



INFORMATION  
AND TELECOMMUNICATION  
TECHNOLOGY

ICT

# «ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В НАУКЕ, ПРОМЫШЛЕННОСТИ И ОБРАЗОВАНИИ»

Сборник трудов Всероссийской научно-технической конференции  
(Ижевск, 25–26 мая 2023 г.)

Минобрнауки России  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова»

**«ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ  
В НАУКЕ, ПРОМЫШЛЕННОСТИ И ОБРАЗОВАНИИ.  
МОЛОДЕЖНЫЙ НАУЧНЫЙ ФОРУМ»**

Сборник трудов Всероссийской научно-технической конференции  
(Ижевск, 25–26 мая 2023 г.)



Издательство УИР ИжГТУ  
имени М. Т. Калашникова  
Ижевск 2023

**Редакционная коллегия**

*Губерт Александр Викторович*, председатель организационного комитета, канд. техн. наук, доц., и. о. ректора ИжГТУ имени М. Т. Калашникова;

*Копысов Андрей Николаевич*, зам. председателя, канд. техн. наук, доц., проректор по научной и инновационной деятельности ИжГТУ имени М. Т. Калашникова;

*Архипов Игорь Олегович*, зам. председателя, канд. техн. наук, доц., директор института «Информатика и вычислительная техника», отв. организатор ИжГТУ имени М. Т. Калашникова;

*Архипова Елена Игоревна*, канд. пед. наук, доц., зав. кафедрой «Английский язык», ИжГТУ имени М. Т. Калашникова;

*Вологдин Сергей Валентинович*, д-р техн. наук, доц., зав. кафедрой «Защита информации в компьютеризированных системах», ИжГТУ имени М. Т. Калашникова;

*Гитлин Валерий Борисович*, д-р техн. наук, проф., ИжГТУ имени М. Т. Калашникова;

*Горохов Максим Михайлович*, д-р физ.-мат. наук, проф., зав. кафедрой «Информационные системы», ИжГТУ имени М. Т. Калашникова;

*Ерохин Александр Владимирович*, д-р. филол. наук, проф. кафедры «Английский язык», ИжГТУ имени М. Т. Калашникова;

*Куликов Виктор Александрович*, д-р техн. наук, проф. кафедры «Цифровые инженерные технологии», УдГУ, г. Ижевск;

*Леонов Михаил Витальевич*, канд. экон. наук, доц., зав. кафедрой «Программное обеспечение», ИжГТУ имени М. Т. Калашникова;

*Миловзоров Георгий Владимирович*, д-р техн. наук, проф., директор, Сарапульский политехнический институт (филиал ИжГТУ имени М. Т. Калашникова);

*Мокроусов Максим Николаевич*, канд. техн. наук, доц., зав. кафедрой «Автоматизированные системы обработки информации и управления», ИжГТУ имени М. Т. Калашникова;

*Молин Сергей Михайлович*, канд. техн. наук, доц., руководитель Физико-технического института, ФГБУН «Удмуртский федеральный исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук» (УдмФИЦ УрО РАН), г. Ижевск;

*Моченов Станислав Васильевич*, канд. техн. наук, проф., ИжГТУ имени М. Т. Калашникова;

*Петухов Константин Юрьевич*, канд. техн. наук, доц., зав. кафедрой «Вычислительная техника», ИжГТУ имени М. Т. Калашникова;

*Пронин Сергей Петрович*, д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой «Информационные технологии», Алтайский государственный технический университет имени И. И. Ползунова, г. Барнаул;

*Файзрахманов Рустам Абубакирович*, д-р экон. наук, канд. техн. наук, проф., зав. кафедрой «Информационные технологии и автоматизированные системы», Пермский национальный исследовательский политехнический университет, г. Пермь;

*Шелковников Евгений Юрьевич*, д-р техн. наук, проф., зав. лабораторией, УдмФИЦ УрО РАН, г. Ижевск;

*Шелковников Юрий Константинович*, д-р техн. наук, проф., гл. науч. сотр., УдмФИЦ УрО РАН, г. Ижевск;

*Ясоев Васик Хаматович*, д-р техн. наук, проф. кафедры «Электронная инженерия», Уфимский государственный авиационный технический университет, г. Уфа;

*Т. Ю. Мерзлякова*, ответственный секретарь

**И74 «Информационные технологии в науке, промышленности и образовании. Молодежный научный форум»** : сборник трудов Всероссийской научно-технической конференции (Ижевск, 25–26 мая 2023 г.) / ИжГТУ имени М. Т. Калашникова. – Ижевск : Изд-во УИР ИжГТУ имени М. Т. Калашникова, 2023. – 562 с. – 34,5 МБ. – Текст: электронный.

ISBN 978-5-7526-1019-6

Сборник составлен из работ студентов, аспирантов, преподавателей и сотрудников вузов России и институтов РАН, отражающих результаты исследований в области применения информационных технологий в системах различного назначения.

Издание адресовано студентам, преподавателям и инженерам в области информационных технологий.

УДК 621.396.6.001

## Содержание

*Вахрушева Е. А.* Профессору кафедры «Вычислительная техника» Станиславу Васильевичу Мочёнову 80 лет..... 7

### Раздел 1. Интеллектуальные информационные технологии

<i>Сметанин Ю. М.</i> Логико-семантические модели в универсальной силлогистике .....	13
<i>Сметанин Ю. М., Сметанина В. М., Оганесян А. А.</i> Синтез таблиц решений в универсальной силлогистике.....	18
<i>Благодатский Г. А., Жданов В. С., Карачев Е. В.</i> Информационная система принятия решений и управления на основе анализа иерархий.....	23
<i>Вологдин С. В., Шамишурин В. В.</i> Разработка системы автоматизированного учета и анализа показателей публикационной результативности образовательной организации .....	37
<i>Журбин И. В., Шаура А. С., Злобина А. Г., Баженова А. И.</i> Текстурный анализ мультиспектральных данных для выявления участков культурного слоя разной толщины.....	43
<i>Айзеитат Д. А., Благодатский Г. А., Великий С. И., Горохов М. М.</i> Инжиниринг архитектуры предприятия по схеме Д. Захмана.....	48
<i>Коробейников А. А.</i> Использование цифровых технологий в образовательном процессе .....	53
<i>Кургузкин П. М.</i> Повышение информативности экологического мониторинга природно-технических систем на основе использования интегрального параметра оценки загрязнения.....	58
<i>Мухаметдинова С. Г., Коршунов А. И., Вахрушева Н. О., Строканев К. С.</i> Применение нейросетей в нефтегазодобыче .....	63
<i>Демьшев А. В., Вологдин С. В.</i> Применение интеллектуальных систем для управления производственным планом выпуска продукции с учетом оптимальной загрузки оборудования: обзор исследований .....	67
<i>Глухов С. К., Сенилов М. А.</i> Интерактивная информационная система навигации для парков, предприятий и торговых центров.....	73
<i>Арасланов И. А., Булатова Е. Г.</i> Программное обеспечение для конструирования четырехмерных объектов .....	79
<i>Арасланов И. А., Плешаков Д. И., Сидорина В. А.</i> Разработка модуля мобильного приложения для голосового ассистента .....	88
<i>Коротаев А. П., Сенилов М. А.</i> Приложение для автоматической публикации в Telegram-канале записей сообщества, сформированных в сети ВКонтакте.....	93
<i>Калинин Н. А., Архипова А. И., Тулегенов Г. М., Бабинцев А. Б., Лимонников А. И., Архипов И. О.</i> Внедрение технологий взаимодействия между микросервисами и внешними клиентами при проектировании информационных систем.....	97
<i>Жуков В. И.</i> Концептуальная модель системы поддержки принятия решений по управлению цифровой витриной продаж.....	102
<i>Кожевников В. В.</i> Необходимость введения функции распознавания библиографической записи в процесс каталогизации.....	106
<i>Захарычев М. Ю., Вологдин С. В.</i> Оптимизация запасов комплектующих для обеспечения работоспособности установок глубинных насосов в условиях аренды нефтегазопромыслового оборудования: обзор исследований.....	111
<i>Назарук Е. С., Козлов С. В.</i> Анализ изображений медицинских данных электрокардиограмм методами компьютерного зрения.....	116
<i>Калинин Н. А., Архипова А. И., Тулегенов Г. М., Бабинцев А. Б., Лимонников А. И., Архипов И. О.</i> Интеллектуальный мониторинг состояния здоровья на основе показателей умных часов .....	123
<i>Новожилков К. А., Мухаметдинова С. Г.</i> Использование нейросетей для геостатистического моделирования распространения коллектора в межскважинном пространстве.....	128
<i>Салтыков П. В., Мокроусов М. Н.</i> Универсальная модель оперативно-календарного планирования производства в ERP-системе “Omega Production”.....	131
<i>Селин К. В., Смирнов С. В.</i> Преимущества использования Active Directory для безопасности в вузе .....	136
<i>Сутягина В. А.</i> Веб-сайт как средство презентации музеев .....	139
<i>Трефилов Я. Д., Архипов И. О.</i> Выбор технологии поиска человека на изображении для мониторинга присутствия работника на рабочем месте.....	143

<i>Старков Н. А., Тарутин А. В.</i> Формирование требований к автоматизированной системе тестирования динамического интерфейса low-code платформы .....	146
<i>Вологдин С. В., Шамшурин М. А.</i> Разработке игрового проекта на платформе Android .....	150
<i>Благодатский Г. А., Борисов В. Н., Великий С. И., Горохов М. М.</i> Опыт применения модели Захмана при проектировании информационных систем промышленных предприятий .....	154
<i>Филиппов Д. И.</i> Обзор систем мониторинга бизнес-процессов.....	158
<i>Катянов Е. И.</i> Управление производственной системой на основе минимального и максимального производственных планов .....	162
<i>Воробьев М. С., Вахрушева Е. Н.</i> Оптимизация выпуска продукции и прогнозирование объемов реализации продукции машиностроительного предприятия в условиях неопределенности спроса: обзор исследований .....	169
<i>Барсуков В. Н., Великий С. И., Горохов М. М., Корепанов А. В.</i> Факторы развития систем управления предприятием в России .....	175
<i>Лугачев П. П., Шулакова Е. В.</i> Комплекс сетей причинно-следственных связей факторов, деревьев или сетей решений, сетей целей как основа стратегического плана .....	178
<i>Лугачев П. П., Абашева О. В., Шулакова Е. В.</i> Методика и алгоритмы принятия решений и планирования, реализуемые на языках высокого уровня, внутренних языках управленческих ИС и табличных процессорах .....	185
<i>Черных А. К., Владыкин М. И., Коротков А. С., Малькин А. С., Черенков Ю. Н., Бояришинов М. А.</i> Анализ процесса преобразования речевых сигналов в текстовый формат .....	190
<i>Кулаков К. А.</i> Анализ разговорных тем для активных пользователей Twitch-каналов .....	195
<i>Овсейко Е. О.</i> Обзор подходов к распознаванию именованных сущностей.....	200
<i>Писаревский В. А.</i> Обзор архитектур мобильных приложений.....	209
<i>Мокрецова А. С.</i> О важности автоматизации процесса составления и учета индивидуальных планов работы.....	216
<i>Петухов К. Ю.</i> Некоторая статистика 61-й редакции списка топ-500 наиболее производительных супер-ЭВМ мира.....	220

## **Раздел 2. Информационно-измерительные и управляющие системы**

<i>Молин С. М.</i> Информационно-измерительные системы в задачах создания цифровых двойников.....	226
<i>Вдовин А. Ю., Подшивалова Е. А.</i> Разработка приложения для упрощенного моделирования дробового снопа на заданной дальности .....	233
<i>Исупов М. А., Егоров С. Ф., Шелковников Е. Ю.</i> Оптическая система измерения параметров сверхзвуковых объектов .....	237
<i>Вольхин А. К., Хворенков В. В.</i> Улучшение приемного устройства с помощью полосового фильтра.....	241
<i>Немцов В. М., Колясев В. А., Копытов А. Г.</i> Опыт применения ПЛИС при разработке автономной измерительной аппаратуры .....	248
<i>Мингалева В. Р., Вдовин А. Ю.</i> Размещение инфракрасных датчиков HC-SR501 при создании системы для контроля отсутствия посторонних на стрелковых трассах.....	253
<i>Мищенко И. А., Тарутин А. В.</i> Увеличение протяженности линии передачи данных в сети Modbus RTU за счет PLC и FOCL технологий.....	258
<i>Галимов В. В., Гитлин В. Б.</i> Постановка лабораторных работ на тему «Исследование влияния размера выборки, ширины окна и стандартного отклонения на результат восстановления плотности вероятности при применении метода парзенковского окна» .....	262
<i>Черных А. К., Калинин А. А., Булатова Е. Г.</i> Использование информационных средств в курсовой работе по дисциплине «Теоретические основы электротехники» .....	266
<i>Карелин А. А., Семенов Е. А., Вдовин А. Ю., Зыкин А. А., Хатбуллин Р. А.</i> Разработка приложения для управления программируемыми приборами с помощью SCPI-команд .....	274
<i>Дедков А. Е., Андриков Д. А.</i> Обзор методов преобразования, извлечения и классификации данных ЭЭГ для идентификации когнитивных процессов .....	278
<i>Садыков Р. Р., Ясовеев В. Х., Сафинов Ш. С.</i> Актуальность применения шариковых расходомеров в нефтегазовой отрасли .....	282
<i>Лифантьев Д. В.</i> Система определения местоположения ведущего на основе триангуляции с использованием ультразвуковых сенсоров .....	288

<i>Пономарев И. С., Клишин С. В.</i> Исследование процесса измерения параметров ненапыленного резонатора твердотельного волнового гироскопа .....	292
<i>Рейхерт В. С.</i> Разработка расчетного модуля гидравлических показателей для интеллектуальной системы по реконструкции промливневого трубопровода .....	299
<i>Журавлев А. О.</i> О развитии преобразования сигналов в системах диагностики вращающихся деталей машин.....	303
<i>Миронов А. А., Глушков В. А.</i> Разработка модели объекта управления системы автоматического теплообмена в аппарате воздушного охлаждения масла в среде TRACE MODE .....	306
<i>Земсков К. В., Сидорина В. А.</i> Использование концепции интернет вещей для разработки схемы управления комплексом культивирования растений .....	313
<i>Курдесова А. Д., Турыгин А. Б.</i> Особенности определения погрешности измерений величин, выраженных через логарифм .....	317
<i>Поторочина Н. А., Глушков В. А.</i> Увеличение надежности наноспутника за счет резервирования отдельных блоков .....	321
<i>Фоминых Ю. А., Глушков В. А.</i> Калькулятор для ориентировочного расчета надежности электронной аппаратуры.....	325
<i>Юдина А. Д., Глушков В. А.</i> Определение параметров и компьютерное моделирование низкой околоземной орбиты исследовательского наноспутника .....	330
<i>Качёлкин М. Р., Качёлкина Л. Д., Корнилов И. Г.</i> Разработка системы распознавания и подсчета свободных парковочных мест.....	336
<i>Качёлкина Л. Д., Качёлкин М. Р., Корнилов И. Г.</i> Разработка интеллектуальной системы распознавания номера автомобиля .....	344

### **Раздел 3. Цифровые образовательные технологии**

<i>Соломатина С. Ю., Пономаренко Е. П.</i> Информационные образовательные технологии иноязычного обучения в техническом вузе в условиях изоляции России.....	351
<i>Маякина М. А., Соболева А. В., Певнева И. В.</i> Организация межкультурной коммуникации при реализации международных проектов в цифровой среде .....	356
<i>Гусаров Р. В., Смирнова Т. В.</i> Системы RSI в синхронном переводе.....	360
<i>Мамаева Е. А.</i> Использование дистанционных образовательных технологий в обучении 3D-моделированию педагогов .....	367
<i>Волменских Е. В., Хамуда А. В.</i> Использование СДО Moodle при выполнении заданий по курсу «Профессиональный перевод» для студентов института «Информатика и вычислительная техника» .....	370
<i>Крючкова Е. А.</i> Использование сервиса Quizlet как средства реализации практико-ориентированных заданий в школьном курсе информатики .....	374
<i>Пузенцова А. А.</i> Использование онлайн-ресурсов для организации занимательности в пропедевтическом курсе информатики .....	379

### **Раздел 4. Информационная безопасность**

<i>Железкова А. Л., Старкова М. Д., Стукалина Е. Ф.</i> Защита персональных данных по новому с 2022 года .....	385
<i>Иванов В. А., Коньшев М. Ю., Иванов И. В., Акимов Э. М.</i> Обнаружение атак и несанкционированных вторжений в инфокоммуникационные системы посредством выявления аномалий в сетевом трафике обмена информацией.....	390
<i>Харитонов А. Л.</i> Риски применения современных технологий искусственного интеллекта с точки зрения безопасности информации .....	395
<i>Абдразаков Д. Р.</i> Актуальность современных способов защиты речевой информации от утечки по акустическим каналам .....	405
<i>Вдовина Ю. А., Ардашев Д. В.</i> Применение нейронной сети для защиты электронной почты от нежелательных сообщений .....	408
<i>Хайруллин И. У., Сабиров И. И.</i> Актуальность информационной безопасности в медицинских учреждениях» .....	414
<i>Филиппова В. А., Корелов К. А.</i> Создание технического задания и технического проекта при проектировании системы безопасности объектов критической информационной инфраструктуры .....	419
<i>Захаров Д. Н.</i> Сравнительный анализ DLP-систем на российском рынке .....	424

<i>Загорская Л. О., Ющак М. В.</i> Обзор атак «отказ в обслуживании» в сети организаций.....	428
<i>Воробьев В. Ю.</i> Разработка правил корреляции для SIEM системы IBM QRadar.....	433
<i>Заболотнюк Е. В., Горохова В. Ф.</i> Методика реагирования на кибератаки с использованием матрицы MITRE ATT&CK.....	439
<i>Новиков Д. С.</i> Анализ интегрированных средств защиты EDR решений на базе open source продуктов.....	444
<i>Андреев И. И.</i> Атаки на криптосистемы.....	448
<i>Ворожбит А. В.</i> Оценка эффективности системы защиты информации.....	453
<i>Кропачев С. К., Фарахутдинов Р. Э.</i> «Защита информации в клиент-серверных мобильных приложениях».....	457
<i>Акимцев А. А.</i> Особенности организации информационной безопасности удаленных рабочих мест.....	462
<i>Колесникова Ю. Д.</i> Методика исследования вредоносного программного обеспечения.....	465
<i>Мальцев Е. С.</i> Оценка уязвимости систем от побочных излучений и наводок.....	469
<i>Топоркова К. А.</i> Роль документации в аудите безопасности персональных данных.....	473
<i>Юсупов Б. З., Мартынов А. М., Шарипов Р. Р.</i> Методика проведения лабораторных работ на стенде «ОПС Астра-812рго» по дисциплине «Технические средства охраны».....	476
<i>Модлей К. С., Стукалина Е. Ф.</i> Анализ соответствия защиты персональных данных в ФГБОУ ВО «ИжГТУ имени М. Т. Калашникова» требованиям текущего законодательства.....	480

## **МОЛОДЕЖНЫЙ НАУЧНЫЙ ФОРУМ**

<i>Tereshchenko V. I., Vologdin V. S.</i> Applying machine learning methods to image recognition.....	484
<i>Votina E. A.</i> Storytelling for the development of English language communication skills.....	490
<i>Hisatov N. I., Al Akkad M. A.</i> A* search algorithm heuristic in decision-making graphs.....	495
<i>Chushialov A. P., Al Akkad M. A.</i> An Overview of Recent Planning Methods Used in Autonomous Vehicles.....	501
<i>Buldakov D. V., Al Akkad M. A.</i> An Overview of Attendance Monitoring Methods Exploiting Artificial Intelligence and the Internet of Things.....	505
<i>Abdellatif E. M., Hamouda A. M., Al Akkad M. A.</i> An Overview of Object Recognition Methods for Robotic Grasping Tasks.....	510
<i>Sufiyanov V. G., Klyukin D. A.</i> Simulating the barrel vibrations of an automatic gun when firing a burst at an air stationary target.....	515
<i>Morozov A. A., Muraviev V. V.</i> Acoustic emission of 09G2S low-alloy pipe steel samples containing a welded seam (Planning of the experiment).....	520
<i>Popov M. O., Senilov M. A.</i> Modern Principles of Unmanned Aerial Vehicles' Control Design: A Review.....	525
<i>Churin I. V., Brychkina M. S.</i> Using Reinforcement Learning in the SimsRL Game Environment to Create Artificial General Intelligence.....	529
<i>Ivanova D. V., Konysheva M. A., Somova K. D.</i> Identification of an online course algorithm for learning a programming language based on public educational platforms.....	533
<i>Konovalchik P. O., Somova K. D.</i> Anglicisms in the Russian IT industry and their usage by IT students.....	539
<i>Maltsev I. A., Tarasova A. N.</i> The use of information technology in teaching foreign languages in a technical university.....	545
<i>Pavlova Y. Y., Firsova S. P.</i> Cultural mediation as a negotiable competence of the teaching staff of the university.....	549
<i>Popova A. A., Somova K. D.</i> Benefits of learning a foreign language through songs at technical university.....	553
<i>Tarasova A. S., Tarasova A. N.</i> Different perspectives on digital literacy model.....	557

Раздел 1  
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

УДК 510.563.3  
ГРНТИ 27.03.45

Ю. М. Сметанин, кандидат физико-математических наук, доцент  
Кафедра «Математический анализ»  
Удмуртский государственный университет, г. Ижевск

**Логико-семантические модели в универсальной силлогистике**

*Рассмотрены модели, описывающие логические отношения между терминами предметной области в виде формул силлогистики  $L_{S2}$ . Область интерпретации формул – модельные схемы в форме дискретных диаграмм Венна. Разработан алгоритм для вычисления семантического значения формул и проверки логического следования в семантическом смысле. Это позволяет строить и рассчитывать логико-семантические модели предметной области. Приводятся примеры решения прикладных задач.*

**Ключевые слова:** силлогистика; логико-семантические модели; приложения логики.

Рассмотрим множество  $U^0(n) = \{0, 1, \dots, 2^n - 1\}$  и все его подмножества, которые будем интерпретировать как  $n$ -парные логические отношения между фиксированными модельными множествами  $X_i^0 \subset U^0(n)$ . Диаграмма на рис. 1 задает 4-арное логическое отношение  $U^0(4)$ , которое выражает логическую независимость модельных множеств. Элементы множеств будем интерпретировать как номера конституент, составленных из модельных множеств  $X_i^0 \subset U^0(n)$  (1). Все подмножества  $U^0(n)$  будем называть конституентными. Все возможные отношения получаются из отношения независимости путем объявления некоторых конституент пустыми и удаления их номеров из  $U^0(n)$ .

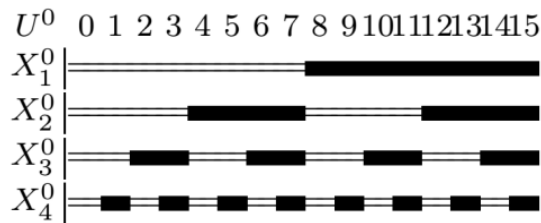


Рис. 1. Универсум и модельные множества для  $n = 4$

$$\begin{aligned}
 U(3) = \{0, 1, 2, 3, 4, 6\} &= K(0) + K(1) + K(2) + K(3) + K(4) + K(6) = \\
 &= \underbrace{X_1^{0'} \cdot X_2^{0'} \cdot X_3^{0'}}_0 + \underbrace{X_1^{0'} \cdot X_2^{0'} \cdot X_3^0}_1 + \underbrace{X_1^{0'} \cdot X_2^0 \cdot X_3^{0'}}_2 + \underbrace{X_1^{0'} \cdot X_2^0 \cdot X_3^0}_3 + \\
 &= \underbrace{X_1^0 \cdot X_2^{0'} \cdot X_3^{0'}}_4 + \underbrace{X_1^0 \cdot X_2^0 \cdot X_3^{0'}}_6 = X_1^{0'} + X_1^0 \cdot X_3^{0'}; X_i^{0'} = U^0(n) \setminus X_i^0 \\
 &K(5) + K(7) = \emptyset.
 \end{aligned} \tag{1}$$

Логические отношения двух модельных множеств на фоне универсума изображены на рис. 2, их уместно назвать Жергонновыми.<sup>1</sup>

© Сметанин Ю. М., 2023

<sup>1</sup>Жергонн ввел в рассмотрение 5 отношений –  $G_9, G_{11}, G_{13}, G_{14}, G_{15}$ .



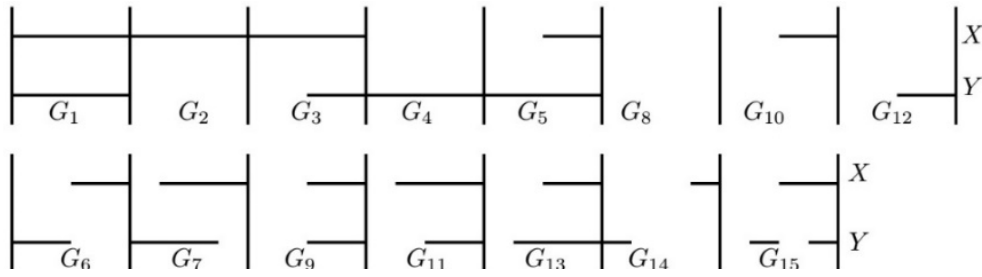


Рис. 2. Полный набор из 15 бинарных модельных схем

Традиционные диаграммы Венна могут быть просто преобразованы в дискретные диаграммы (А-онтологии). Схему преобразования поясняет рис. 3. Из него следует цепочка равенств (1). Из них следует, что универсум А-онтологии может определяться не только объединением всех ее непустых конститuent, но и любой равносильной ей формулой в Булевой алгебре множеств.

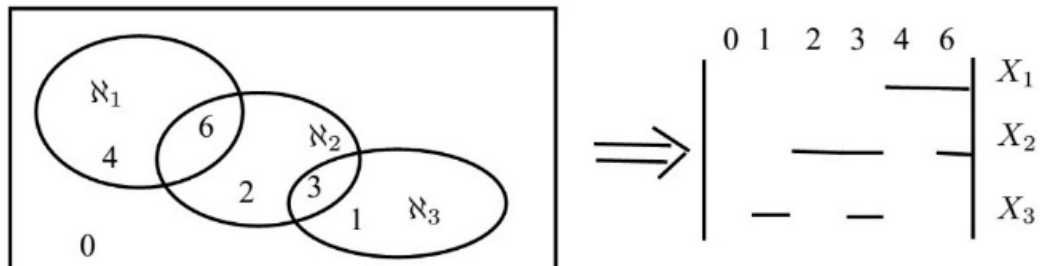


Рис. 3. Дискретизация диаграммы Венна

Пусть  $U(n) \subset U^0(n)$ ,  $U(n) \neq \emptyset$  и  $U(n) = F(\tilde{X}_n^0)$ , где  $F(\tilde{X}_n^0)$  – правильно построенная формула алгебры множеств. Рассмотрим алгебраическую систему (2)

$$A = \langle U(n), \{+, \cdot, '\}, \{\subset, =\} \rangle. \quad (2)$$

В силу того, что применяются только операции пересечения, объединения и дополнения до универсума, имеет место импликация (3) с цепочкой равенств в antecedенте:

$$U(n) = F(\tilde{X}_n^0) = U(n) \cdot F(\tilde{X}_n^0) = F(U(n) \cdot \tilde{X}_n^0) = F(\tilde{X}_n) = U(n) \Rightarrow F(\tilde{X}_n) = F(\tilde{X}_n^0). \quad (3)$$

Если зафиксировать порядок модельных множеств, без потери общности можно считать, что они упорядочены в порядке их нумерации. Тогда кортеж (4) представляет дискретную диаграмму Венна и алгебраическую систему (3)

$$A = \langle U(n), X_1, X_2, \dots, X_n \rangle, \quad X_i = X_i^0 \cdot U(n). \quad (4)$$

Для выявления и верификации логического следования в семантическом смысле построена универсальная силлогистика  $L_{S_2}$ , правильно построенные формулы (ППФ) которой принимают значения в виде одного либо семейства конечных конститuentных множеств. Атомарные суждения  $L_{S_2}$  есть категорические утверждения (5)

$$NOB_S = \langle A(X, Y), Eq(X, Y), IO(X, Y), X \subset U, X = U \rangle, \quad (5)$$

Вместо  $X$  и  $Y$  можно подставить любые ППФ  $F_1(\tilde{X}_n)$ ,  $F_2(\tilde{X}_n)$  булевой алгебры множеств. Равносильности (6) выражают семантику трех первых атомарных суждений:

$$\begin{aligned} A(X, Y) &\equiv (X \subset Y) \cdot (X \subset U) \cdot (X' \subset U) \cdot (Y \subset U) \cdot (Y' \subset U), \\ Eq(X, Y) &\equiv (X = Y) \cdot (X \subset U) \cdot (X' \subset U) \cdot (Y \subset U) \cdot (Y' \subset U), \\ IO(X, Y) &\equiv (X \cdot Y \neq \emptyset) \cdot (X \cdot Y' \neq \emptyset) \cdot (X' \cdot Y \neq \emptyset) \cdot (X' \cdot Y' \neq \emptyset). \end{aligned} \quad (6)$$

Здесь точкой, знаком + и штрихом обозначены булевы операции (**и**, **или**, **не**), также операции пересечения, объединения и дополнения до универсума применительно к суждениям об отношениях множеств и операций над ними. К суждениям применяются логические операции.

На русском языке первое суждение(6) выражается как «Все элементы множества  $X$  являются элементами  $Y$ , но не наоборот». С точки зрения логического следования  $A(X, Y)$  равносильно утверждению  $\forall e \in U [(e \in X) \models (e \in Y)] [(e \in Y) \not\models (e \in X)]$  для непустых и не-универсальных множеств.  $Eq(X, Y)$  равносильно утверждению о совпадении непустых и не-универсальных множеств  $X$  и  $Y$ , при этом  $\forall e \in U [(e \in X) \models (e \in Y)] [(e \in Y) \models (e \in X)]$ .

$IO(X, Y) \equiv (X \cdot Y \neq \emptyset) \cdot (X \cdot Y' \neq \emptyset) \cdot (X' \cdot Y \neq \emptyset) \cdot (X' \cdot Y' \neq \emptyset)$  выражается на русском языке словами « $X$  и  $Y$  – независимые термины (множества)». Это означает, что между ними и их дополнениями нет отношений равенства и включения.

В  $L_{S_2}$  указан алгоритм установления логического следования между ее правильно построенными (ППФ). Построено исчисление конституентных множеств для модификации дискретных диаграмм.

**М**-алгоритм вычисления семантического значения конъюнктивных формул  $L_{S_2}$  основан на равносильных по смыслу суждения (7), (8)

$$A(X, Y) \equiv X \cdot Y' = \emptyset \equiv X' + Y = U ; \quad (7)$$

$$Eq(X, Y) \equiv X \cdot Y' + X' \cdot Y = \emptyset \equiv (X' + Y) \cdot (X + Y') = U . \quad (8)$$

**М**-алгоритм также вычисляет множество всех решений уравнения  $F(x_1, x_2, \dots, x_n) = 1$ , где  $F(X_1, X_2, \dots, X_n) = U$  – суждение  $NOB_S$ . Булевы переменные  $x_1, x_2, \dots, x_n$  при этом являются характеристическими функциями модельных множеств  $X_1, X_2, \dots, X_n$

$$\forall e \in U (x_i(e) = \begin{cases} 1, & e \in X_i \\ 0, & e \notin X_i \end{cases} . \text{ Введено понятие } \textit{закона, противоречия и выполнимой формулы} .$$

Определено непарадоксальное логическое следование между формулами [1].

### **Определение**

Непарадоксальным логическим следованием в семантическом смысле  $\models_N$  в логике  $L_{S_2}$  называется отношение между высказываниями в виде выполнимых формул  $G$  и  $B$ , отображающее тот факт, что в силу их логической структуры нельзя приписать высказыванию  $G$  значение **выполнено**, не будучи вынужденным приписать значение **выполнено**  $B$ .

Выполнимость означает выполнение всех логических отношений, задаваемых формулами при их интерпретации в модельной схеме посредством **М**-алгоритма.

В универсальной силлогистике можно для любой модельной схемы (4) можно построить ППФ, семантическим значением которой данная схема является. Для любых ППФ  $B$  и  $G$  можно проверить существует ли между ними логическое следование в семантическом смысле.

Предлагаемый подход проиллюстрирован разнообразными приложениями, в частности возможностью построения логики соответствий как альтернативе логике предикатов [1–4].

Логическое содержание модельной схемы можно выразить различными конъюнктивными формулами, наиболее простая из них есть равенство объединения непустых конституент универсуму. Непустые конституенты образуют **единицу (М)** этой формулы, которая представлена множеством их номеров. Номера пустых конституент образуют так называемый **нуль (N)** формулы. Например, из соотношения (1) следует, что  $M(X_1^{0'} + X_1^0 \cdot X_3^{0'} = U) = \{0, 1, 2, 3, 4, 6\}$  при этом  $N(X_1^{0'} + X_1^0 \cdot X_3^{0'} = U) = \{5, 7\}$ ;  $M + N = U^0$ .

Дополнение  $N$  относительно  $U^0$  есть  $M$ . Поэтому второй способ выражения единицы есть

$$\begin{aligned} M = N' = \{5, 7\}' &= [K(5) + K(7)]' = [X_1 \cdot X_2' \cdot X_3 + X_1 \cdot X_2 \cdot X_3]' = \\ &= (X_1' + X_2 + X_3') \cdot (X_1' \cdot X_2' \cdot X_3'); X_i = M \cdot X_i^0. \end{aligned}$$

Имеет место **Теорема** [1].

Логическое следование  $\models_N$  между конъюнктивными формулами  $F_1$  и  $F_2$  имеет место, если их единицы находятся в отношении  $M(F_1) \subseteq M(F_2)$ . При этом строгое включение выполняется только тогда, когда  $(F_1 \models_N F_2) \cdot (F_2) \neq F_1$ .

В работах [1–3] обоснована возможность использования универсальной силлогистики для автоформализации знаний на основе логико-семантического описания предметной области. Показано, как с использованием  $M$ -алгоритма вычисления семантического значения формул можно вычислять следствия из системы посылок.

В качестве примера решена известная задача о паровом катке, предложенная в свое время для испытания метода резолюций [5]. Построен распараллеленный алгоритм вычисления всех выполняющих подстановок для решения логических уравнений [2, 6]. Построена логико-семантическая модель для решения задач распознавания и расчета рисков [7]. Предложен **новый** алгоритм решения задачи SAT [8], основанный на операциях дополнения и пересечения конституентных множеств, обладающий значительно более высоким уровнем параллелизма, чем семейство алгоритмов, основанных на DPLL, и CDCL. Существенное различие выражается в замене булевых переменных множествами. Это позволяет эффективно проверить выполнимость не одного, а одновременно многих наборов значений логических переменных  $x_1, x_2, \dots, x_n$ . Предложена автоматизированная методика для поддержки и верификации выводов в процессе информационно-аналитической работы [7, 9].

Предложена автоматизированная методика построения и проверки непротиворечивости таблиц решений и их представления в компьютере в форме, пригодной для синтеза программы их реализации в  $L_{S_2}$ . В частности, это позволило проанализировать и уточнить систему правильных модусов Аристотеля [10]. Оказалось, что среди 19 правильных имеются 6 дублирующих, остальные удалось выразить в форме таблиц-решений, использующих односмысловые категорические суждения  $L_{S_2}$ . Решена задача построения дискретного вероятностного пространства с неравновероятными элементарными событиями по его логическому описанию и разработана автоматизированная методика расчета вероятностей случайных событий [11, 12].

### Список используемых источников и литературы

1. *Сметанин, Ю. М.* Верификация логического следования в неклассической многозначной логике // Известия Института математики и информатики УдГУ. – 2017. – Т. 50. – С. 62–82.
2. *Сметанин, Ю. М.* Верификация логического следования с использованием исчисления конституентных множеств и соответствий Галуа // Программные системы: теория и приложения. – 2017. – 8: 2(33). – С. 69–93.
3. *Сметанин, Ю. М.* Многозначная пропозициональная логика с непарадоксальным логическим следованием // Девятые Смирновские чтения по логике : материалы Междунар. науч., Москва 17–19 июня 2015 г. – Москва : Современные тетради, 2015. – С. 36–39.
4. *Smetanin, Iu.* Syllogistical system on the basis of the propositional multivalued logic: Proceedings of the 2015 International Conference “Stability and Control Processes” in Memory of V.I. Zubov (SCP) // Publisher IEEE, 2015. – Pp. 648, 596–599.
5. Интеллектуальное управление динамическими системами / С. Н. Васильев [и др.]. – Москва : Физико-математическая литература, 2000. – 352 с. – ISBN 5-9221-0050-5
6. *Сметанин, Ю. М.* Непарадоксальное логическое следование и проблема решения МЛ-уравнений // Программные системы: теория и приложения. – 2016. – 7: 1(28). – С. 99–115.

7. Сметанин, Ю. М. Логико-семантическая модель для решения задач распознавания и расчета рисков / Ю. М. Сметанин, Л. П. Сметанина // Вестник Удмуртского университета. Сер. Биология. Науки о Земле. – 2017. – Т. 27, вып. 2. – С. 131–141.
8. Сметанин, Ю. М. Фронтальный алгоритм решения SAT задачи // Программные системы: теория и приложения. – 2022. – Т. 13, № 4. – С. 163–179.
9. Сметанин, Ю. М. Логические аспекты информационно-аналитической работы (как сложить мозаику) / Ю. М. Сметанин, Л. П. Сметанина // Современные проблемы профессионального образования: опыт и пути решения : материалы Пятой Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием, приурочен. к 90-летию Иркутск. нац. исследоват. техн. ун-та и к 45-летию Иркутск. гос. ун-та путей сообщения. – Иркутск : Изд-во ИргУПС, 2020. – С. 517–521.
10. Сметанин, Ю. М. Исследование и уточнение правильных модусов в силлогистике L[S2] // Одиннадцатые Смирновские чтения по логике : материалы Междунар. науч. конф., 19-21 июня 2019 г., – Москва : Современные тетради, 2019. – С. 47–49.
11. Сметанин, Ю. М. Вероятностная интерпретация логических задач на примере задач П. С. Порецкого // Наука как общественное благо : сб. науч. ст. Второго Междунар. конгресса русского общества истории и философии науки : в 7 т. / Санкт-Петербургск. гос. ун-т. – Москва : Изд-во РОИФН, 2020. – Т. 4. – С. 191–196.
12. Сметанин, Ю. М. Методика расчета вероятностей в дискретном вероятностном пространстве, образованном конечным числом случайных событий / Ю. М. Сметанин, Л. П. Сметанина // Теория управления и математическое моделирование : материалы Всерос. конф. с междунар. участием “Теория управления и математическое моделирование”, посвящ. памяти проф. Н. В. Азбелева и проф. Е. Л. Тонкова, Ижевск, Россия 15–19 июня 2020 г. – Ижевск : Удмуртский университет, 2020. – С. 342–344.

*Iu. M. Smetanin*, PhD (Physics and Mathematics)  
Department of Mathematical Analysis  
Udmurt State University, Izhevsk

### **Logical-semantic models in universal syllogistics**

*The models describing the logical relations between the terms of the subject area in the form of LS2 syllogistic formulas are considered. The field of interpretation of formulas is model schemes in the form of discrete Venn diagrams, which are defined by sets of non-negative integers. Algorithms have been developed for calculating the semantic meaning of formulas and checking the logical following in the semantic sense. This allows you to build and calculate logical and semantic models of the subject area. Examples of solving applied problems are given.*

**Keywords:** syllogistics; logical-semantic models; applications of logic.

*Научное издание*

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В НАУКЕ, ПРОМЫШЛЕННОСТИ И ОБРАЗОВАНИИ.  
МОЛОДЕЖНЫЙ НАУЧНЫЙ ФОРУМ

Сборник трудов Всероссийской научно-технической конференции  
(Ижевск, 25–26 мая 2023 г.)

Адрес в информационно-телекоммуникационной сети  
<http://itnpo.istu.ru/>

Дата размещения на сайте: 13.11.2023

*В редакции авторов*

Технический редактор *С. В. Логинова*  
Корректор *Н. К. Швиндт*  
Верстка *С. В. Петуховой*  
Подготовка обложки *Б. В. Бусоргина*

Подписано к использованию 10.11.2023. Уч.-изд. л. 34,56. Объем 34,5 МБ. Заказ № 186

Издательство управления информационных ресурсов  
Ижевского государственного технического университета имени М. Т. Калашникова  
426069, Ижевск, Студенческая, 7