок 1. Пример двудольного графа перемещения

Также в качестве эксперимента применения миварной технологии в робототехнике была решена проблема обеспечения движения сервисного робота в офисном помещении [17]. Данный робот-секретарь предназначен для сопровождения посетителей при следовании по зданию. Например, кандидат пришел устраиваться на работу и его необходимо проводить к сотруднику, который будет проводить собеседование.

В памяти робота имеется карта помещения, в которой реальное помещение разбито на дискреты, соответствующие геометрическим размерам робота. Далее по данной геометрической модели строится граф, в котором связи между дискретами соответствуют разрешенным движениям робота (вперед, влево, вправо, назад). Если движение между дискретами запрещено, связи нет. На рис. 1 представлено одно правило, которое показывает возможность перехода между дискретами и направление этого перехода. Эта структура представляет собой базовый элемент, из которого составлена модель помещения. Всего в модели 100 правил и 63 параметра (под параметрами подразумеваются дискреты) [17]. Стоит отметить, что модель была построена в среде КЭСМИ (Wi! Mi 2.1) «Разуматор», которая является конструктором экспертных систем и основана на миварных технологиях. Данный конструктор является удобным

инструментом для написания системы принятия решений (СПР) для робота.

В ходе работ было произведено моделирование работы миварной модели управления движением в среде V-REP (рис. 2).

Обращаем внимание, что проведен ряд исследований [18–21], которые доказали перспективу объединения миварного логического ядра и системы имитационного моделирования. Подобный синтез дает возможность моделировать поведение промышленных роботов, что позволяет виртуально испытывать алгоритмы СПР в различных заданных условиях.

Также стоит отметить, что была создана многоцелевая робототехническая платформа «Муром-ИСП». Эта платформа является гибридом андроида и колесного робота: складывающееся антропоморфное тело с сенсорной головой установлено на самобалансирующееся одноосное двухколесное шасси. Платформа оборудована широким набором сенсоров и эффекторов: дальномерами, инерционными датчиками, системами глобального позиционирования, осветительной техникой, аудиосистемой с микрофонами и динамиками и пр. Для управления платформой используется система автономного искусственного интеллекта, основанного на миварных технологиях. Также были проведены полевые испытания платформы

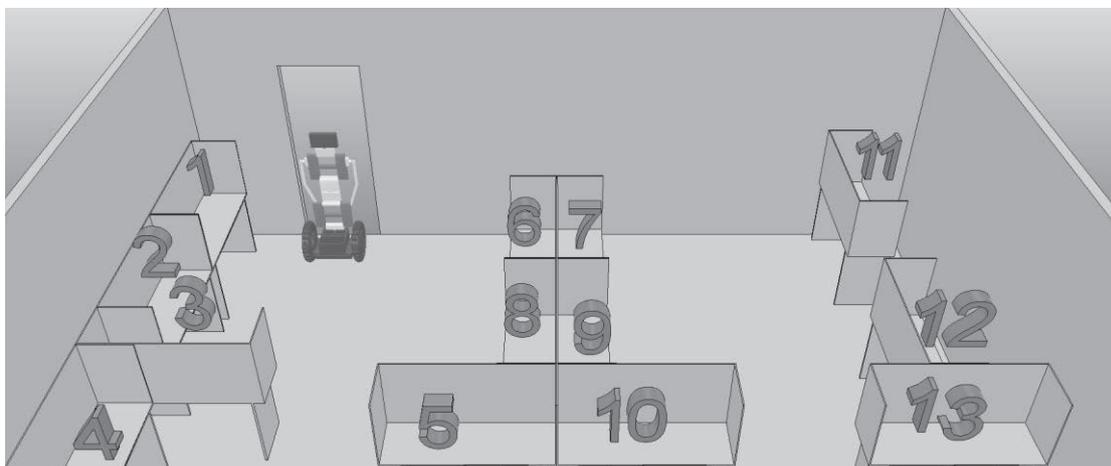


Рисунок 2. Робот находится у входа в комнату



Рисунок 3. Полевые испытания платформы «Муром-ИСП»

«Муром-ИСП» (рис. 3), на которых система показала отличные результаты.

Заключение

Основные исследования в области интеллектуальных систем управления роботами проводятся на нейрофизиологическом уровне и основаны на моделировании рефлекторного поведения, например, млекопитающих и даже насекомых. В искусственном интеллекте (ИИ) выделяют три уровня исследований: рефлексный, логический и социальный. Рефлексный уровень соответствует поведению животных, а логический и социальный соответствуют уже только «человеку разумному». На логическом уровне исследуются причинно-следственные зависимости, описываемые классическими продукциями в формате «если – то». До 2002 года на этом уровне было важное ограничение: логический вывод считался NP-полной задачей.

Миварные технологии – это многомерные базы данных и правил на основе гносеологической модели «Вещь–Свойство–Отношение» и логико-вычислительная обработка с линейной вычислительной сложностью на миварных двудольных сетях. Впервые в мире мивары позволили создать в России логический искусственный интеллект.

Мивары сняли существенные научные ограничения и теперь возможно создание автономных интеллектуальных роботов, которые могут объединяться в коллективы для полностью самостоятельного выполнения поставленных человеком сложных задач в реальных условиях. Больше нет необходимости в «аватарах» и прочих устройствах непосредственного управления роботами, так как

создаются именно автономные робототехнические системы («марсоходы»).

Миварные технологии позволили выйти на новый уровень в ИИ за счет снижения вычислительной сложности логического вывода на продукциях (автоматического конструирования алгоритмов) с NP-полной до линейной. Мивары позволяют перейти с рефлекторного на логический уровень создания «интеллектуальных» систем управления роботами и выполнять функции естественного высокоразвитого интеллекта, то есть человека.

Предложено использовать миварные технологии в целях разработки автономных интеллектуальных роботов нового поколения на основе создания на логическом уровне:

- систем планирования и принятия решений;
- интерфейсов понимания естественного языка;
- систем смыслового распознавания образов.

Программный продукт КЭСМИ «Разуматор» позволяет за сотые доли секунды обрабатывать более 5 млн продукционных правил, что соответствует требованиям реального времени для систем управления автономных интеллектуальных роботов. На основе КЭСМИ уже созданы прототипы миварных систем понимания естественного языка и распознавания образов.

Мивары позволяют создавать интеллектуальные автономные робототехнические системы и достичь желаемой цели («УНИКУМ»): разработать технологию создания программного комплекса децентрализованного управления группировкой робототехнических комплексов нового поколения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Интеллектуальное планирование траекторий подвижных объектов в средах с препятствиями. М.: Физматлит, 2014. 300 с.
2. Гладков Л. А., Курейчик В. В., Курейчик В. М. Дискретная математика. М.: Физматлит, 2014. 496 с.
3. Варламов О. О. Логический искусственный интеллект создан на основе миварного подхода! МИВАР: активные БД с линейным логическим выводом > 3 млн правил => понимание смысла + сингулярность в виртуальной реальности. Саарбрюкен, Германия: LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co. KG. 2012. 700 с.
4. Варламов О. О., Сергушин Г. С., Елисеев Д. В., Адамова Л. Е., Майборода Ю. И., Антонов П. Д., Чибирова М. О. О миварном подходе к моделированию процессов понимания компьютерами смысла текстов, речи и образов // Автоматизация и управление в технических системах. 2013. № 2 (4).
5. Varlamov O. O., Adamova L. E., Eliseev D. V., Mayboroda Yu. I., Antonov P. D., Sergushin G. S., Chibirova M. O. Mivar Technologies in Mathematical Modeling of Natural Language, Images and Human Speech Understanding. International Journal of Advanced Studies, 2013, Vol. 3, no. 3, pp. 17–23.
6. Варламов О. О., Адамова Л. Е., Елисеев Д. В., Майборода Ю. И., Антонов П. Д., Сергушин Г. С., Чибирова М. О. Комплексное моделирование процессов понимания компьютерами смысла текстов, речи и образов на основе миварных технологий // Искусственный интеллект. 2013. № 4. С. 15–27.
7. Варламов О. О., Адамова Л. Е., Петерсон А. О., Протопопова Д. А., Скакунова Е. А. Исследование подходов и основных проблем понимания естественного русского языка // Автоматизация и управление в технических системах. 2014. № 2.
8. Майборода Ю. И., Синцов М. Ю., Озерин А. Ю., Кузин А. А., Варламов О. О. Система автоматического тегирования изображений на основе миварных технологий // Программные системы: теория и приложения. 2014. № 4. С. 159–170.
9. Чувииков Д. А., Казакова Н. А., Варламов О. О., Хадиев А. М. Анализ технологий трехмерного моделирования и создания 3D-объектов для различных интеллектуальных систем // Автоматизация и управление в технических системах. 2014. № 2.1. С. 84–97.
10. Давыдова Т. Л., Варламов О. О., Остроух А. В., Краснянский М. Н. Анализ возможностей миварного подхода для систем искусственного интеллекта и современной робототехники // Вестник Тамбовского государственного технического университета. 2011. Т. 17. № 3. С. 687–694.
11. Чибирова М. О., Сергушин Г. С., Елисеев Д. В., Варламов О. О. «Облачная» реализация миварного универсального решателя задач на основе адаптивного активного логического вывода с линейной сложностью относительно правил «если – то – иначе» // Автоматизация и управление в технических системах. 2013. № 2. С. 22–38.
12. Подкосова Я. Г., Варламов О. О., Остроух А. В., Краснянский М. Н. Анализ перспектив использования технологий виртуальной реальности в дистанционном обучении // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. 2011. № 2. С. 104–111.
13. Варламов О. О., Санду Р. А., Владимиров А. Н., Носов А. В., Оверчук М. Л. Миварный подход к созданию мультипредметных активных экспертных систем в целях обучения информационной безопасности и управления инновационными ресурсами в образовании // Известия Южного федерального университета. Технические науки. 2010. № 11 (112). С. 226–232.
14. Подкосова Я. Г., Васюгова С. А., Варламов О. О. Использование технологий виртуальной реальности для трехмерной визуализации результатов моделирования и для миварных обучающих систем // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2011. № 1. С. 226–232.
15. Варламов О. О., Бадалов А. Ю., Санду Р. А., Владимиров А. Н., Тожа К. Э. Активная миварная интернет-энциклопедия и развитие миварных сетей на основе многомерных бинарных матриц для одновременной эволюционной обработки более 10 000 правил в реальном времени // Искусственный интеллект. 2010. № 4. С. 549.
16. Санду Р. А., Варламов О. О., Остроух А. В. Миварные автоматизированные системы управления технологическими процессами для нефтяной промышленности России // Автоматизация, телемеханизация и связь в нефтяной промышленности. 2011. № 11. С. 37–40.
17. Жданович Е. А., Чернышев П. К., Юфимычев К. А., Елисеев Д. В., Чувииков Д. А. Вычисление произвольных алгоритмов функционирования сервисных роботов на основе миварного подхода // Радиопромышленность. 2015. № 3. С. 226–242.
18. Чувииков Д. А. Применение процедурной анимации в решении интеллектуальных задач и проблем, связанных с ситуационным трехмерным моделированием // Радиопромышленность. 2015. № 3. С. 184–190.
19. Чувииков Д. А. Применение физического движка в решении задач, связанных с ситуационным трехмерным моделированием в реальном времени // Радиопромышленность. 2015. № 3. С. 191–199.
20. Чувииков Д. А. Применение графического движка в решении интеллектуальных задач, связанных с ситуационным трехмерным моделированием // Радиопромышленность. 2015. № 3. С. 200–209.
21. Chuvikov D. A., Kazakova N. A., Varlamov O. O., Golovizin A. V. 3D-modeling and 3D-objects creation technology analysis for various intelligent systems. International Journal of Advanced Studies, 2014, Vol. 4, no. 4, pp. 16–22.

REFERENCES

1. *Intellektual'noe planirovanie traektoriy podvizhnykh ob'ektov v sredakh s prepyatstviyami* [Intelligent planning of trajectories of moving objects in environments with obstacles]. Moscow, Fizmatlit Publ., 2014, 300 p. (In Russian).
2. Gladkov L. A., Kureychik V. V., Kureychik V. M. *Diskretnaya matematika* [Discrete Mathematics]. Moscow, Fizmatlit Publ., 2014, 496 p. (In Russian).
3. Varlamov O. O. *Logicheskiy iskusstvennyy intellekt sozdan na osnove mivarnogo podkhoda! MIVAR: aktivnye BD s lineynym logicheskim vyvodom > 3 mln pravil => ponimanie smysla + singulyarnost' v virtual'noy real'nosti* [Logical artificial intelligence is designed under MIVAR approach! MIVAR: active databases with a linear logical inference > 3 million rules => understanding of meaning + singularity in virtual reality]. Saarbrücken, Germany: LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co. KG, 2012, 700 p. (In Russian).

4. Varlamov O. O., Sergushin G. S., Eliseev D. V., Adamova L. E., Mayboroda Yu. I., Antonov P. D., Chibirova M. O. About MIVAR-based approach to modeling of processes of understanding the meaning of texts, speech and images by computers. *Avtomatizatsiya i upravlenie v tekhnicheskikh sistemakh*, 2013, no. 2 (4). (In Russian).
5. Varlamov O. O., Adamova L. E., Eliseev D. V., Mayboroda Yu. I., Antonov P. D., Sergushin G. S., Chibirova M. O. Mivar Technologies in Mathematical Modeling of Natural Language, Images and Human Speech Understanding // *International Journal of Advanced Studies*, 2013, Vol. 3, no. 3, pp. 17–23.
6. Varlamov O. O., Adamova L. E., Eliseev D. V., Mayboroda Yu. I., Antonov P. D., Sergushin G. S., Chibirova M. O. MIVAR-based complex modeling of processes of understanding of the meaning of texts, speech and images by computers. *Iskusstvennyy intellekt*, 2013, no. 4, pp. 15–27. (In Russian).
7. Varlamov O. O., Adamova L. E., Peterson A. O., Protopopova D. A., Skakunova E. A. Investigation of approaches and the core problems in understanding of natural Russian language. *Avtomatizatsiya i upravlenie v tekhnicheskikh sistemakh*, 2014, no. 2. (In Russian).
8. Mayboroda Yu. I., Sintsov M. Yu., Ozerin A. Yu., Kuzin A. A., Varlamov O. O. MIVAR technologies-based automatic image tagging system. *Programmnye sistemy: teoriya i prilozheniya*, 2014, no. 4, pp. 159–170. (In Russian).
9. Chuvikov D. A., Kazakova N. A., Varlamov O. O., Khadiev A. M. The analysis of three-dimensional modeling technology and the creation of 3D-objects for a variety of intelligent systems. *Avtomatizatsiya i upravlenie v tekhnicheskikh sistemakh*, 2014, no. 2.1, pp. 84–97. (In Russian).
10. Davydova T. L., Varlamov O. O., Ostroukh A. V., Krasnyanskiy M. N. Analysis of possibilities of MIVAR approach for artificial intelligence systems and advanced robotics. *Vestnik Tambovskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*, 2011, Vol. 17, no. 3, pp. 687–694. (In Russian).
11. Chibirova M. O., Sergushin G. S., Eliseev D. V., Varlamov O. O. Cloud implementation of the MIVAR multi-purpose solver of problems on the basis of the active adaptive inference with linear complexity with respect to the rules of «if – then – otherwise». *Avtomatizatsiya i upravlenie v tekhnicheskikh sistemakh*, 2013, no. 2, pp. 22–38. (In Russian).
12. Podkosova Ya. G., Varlamov O. O., Ostroukh A. V., Krasnyanskiy M. N. Analysis of the prospects for use of virtual reality technologies in distance learning. *Voprosy sovremennoy nauki i praktiki. Universitet im. V.I. Vernadskogo*, 2011, no. 2, pp. 104–111. (In Russian).
13. Varlamov O. O., Sandu R. A., Vladimirov A. N., Nosov A. V., Overchuk M. L. MIVAR-based approach to design of active multi-discipline expertise systems for training on information security and management of innovative resources in education. *Izvestiya Yuzhnogo federalnogo universiteta. Tekhnicheskie nauki*, 2010, no. 11 (112), pp. 226–232. (In Russian).
14. Podkosova Ya. G., Vasyugova S. A., Varlamov O. O. Use of virtual reality technologies for three-dimensional visualization of simulation results and for MIVAR training systems. *Izvestiya Kabardino-Balkarskogo nauchnogo tsentra RAN*, 2011, no. 1, pp. 226–232. (In Russian).
15. Varlamov O. O., Badalov A. Yu., Sandu R. A., Vladimirov A. N., Tozha K. E. Active MIVAR online encyclopedia and development of MIVAR networks based on multi-dimensional binary matrices for simultaneous evolutionary processing of over 10 000 rules in real-time mode. *Iskusstvennyy intellekt*, 2010, no. 4, pp. 549. (In Russian).
16. Sandu R. A., Varlamov O. O., Ostroukh A. V. MIVAR automated process control systems in Russian oil industry. *Avtomatizatsiya, telemekhanizatsiya i svyaz v neftyanoy promyshlennosti*, 2011, no. 11, pp. 37–40. (In Russian).
17. Zhdanovich E. A., Chernyshev P. K., Yufimychev K. A., Eliseev D. V., Chuvikov D. A. Calculation of arbitrary algorithms of functioning of service robots based on MIVAR approach. *Radiopromyshlennost*, 2015, no. 3, pp. 226–242. (In Russian).
18. Chuvikov D. A. Application of procedural animation in solving intellectual problems and problems related to three-dimensional simulation modeling. *Radiopromyshlennost*, 2015, no. 3, pp. 184–190. (In Russian).
19. Chuvikov D. A. Application of physics engine in solving tasks related to three-dimensional simulation modeling in real-time mode. *Radiopromyshlennost*, 2015, no. 3, pp. 191–199. (In Russian).
20. Chuvikov D. A. Use of graphics engine in solving intellectual problems associated with three-dimensional simulation modeling. *Radiopromyshlennost*, 2015, no. 3, pp. 200–209. (In Russian).
21. Chuvikov D. A., Kazakova N. A., Varlamov O. O., Golovizin A. V. 3D-modeling and 3D-objects creation technology analysis for various intelligent systems. *International Journal of Advanced Studies*, 2014, vol. 4, no. 4, pp. 16–22.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Варламов Олег Олегович, д.т.н., профессор, МГТУ имени Н.Э. Баумана, директор, Научно-исследовательский институт «МИВАР», 127521, Москва, ул. Октябрьская, д. 72, e-mail: ovar@mivar.ru.

Лазарев Виктор Михайлович, д.т.н., профессор, руководитель управления координации научно-технического развития, АО «Системы управления», e-mail: lazarev@oaosu.ru.

Чувиков Дмитрий Алексеевич, аспирант, Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ), 125319, Москва, Ленинградский пр-т, д. 64, e-mail: d.chuvikov@mivar.ru.

Джа Пунам, аспирант, Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ), 125319, Москва, Ленинградский пр-т, д. 64, e-mail: punamelina@hotmail.com.

AUTHORS

Varlamov Oleg, Doctor of Technical Sciences, Professor, Bauman Moscow State Technical University, Director, Scientific-Research Institute «MIVAR», 72, Oktyabrskaya st., Moscow, 127521, e-mail: ovar@mivar.ru.

Lazarev Viktor, Doctor of Technical Sciences, Professor, chief of the department of coordination of scientific and technical development of Joint-stock company «Control systems», e-mail: lazarev@oaosu.ru.

Chuvikov Dmitriy, postgraduate student, Department of «Automated Control Systems» Moscow automobile and road construction state technical university (MADI), 64, Leningradskiy av., Moscow, 125319, e-mail: d.chuvikov@mivar.ru.

Jha Punam, postgraduate student, Department of «Automated Control Systems» Moscow automobile and road construction state technical university (MADI), 64, Leningradskiy av., Moscow, 125319, e-mail: punamelina@hotmail.com.

ПРАВИЛА ПРЕДСТАВЛЕНИЯ СТАТЕЙ

К рассмотрению принимаются нигде не опубликованные ранее рукописи статей с оригинальными результатами теоретических и экспериментальных исследований в области радиоэлектроники. Максимальный объем статьи – 23 000 печатных знаков (с пробелами), включая формулы, иллюстрации, таблицы.

Обязательными являются следующие элементы статьи:

- **Тематическая рубрика журнала**, к которой должна быть отнесена статья.
- **Индекс УДК**.
- **Название статьи**, максимально конкретное и информативное, на русском и английском языках.
- **Ф.И.О. всех авторов** (полностью) на русском и английском языках.
- **Информация об авторах** на русском и английском языках: регалии; место работы (полное и сокращенное название организации, почтовый адрес с указанием города и почтового индекса), должность; электронный адрес; телефон. Если авторов несколько, то информация должна быть представлена по каждому из них.
- **Аннотация статьи** на русском и английском языках. В аннотации подчеркивается новизна и актуальность темы (без повтора заглавия статьи в тексте аннотации). Аннотация статьи должна быть информативной и подробной, описывать методы и главные результаты исследования. Из аннотации должно быть ясно, какие вопросы поставлены для исследования и какие ответы на них получены. Предпочтительна структура аннотации, повторяющая структуру статьи и включающая введение, цели и задачи, методы, результаты/обсуждение, заключение/выводы. Объем аннотации составляет 100–200 слов.
- **Ключевые слова** на русском и английском языках. Должны отражать основное содержание статьи, но, по возможности, не повторять ее название. Рекомендуемый объем – 3–6 слов или коротких словосочетаний.
- **Основной текст статьи**. Следует соблюдать единообразие терминов, а также единообразие в обозначениях, системах единиц измерения, номенклатуре. Следует избегать излишних сокращений, кроме общеупотребительных. Если сокращения все-таки используются, то они должны быть расшифрованы в тексте при первом упоминании.
- **Список литературы** на русском и английском языках. Должен в достаточной мере отражать современное состояние исследуемой области и не быть избыточным. Должен содержать ссылки на доступные источники. Не цитируются тезисы, учебники, учебные пособия, диссертации без депонирования. Допустимый объем самцитирования автора – не более 20% от источников в списке литературы.
- **Список иллюстраций** должен располагаться в конце статьи и содержать названия иллюстраций и подписи, размещенные на рисунке.

Правила оформления статей

Материалы статьи представляются для публикации в электронном виде.

В состав электронной версии статьи должны входить текстовая часть в формате MS Word (формулы в MathType), а также иллюстрации в виде отдельных графических файлов (каждый файл должен содержать один рисунок).

Статья представляется в итоговом варианте, т.е. не предполагает существенных авторских изменений и дополнений, а также не содержит исправлений, отображаемых на полях или в тексте работы.

Английский блок должен включать (в указанном порядке): заголовок статьи, Ф.И.О. всех авторов, аннотацию, ключевые слова, список литературы в романском алфавите.

Графический материал

Все иллюстрации должны быть черно-белыми.

Иллюстрации для каждой статьи должны находиться в отдельной папке с названием статьи; название файла должно включать номер рисунка. Каждый файл должен содержать только один рисунок.

Параметры иллюстраций:

- форматы *.tif или *.eps;
- цветовая модель Grayscale (Black 95%), разрешение 300 dpi при 100% величине;
- цветовая модель Bitmap, разрешение не ниже 600 dpi;
- толщины линий не менее 0,5 point;
- не следует использовать точечные закрашки в программах работы с векторной графикой, таких как Noise, Black&white noise, Top noise;
- не следует добавлять сетку или серый фон на задний план графиков и схем;
- желательно иллюстрации предоставлять в двух вариантах (первый – со всеми надписями и обозначениями, второй – без текста и обозначений);
- все надписи на рисунках и названия рисунков обязательно (!) должны быть набраны текстом и располагаться на отдельной странице в текстовой части статьи.

Текст статьи

Текст должен быть в формате MS Word, набран через двойной интервал шрифтом Times New Roman, размер шрифта – 12 пунктов.

Не следует вводить больше одного пробела подряд (в том числе при нумерации формул). Используйте абзацный отступ и табуляцию.

Подзаголовки должны быть без нумерации.

Таблицы представляются в формате MS Word. Их следует располагать в тексте непосредственно после ссылки на таблицу.

В тексте статьи должны быть ссылки на все рисунки и таблицы. Если в статье один рисунок и/или таблица, номер не ставится. Рисунки с цифро-буквенной нумерацией обозначаются в тексте без запятой и пробела (например, рис. 1а).

В шапке таблицы пустых ячеек быть не должно.

В таблице не должно быть графы с порядковым номером. Если нумерация строк необходима, то порядковый номер указывается непосредственно перед текстом.

При отсутствии данных в ячейках должны быть прочерки (т.е. пустых ячеек быть не должно).

Подписи к рисункам должны содержать расшифровку всех обозначений, использованных на рисунке.

На отдельном листе в конце статьи должны быть набраны названия рисунков с подписями, а также текст, размещенный на рисунках.

Формулы и буквенные обозначения

Все формулы должны быть набраны только (!) в математическом редакторе MathType с настройками строго (!) по умолчанию. Не допускается набор из составных элементов (часть – текст, часть – математический редактор). Не допускается также вставка формул в виде изображений. Формулы располагают по месту в тексте статьи.

По возможности следует избегать «многоэтажных» формул. В частности, в сложных формулах экспоненту рекомендуется представлять как «exp».

Дроби предпочтительно располагать отдельной строкой, числитель от знаменателя отделять горизонтальной чертой.

В десятичных дробях для отделения целой части используется запятая (например, 10,5).

В качестве знака умножения используется символ точка (\cdot), при переносе формулы в качестве знака умножения следует использовать символ крест (\times).

Знак умножения в формулах ставится только (!) перед цифрой и между дробями.

В формулах и тексте скалярные величины, обозначаемые латинскими буквами, набираются курсивом, обозначаемые греческими буквами – прямым шрифтом. Для обозначения векторных величин используется прямой полужирный шрифт, стрелка сверху не ставится.

Одиночные буквы или символы, одиночные переменные или обозначения, у которых есть только верхний или только нижний индекс, единицы измерения и цифры в тексте, а также простые математические и химические формулы следует набирать в текстовом режиме без использования внедренных рамок (т.е. без использования математических редакторов).

Слова «минус» и «плюс» перед цифрами обозначаются знаками (например, +4; –6).

Размерности

Размерности отделяются от числа пробелом, кроме градусов, процентов, промилле.

Для сложных размерностей допускается использование как отрицательных степеней, так и скобок. Главное условие – соблюдение единообразия написания одинаковых размерностей по всему тексту и в иллюстрациях.

При перечислении, а также в числовых интервалах размерность приводится только после последнего числа (например, 18–20 кг), за исключением угловых градусов.

Числовой диапазон оформляется коротким тире без пробелов (например, 18–20).

Размерности переменных пишутся после их обозначений через запятую, а не в скобках.

Список литературы

В журналах принимается Ванкуверская система цитирования – последовательный численный стиль: ссылки нумеруются по ходу их упоминания в тексте, таблицах и рисунках. Единый список литературы оформляется также в порядке упоминания в тексте.

На все работы, включенные в список литературы, должна быть ссылка в тексте.

Допустимый объем самоцитирования автора не более 20% от источников в списке литературы.

Не цитируются:

- тезисы, учебники, учебные пособия;
- диссертации без депонирования.

Единый список литературы на русском языке размещают в конце текста статьи и озаглавливают «Список литературы».

Единый список литературы в романском алфавите (латинице) размещают в англоязычном блоке после ключевых слов (Keywords) и озаглавливают References.

В тексте статьи ссылки приводят в квадратных скобках: [1–5] или [1, 3, 5].

Источники приводят на языке оригинала. Русские – на русском, англоязычные – на английском.

Пример оформления статьи из периодического издания:

Таран П.П., Иванов А.А. Глобализация и трудовая миграция: необходимость политики, основанной на правах человека // Век глобализации. 2010. № 1. С. 66–88.

Пример оформления книги:

Костылева Л.В. Неравенство населения России: тенденции, факторы, регулирование. М.: ИСЭРТ РАН, 2011. 200 с.

Пример оформления электронного источника:

Костылева Л.В. Неравенство населения России: тенденции, факторы, регулирование [Электронный ресурс]. М., 2011. 30 с. Адрес доступа: <http://elsevierscience.ru/>

Подписи к рисункам

На отдельном листе должны быть набраны (в порядке упоминания в тексте) порядковый номер рисунка, его название, а также все надписи, расположенные на рисунке. Подписи к рисункам должны содержать расшифровку всех обозначений, использованных на рисунке.

Комплект предоставляемых материалов

Комплект материалов рукописи статьи должен включать электронную версию статьи, иллюстрации в виде отдельных графических файлов, акт экспертизы и первичную рецензию.

Материалы следует присылать на электронную почту publish@instel.ru.

RULES FOR SUBMITTING ARTICLES

Accepted for consideration manuscript with original results of theoretical and experimental research in the field of electronics with no publishing record. The maximum amount of 23000 articles printed characters (with spaces), including formulas, illustrations, tables.

The mandatory elements of the articles are the following:

- Thematic heading of magazine to which article should be carried.
- Index of the universal decimal classification.
- The name of article, at the most specific and informative, in Russian and English languages.
- The information on authors, in Russian and English languages: regalia; place of job (the full and shorthand name of the organization, the post address with the indication of city and the postal index), a position; the electronic address; phone. If there're few authors then the information should be presented on each of them.
- The summary of article in Russian and English languages. Novelty and a urgency of subject matter (without repetition of the title of article in the text of the summary) should be emphasized in the summary. The summary of article have to be informative and detailed, describe methods and the main results of research. The summary has to cover what questions are put for research and the answers to them are received. The structure of the summary has to repeat structure of article and including introduction, objectives and problems, methods, results/discussions, the conclusion/conclusions is preferential. The volume of the summary makes 100–200 words.
- Key words in Russian and English languages. Should reflect the main content of the article, but if possible not to repeat its name. The recommended amount – 3–6 words or short phrases.
- The main text of the article. The uniformity of terms should be observed as well as uniformity in the notation, systems of units, nomenclature. Avoid unnecessary abbreviations commonly used in addition. If the abridgement is still used then it must be transcribed in the text at the first mention.
- References in English and Russian languages. Must adequately reflect the current state of the study area and not be excessive. Must contain references to available sources. Not quoted theses, textbooks, manuals, thesis without deposit. The allowable amount of self-citation of the author should not exceed 20% of the sources in the bibliography.
- The list of illustrations should be placed down in the end of article and contain names of illustrations and the signatures placed in picture.

Formalized rules for articles

Materials of the Articles are submitted for publication in electronic form.

The electronic version of the paper should include the text portion in MS Word format (formulas in Math-Type), as well as illustrations as separate image files (each file should contain one figure).

The article appears in the final version and copyright does not involve significant changes and additions, as well as does not include patches that are displayed in the fields or in the text of the work.

English unit should include (in indicated order): title of the article, name all authors, abstract, keywords, references in the Roman alphabet.

Graphical material

All illustrations should be in black and white.

Illustrations for each article must be in a separate folder with the title of the article; File name should include the figure number. Each file must contain only one drawing.

Illustrations parameters:

- formats *.tif or *.eps;
- color model Grayscale (Black 95%), the resolution of 300 dpi at 100% value;
- color model Bitmap, resolution of at least 600 dpi;
- Lines's thickness of not less than 0,5 point;
- It is not necessary to use dot shadings in programs of work with vector graphics, such as Noise, Black*white noise, Top noise;
- It is not necessary to add a grid or a grey background on a background of charts and diagrams;
- it is desirable to provide the illustrations in two versions (the first – with all the inscriptions and symbols, the second – without text and symbols);
- All signs in the figures and the names of figures is obligatory (!) Should be typed in the text and placed on a separate page in the text of the article.

The text of article

The text should be in MS Word format; typed double-spaced; font Times New Roman, font size – 12 points.

Do not enter more than one space in a row (including the numbering of formulas). Use indentation and tabs.

Subtitles should be without numbering.

Tables submitted in MS Word format. They should be placed in the text immediately following the reference to the table.

The text of the article should be a reference for all figures and tables. If an article of one figure and / or table number is not assigned. Figures alphanumeric numbering are indicated in the text without a comma and a space (for example, Fig. 1a).

In the header of the table empty cells should not be.

The table should not have graphs with a serial number. If line numbering is needed, the serial number is indicated immediately before the text.

In the absence of data in the cells must be dashes (empty cells should not be).

Captions should include decoding of symbols used in the figure.

On a separate sheet at the end of the article should be typed in the names of images with captions, and also the text that appears in the figures.

Formulas and letter designations

All formulas should be typed only (!) In MathType mathematical editor. Not allowed set of constituents (Part – text part – mathematical editor). There can be no insert formulas in the form of images. Formula for a place in the text.

If possible, avoid «multi-storey» formulas. In particular, complex formulas recommended exponent of as «exp».

Fractions are preferably arranged separately, the numerator by the denominator separated by a horizontal line.

In decimal fractions to separate the integer part of a comma (eg 10,5).

As a sign of multiplication using the dot (·), when transferring the formula should use the cross symbol (×) as a multiplication sign.

The multiplication sign in the formulas is put only (!) before a figure between fractions.

In the formulas and text scalar quantities, denoted by Latin letters, italicized, denoted by Greek letters – font. To indicate vector quantities used straight bold, arrow at the top is not put.

Single letters or symbols, single variables or symbols that have only the upper or only the lower the index, units, and figures in the text, as well as simple mathematical and chemical formulas should be typed in text mode without the use of embedded frames (ie, without the use of Mathematical editors).

The words «minus» and «plus» to the numbers indicated by signs (eg, 4, –6).

Dimensions

Dimensions are separated from the number by a space, except degrees, percent, per mille.

For complex dimensions allowed as the negative powers, and parentheses. The main condition – that the consistency of writing the same dimensions throughout the text and illustrations.

In the listing, as well as the dimension of the numerical ranges given only after the last day (e.g. 18–20 kg) except angular degrees.

A numeric range is made short dash without spaces (for example, 18–20).

The dimensions of the variables are written after the notation, separated by commas, but not in parentheses.

Bibliography

The magazines use the Vancouver citation system – consistent numerical style: links are numbered in the course of their appearance in the text, tables and figures. A single list of references is also executed in the order mentioned in the text.

All work included in the list of references should be referenced in the text.

The allowable amount of self-citation is not the author of more than 20% of the sources in the bibliography.

Do not quoted:

- theses, textbooks, teaching aids;
- dissertation without deposit.

A unified list of literature in Russian is placed at the end of the text and the headline «References.»

A unified list of references in the Roman alphabet (Roman alphabet) are placed in an English-speaking unit after keywords (CET Keywords) and headline References.

The text of the article links lead brackets: [1–5] or [1, 3, 5].

Sources of lead in the original language. Russian – Russian, English language – English.

A sample of articles from periodicals:

Taran P. P., Ivanov A. A. Globalization and labor migration: the need for a policy based on human rights // Century of Globalization. 2010. № 1. pages 66–88.

Formalizing example for the book

Kostyleva L. V. Inequality of the Russian population: trends, factors that regulation. M.: ISERT RAS, 2011. 200 p.

Example of electronic sources:

Kostyleva L. V. Inequality population of Russia: tendencies, factors, regulation [electronic resource]. M., 2011. 30 p. Access Location: <http://elsevierscience.ru/>

Signatures to pictures

On a separate sheet should be typed (in order of appearance in the text) the serial number of the picture, its name, as well as all the inscriptions located in the picture. Captions should include decoding of symbols used in the figure.

The complete set of provided materials

The complete set of materials of the manuscript of article should include the electronic version of article; illustrations in the form of separate graphic files; the certificate of examination; the primary review.

Materials should be sent by e-mail publish@instel.ru.

