Национальный исследовательский
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ДРУЖБЫ НАРОДОВ
ИНСТИТУТ ПРОБЛЕМ УПРАВЛЕНИЯ
им. В.А. ТРАПЕЗНИКОВА РАН

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ (ИТММ-2018)

МАТЕРИАЛЫ
XVII Международной конференции
имени А. Ф. Терпугова
10–15 сентября 2018 г.

ТОМСК
«Издательство НТЛ»
2018

УДК 519
ББК 22.17
И74

И74 Информационные технологии и математическое моделирование (ИТММ-2018): Материалы XVII Международной конференции имени А.Ф. Терпугова (10–15 сентября 2018 г.). – Томск: Изд-во НТЛ, 2018. – 442 с.

ISBN 978-5-89503-621-1

Сборник содержит материалы докладов, в которых отражены основные направления XVII Международной конференции имени А.Ф. Терпугова: прикладной вероятностный анализ, теория массового обслуживания и теория телетрафика, интеллектуальный анализ данных, информационные технологии и математическое моделирование.

Для специалистов в области информационных технологий и математического моделирования.

УДК 519
ББК 22.17

Р е д к о л л е г и я :

С.П. Моисеева, доктор физико-математических наук, доцент,
А.А. Назаров, доктор технических наук, профессор.

Конференция проводится при поддержке
Российского фонда фундаментальных исследований
(*проект № 18-07-20048-г*)

ISBN 978-5-89503-621-1

© Авторы. Текст, 2018
© Оформление. Дизайн.
ООО «Издательство НТЛ», 2018

Вербализация структурного компонента ERM-схем

А.М. Бабанов

Томский государственный университет, г. Томск, Россия

При создании информационных систем (ИС) возникает проблема общения экспертов со стороны заказчика с разработчиками. В том числе для решения и этой проблемы создаются высокоуровневые, ориентированные на человека модели и языки представления аналитической информации. Одни (эксперты) передают на таком языке сведения о своих бизнес-процессах, другие (разработчики) осуществляют адекватное формальное их описание, необходимое для последующих шагов реализации ИС. Помимо использования общепринятого понятийного базиса и общеупотребительной лексики, а также наглядных, преимущественно графических форм для представления семантики предметной области (ПрО) часто дополнительно прибегают к такому средству, как псевдоестественный язык.

При построении систем баз данных (БД) его можно применять как для первоначального представления семантики явлений ПрО при проектировании схемы БД, так и для контрольного словесного описания построенной схемы – ее вербализации. Первый подход можно использовать при автоматизированном проектировании схем БД, основанном на трансляции описаний на псевдоестественном языке в команды СУБД. Автору не известны реализации этого подхода. А вот проблемой вербализации схем занимались многие исследователи, однако широко известны только два подхода [1–3].

ER-схема в нотации Баркера [1] – это граф, вершины которого представляют множества сущностей, а ребра – бинарные множества связей. Общепринятым стандартом для именования множеств сущностей является использование слова или короткой фразы, содержащей существительное в единственном числе. При создании множества связей (ребра графа) указывается имя роли «откуда» («from») для начальной вершины и имя роли «куда» («to») для конечной вершины.

Нужно четко представлять себе правила чтения таких диаграмм. Традиционная схема чтения использует следующий шаблон: «Каждый A {может | должен} <имя роли A> {один и только один | один или несколько} B», где A – имя множества сущностей на одном конце ребра, B – имя множества сущностей на другом конце ребра. В высказывании о схеме

выбирается подходящий компонент для каждой пары альтернатив, расположенных в фигурных скобках и разделенных вертикальной чертой. Например, «Каждый ПАЦИЕНТ может предоставить материал для одного или нескольких АНАЛИЗОВ» и «Каждый АНАЛИЗ должен быть произведен для одного и только одного ПАЦИЕНТА». Требуются два независимых предложения, чтобы полностью передать смысл связи. Высказывания полностью разъясняют мощность и необходимость связи.

К сожалению, подход Баркера предполагает только бинарные связи (других в его модели нет) и высказывания на английском языке. Это отмечает и Халпин:

«Подход Баркера слишком ограниченный, поскольку он предполагает только бинарные ассоциации. Напротив, подход ORM (модель Халпина «Объект – Роль») применяется для предикатов любой степени и охватывает к тому же больше видов ограничений как графически, так и в текстовом виде [3, с. 43].

«Как только мы принимаем, что при вербализации должны поддерживаться предикаты любой степени, из этого вытекает, что должна использоваться инфиксная нотация. Хотя можно использовать также префиксную или постфиксную нотацию, например PlayedFor (X, Y, Z), это было бы неестественно для нетехнических людей» [3, с. 41].

Для бинарных связей Халпин предлагает использовать шаблон, похожий на шаблон Баркера: «Each A {must | may} be R {one and only one B | one or more B-plural-form}». Например: «Each Moon must be an orbiter of one and only one Planet» и «Each Planet may be orbited by one or more Moons».

Для связей степени большей двух Халпин использует выражения типа:

«Given any Room and HourSlot that Room at that HourSlot is booked for at most one Course», «For each Course some Room at some HourSlot is booked for that Course», «Given any Person1, Person2 and Language Person1 judged Person2 to have at most one SkillLevel in that Language», «For each Building and RoomNr there is at most one Room that is in that Building and has that RoomNr».

В своей статье Халпин высказывает мысли по поводу выбора псевдоестественного языка для вербализации схем данных. «Для текстового языка описания структур данных и бизнес-правил наиболее существенными кажутся следующие факторы:

- выразительность языка означает способность представить широкий спектр понятий, их взаимосвязей и бизнес-правил;

- ясность позволяет сделать структуры и правила понятными нетехническим экспертам ПрО;

- гибкость языка поддерживает высказывания любой сложности;

- формальность предполагает, что правила недвусмысленны и в идеале должны быть реализуемы» [3, с. 40].

Подход к вербализации ERM-схем [4] упрощается тем, что модель имеет лингвистические корни. Отображение (основное базовое понятие модели), по сути, представляет собой предметную функцию логики, а последняя является универсальной семантической категорией естественного языка, с помощью которой можно выразить все значимые выражения языка, кроме предложений и единичных имен [5]. С использованием отображений утвердительные предложения приобретают функциональную форму с ярко выраженными подлежащим и сказуемым.

При синтезе псевдоестественного языка вербализации ERM-схем использованы следующие положения логики [5]:

- суждение – мысль, содержащая утверждение о наличии в действительности некоторого положения дел;

- высказывание – предложение, выражающее определенное суждение, т.е. выражающее мысль о наличии определенного положения дел;

- по характеру субъектов простые суждения делятся на единичные (все термины, играющие роль субъектов, – единичные имена) и множественные (по крайней мере, один из субъектов представляет класс предметов).

Поскольку элементами схемы являются понятия (типы), при вербализации они описываются множественными высказываниями, например: «объекты типа ВРАЧ играют роль КТО в отношениях типа НАПРАВЛЕНИЕ». В случае экземпляризации (демонстрации объектов понятий (знаков)) используют единичные высказывания, например: «ВРАЧ Иванов играет роль КТО в отношении типа НАПРАВЛЕНИЕ с номером 111».

Помимо уяснения информационных возможностей схемы с помощью вербализации эксперты и пользователи могут при этом высказать свои замечания и предложения по ее уточнению и приведению в соответствие с семантикой ПрО. Если исходная схема определена в терминах базовых, весьма абстрактных понятий, для удобства восприятия ее пользователями автоматически строится представление в традиционных «человеческих» структурных понятиях, таких, как «сущность», «связь» и «значение».

Для структурного компонента ERM-схем предлагаются следующие шаблоны вербализации, основанные непосредственно на элементах мета-схемы модели:

- объекты типа <имя множества сущностей> играют роль <имя роли> в отношениях типа <имя множества связей>;
- отношения типа <имя множества связей > образуют: объекты типа <имя множества сущностей> в роли <имя роли>, объекты типа <имя множества сущностей> в роли <имя роли>, …;
- объекты типа <имя множества сущностей> описываются значениями следующих характеристик: <имя атрибутного отображения>, <имя атрибутного отображения>, …;
- отношения типа <имя множества связей > описываются значениями следующих характеристик: <имя атрибутного отображения>, <имя атрибутного отображения>, …;
- специализацию объектов класса <имя множества сущностей> на основании значений характеристики <имя атрибутного отображения> образуют подклассы <имя множества сущностей>, <имя множества сущностей>, …;
- специализацию отношений класса <имя множества связей> на основании значений характеристики <имя атрибутного отображения> образуют подклассы <имя множества связей>, <имя множества связей>, …;
- специализацию объектов класса <имя множества сущностей> на основании наличия/отсутствия у них отношений типа <имя множества связей> образуют подклассы <имя множества сущностей>, <имя множества сущностей>;
- объект суперкласса <имя множества сущностей> принадлежит подклассу <имя множества сущностей> специализации, если у него есть значение характеристики <имя атрибутного отображения>, равное <значение>;
- отношение суперкласса <имя множества связей> принадлежит подклассу <имя множества связей> специализации, если у него есть значение характеристики <имя атрибутного отображения>, равное <значение>;
- объект суперкласса <имя множества сущностей> принадлежит подклассу <имя множества сущностей> специализации в случае наличия (отсутствия) у него отношений типа <имя множества связей>;
- категоризация объектов класса <имя множества сущностей> определена на классах <имя множества сущностей>, <имя множества сущностей>, …;

- категоризация отношений класса <имя множества связей> определена на классах <имя множества связей>, <имя множества связей>, ….

Для примера (рис. 1) можно привести следующие вербализующие схему высказывания:

- объекты типа ВРАЧ играют роль КТО в отношениях типа НАПРАВЛЕНИЕ;
- объекты типа ПАЦИЕНТ играют роль КОГО в отношениях типа НАПРАВЛЕНИЕ;
- объекты типа АНАЛИЗ играют роль НА ЧТО в отношениях типа НАПРАВЛЕНИЕ;
- объекты типа ПАЦИЕНТ играют роль ЧЕЙ в отношениях типа АНАЛИЗ ПАЦИЕНТА;

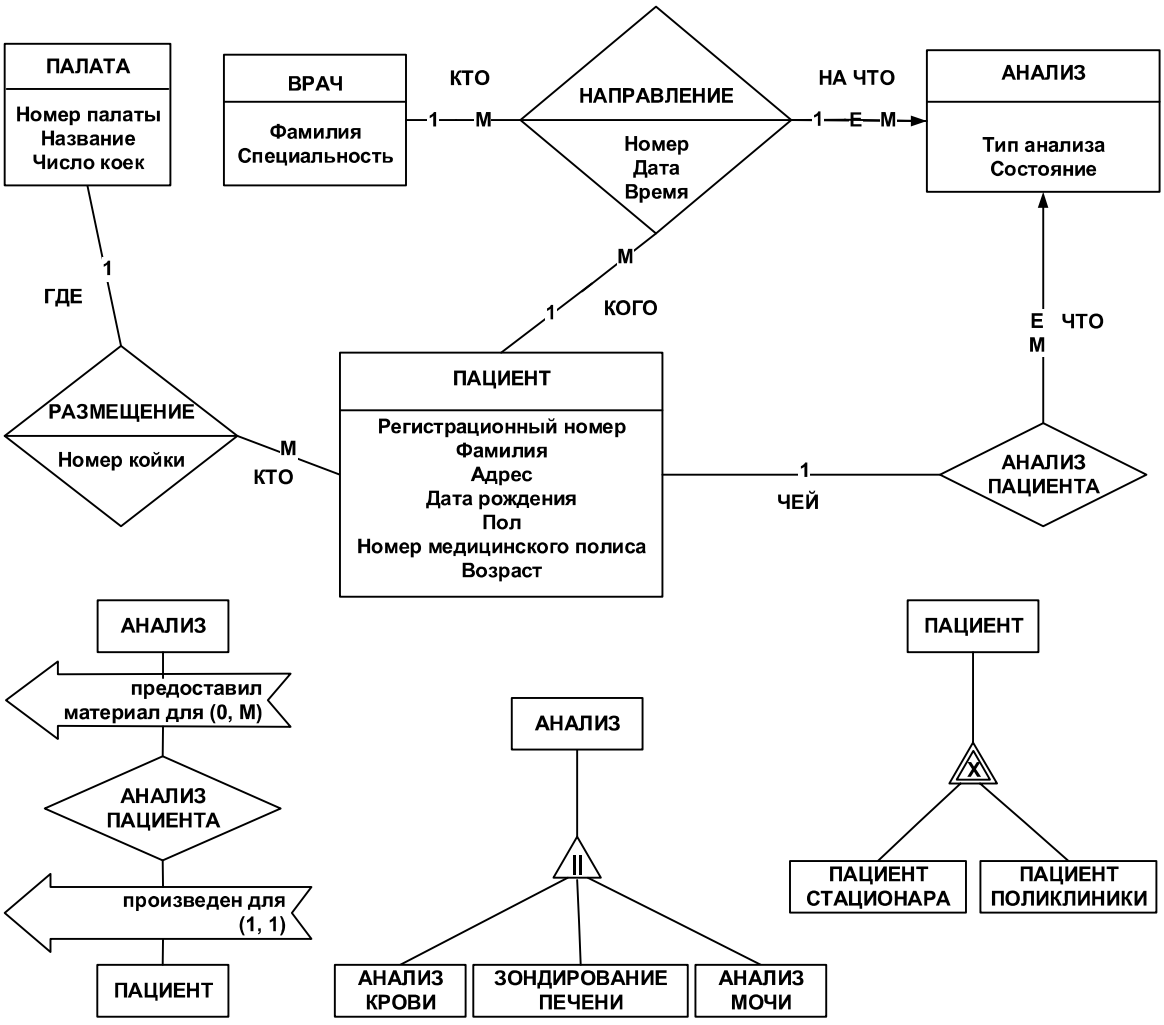

Рис. 1. Фрагменты ERM-схемы

- объекты типа АНАЛИЗ играют роль ЧТО в отношениях типа АНАЛИЗ ПАЦИЕНТА;

- отношения типа НАПРАВЛЕНИЕ образуют: объекты типа ВРАЧ в роли КТО, объекты типа ПАЦИЕНТ в роли КОГО, объекты типа АНАЛИЗ в роли НА ЧТО;

- объекты типа ПАЦИЕНТ описываются значениями следующих характеристик: Регистрационный номер, Фамилия, Адрес, Дата рождения, Пол, Номер медицинского полиса, Возраст;

- отношения типа НАПРАВЛЕНИЕ описываются значениями следующих характеристик: Номер, Дата, Время;

- специализацию объектов класса АНАЛИЗ на основании значений характеристики Тип анализа образуют подклассы АНАЛИЗ КРОВИ, ЗОНДИРОВАНИЕ ПЕЧЕНИ, АНАЛИЗ МОЧИ;

- специализацию объектов класса ПАЦИЕНТ на основании наличия/отсутствия у них отношений типа РАЗМЕЩЕНИЕ образуют подклассы ПАЦИЕНТ СТАЦИОНАРА, ПАЦИЕНТ ПОЛИКЛИНИКИ;

- объект суперкласса АНАЛИЗ принадлежит подклассу АНАЛИЗ КРОВИ специализации, если у него есть значение характеристики Тип анализа равное АНАЛИЗ КРОВИ;

- объект суперкласса АНАЛИЗ принадлежит подклассу ЗОНДИРОВАНИЕ ПЕЧЕНИ специализации, если у него есть значение характеристики Тип анализа равное ЗОНДИРОВАНИЕ ПЕЧЕНИ;

- объект суперкласса АНАЛИЗ принадлежит подклассу АНАЛИЗ МОЧИ специализации, если у него есть значение характеристики Тип анализа равное АНАЛИЗ МОЧИ;

- объект суперкласса ПАЦИЕНТ принадлежит подклассу ПАЦИЕНТ СТАЦИОНАРА специализации в случае наличия у него отношений типа РАЗМЕЩЕНИЕ;

- объект суперкласса ПАЦИЕНТ принадлежит подклассу ПАЦИЕНТ ПОЛИКЛИНИКИ специализации в случае отсутствия у него отношений типа РАЗМЕЩЕНИЕ.

Предлагаемые формы высказываний определяют основные понятия ПрО и их взаимосвязи, что позволяет эксперту оценить их корректность и адекватность моделируемому миру.

Представленный доклад затрагивает лишь первую часть решения задачи вербализации ERM-схем – описание структурного компонента схемы. На базе этих высказываний можно перейти к процессу вербализации ограничений целостности и формулировать бизнес-правила.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Barker R.* CASE Method: Entity Relationship Modelling. Addison-Wesley, 1990. 240 p.
2. *Halpin T. and Morgan T.* Information Modeling and Relational Databases. Second Edition. Morgan Kaufman, 2008. 943 p.
3. *Halpin T.* Business Rule Verbalization / Anatoly Doroshenko, Terry Halpin, Stephen Liddle, and Heinrich C. Mayr, eds. Information Systems Technology and its Applications. Proc. 3rd Int. Conf. ISTA 2004. V. P-48 of Lecture Notes in Informatics. Kollen Druck+Verlag, Bonn, Germany, 2004. P. 39–52
4. *Бабанов А.М.* Семантическая модель «Сущность – Связь – Отображение» // Вестник Томс. гос. ун-та. Управление, вычислительная техника и информатика. 2007. № 1. С. 77–91.
5. *Войшвилло Е.К.*, *Дегтярев М.Г.* Логика как часть теории познания и научной методологии (фундаментальный курс): в 2 кн. М.: Наука, 1994.

Бабанов Алексей Михайлович, к.т.н., доцент; babanov2000@mail2000.ru

СОДЕРЖАНИЕ

МОДЕЛИ И МЕТОДЫ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ

Dimitrov M. The workload in the *MAP*/*G*/1 queue with state-dependent services in heavy traffic 3
Kerobyan K., Kerobyan R. Analysis of an Infinite-server queue $MAP_k|G_k|\infty$ in random environment with *k* Markov Arrival Streams and random volume of customers 9
Kerobyan K., Kerobyan R., Covington R.R., Enakoutsa K. Infinite-server queueing model $MMAP_k|G_k|\infty$ in random environment and subject to catastrophes 16
Konovalov M., Razumchik R. Revisiting M/D/1/N FIFO queue with renovation 22
Mikheev P.A., Pichugina A.A., Sushchenko S.P. Analysis of transport connection by a network of queuing systems 26
Nosova M.G. Research of a three-phase autonomous queuing system with a Markov Modulated Poisson process 33
Tsareva G.O. Numerical analysis of mean-field model of queuing system with a small parameter 39
Измайлова Я.Е., Назаров А.А. Исследование RQ-системы M/E2/1 с вытеснением заявок и фазовым дообслуживанием 45
Катаева С.С., Катаев С.Г., Долгий М.Е. Исследование структуры потока случайных природных событий аппроксимацией МС-потоком 51
Клименок В.И. Система массового обслуживания с поломками и резервным обслуживающим устройством 58
Копать Д.Я., Маталыцкий М.А. Нахождение ожидаемых доходов в G-сети с ненадёжными многолинейными системами обслуживания 66
Лебедев Е.А., Ливинская А.В. Аппроксимация сетей массового обслуживания с различной стартовой загрузкой 73
Лившиц К.И., Ульянова Е.С. Вероятностные характеристики модели управления запасами с релейным управлением темпом производства и MMP-потоком моментов продаж 80
Лисовская Е.Ю., Галилейская А.А. Суммарный объем занятого ресурса в ресурсной системе массового обслуживания $GI^{(v)}/GI^{(n)}/\infty$ с *n* типами заявок 88

Назаров А.А., Даммер Д.Д. Методы предельной декомпозиции и марковского суммирования для исследования потоков в системах с неограниченным числом приборов 94
Назаров А.А., Капустин Е.В. Распределение вероятностей состояний RQ-системы M|M|1 с конфликтами заявок 102
Назаров А.А., Худяшова Е.Е. Исследование системы MMPP|GI|∞ с бесконечным значением среднего времени обслуживания 107
Нежельская Л.А., Сидорова Е.Ф. Оптимальное оценивание состояний обобщенного синхронного потока событий второго порядка 113
Нежельская Л.А., Тумашкина Д.А. Оптимальная оценка состояний полусинхронного потока событий второго порядка в условиях его полной наблюдаемости 119
Рыжиков Ю.И. Многоканальные системы обслуживания с марковским нетерпением 125
Рыжиков Ю.И. Расчет систем обслуживания с большим числом каналов 132
Пауль С.В., Назаров А.А. Анализ RQ-системы M/GI/GI/1/1 с вызываемыми заявками, ненадежным прибором и дообслуживанием прерванных заявок 139
Саркер М., Аду К.И. К анализу вероятности блокировки в модели беспроводной сети со случайным объемом ресурса 146
Станкевич Е.П. Использование сетей массового обслуживания с групповыми переходами требований в качестве моделей транспортных систем 151
Шкленник М.А., Моисеев А.Н. Исследование потоков в неоднородной системе массового обслуживания с неограниченным числом обслуживающих устройств и повторными обращениями 156

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ И ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ДАННЫХ

Khazal G., Zamyatin A. Framework for Arabic Text Classification Based on Topic Modeling 163
Shumilov B.M. To the problem of three points in computer vision 174
Докучаев Д.А., Баранова И.В. Исследование основных методов распознавания лиц на фотографиях 181

Катаева А.В. Интеллектуальная поддержка принятия решений в диагностике и лечении наркозависимых 185
Костюк Ю.Л., Литовченко М.И., Смирнова А.А. Распознавание трехмерных объектов на местности по данным лазерного сканирования 193
Клюшников В.К., Герасимова Ю.А., Шумилов Б.М. Алгоритм распознавания дефектов дорожного покрытия с использованием мобильных видеозмерений 199
Мазуренко В.А. Прогнозирование дневных изменений цен на Биткойн с помощью методов интеллектуального анализа текста 203

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ

Botygin I.A., Krutikov V.A., Sherstnev V.S., Sherstneva A.I. Research of correlation dependences of soil of warm-up highways 207
Huseynova G.N. Hidden information transmission via cloud computing 214
Бабанов А.М. Вербализация структурного компонента ERM-схем 216
Бабанов А.М., Квач Е.С. «IS-A»-отношения в моделях представления знаний и данных 223
Быкова В.В., Солдатенко А.А. Об оценке ресурсных возможностей мультисервисных сетей 230
Елесин С.С., Моисеев А.Н. Выбор технологий виртуальной реальности для применения в учебных курсах 236
Лепший М.В., Шинкевич Ю.В., Труфанов Д.С. Разработка программы для нахождения оптимальных маршрутов вывоза твердых коммунальных отходов 242
Любезнов И.А., Биллер М.Г. Применения 3D-моделирования в задачах разработки проектов модернизации производства ДВП 247
Манхирова В.В. Исследование испаноязычной поэзии Золотого века методами тематического моделирования 251
Монгуш Ч.М. О классификации произведений тувинского фольклора и распознавании жанра героического эпоса 257
Поттосина С.А., Сергеева И.Л. Программная поддержка управления портфелем ценных бумаг на основе ликвидности 264
Шинкевич О.В. Внедрение и сопровождение информационной базы «КАМИН:Кадровый учет 3.0» с добавлением новых функциональностей 270

ПРИКЛАДНОЙ ВЕРОЯТНОСТНЫЙ АНАЛИЗ И ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

Алиев И.А. Модель системы обслуживания-запасания с разнотипными заявками 274
Баранова И.В. Применение метода двудольных множеств событий для кластеризации разнотипных данных..... 281
Богданова Е.Ю., Рыжов Н.А. Анализ модели движения автотранспорта через регулируемый перекресток «умного города» 287
Бородина А.В., Лукашенко О.В., Морозов Е.В. Методы понижения дисперсии оценок некоторых характеристик процесса деградации..... 290
Бронер В.И., Балдаев Р.А. Имитационное моделирование системы релейного управления запасами с кусочно-постоянными параметрами экспоненциальных распределений объемов поступления и потребления ресурса 295
Быков Н.В., Товарнов М.С. Имитационное моделирование взаимодействия мобильного робота с возможностью вертикального перемещения с окружением 300
Войтишек А.В. Об «универсальных» алгоритмах моделирования случайной величины, распределенной на конечном интервале..... 306
Жданков А.Н., Сафир М.Д. Пример реализации вероятностной модели случайного блуждания беспроводных устройств на целочисленной решетке 314
Задорожный В.Н., Юдин Е.Б. Исследование графов предпочтительного связывания со степенной весовой функцией 319
Каргин Б.А., Каблукова Е.Г., Чжэн П. Весовой алгоритм моделирования переноса излучения в стохастических рассеивающих и поглощающих средах..... 326
Мачнев Е.А., Ярцева И.С. Имитационное моделирование многосвязности..... 333
Платонова А.А. Об определении момента остановки моделирования некоторых распределений для достижения заданной точности оценки..... 336
Поляков Н.А., Макеева Е.Д. Численный анализ вероятности блокировки установления соединения между парой устройств в беспроводной сети миллиметрового диапазона..... 343
Семенова Д.В., Лукьянова Н.А., Голденок Е.Е. Модифицированный метод рекуррентного построения распределений ве-

роятностей конечных случайных множеств на основе полностью вложенных иерархических копул 347
Скрипкин В.С., Бесчастный В.А., Острикова Д.Ю. Численный анализ скорости передачи данных в беспроводной сети с разделением пользователей на подгруппы мультивещания 354
Харин П.А., Поляков Н.А. К разработке имитационной модели установления соединения между парой устройств в беспроводной сети миллиметрового диапазона 359

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

Medvedev G. Nonaffine models of yield term structure 362
Васильев С.А., Урусова Д.А., Салех Х.Х. Исследование устойчивости равновесия в экономико-математических моделях рынка телекоммуникаций 374
Георгиев В.О., Прокопьев Н.А. Исследование прикладного применения формальных математических моделей в генерации программного обеспечения 378
Калашников П.В. Математическая модель оценки баланса солидарно-распределительной пенсионной системы в долгосрочном периоде 380
Ким К.С., Смагин В.И. Синтез нестационарного экстраполятора для дискретных моделей с марковскими скачкообразными параметрами 388
Марченко О.В., Сергеева А.М. Математическое моделирование деформирования тяжелой упругой пластины конечной толщины под воздействием системы нагрузок 395
Новожилов М.А., Ивановский Р.И. Анализ и применение множественных межканальных связей в ЭЭГ 400
Решетникова Г.Н. Выбор поставщика при управлении заказами 406
Урусова Д.А., Салех Х.Х., Царева Г.О. Ценообразование на телекоммуникационные услуги в сетях 5G 412
Чухно О.В., Самуйлов К.Е. О применении анализа социальных сетей для исследования степени согласия экспертов в процессе группового принятия решений 415
Чухно Н.В., Гайдамака Ю.В. Численный анализ операторов агрегирования в процессе группового принятия решений 422
Шумилов Б.М. Мультивейвлеты, ортогональные многочленам 430

Научное издание

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ (ИТММ-2018)

Материалы
XVII Международной конференции
имени А. Ф. Терпугова
10–15 сентября 2018 г.

Редактор *Т.С. Портнова*
Дизайн, верстка *Д.В. Фортеса*

ООО «Издательство научно-технической литературы»
634050, Томск, пл. Новособорная, 1, тел. (3822) 533-335

Изд. лиц. ИД № 04000 от 12.02.2001. Подписано к печати 22.08.2018.
Формат 60 × 84 $^{1}/_{16}$. Бумага офсетная. Печать офсетная. Гарнитура «Таймс».
Усл. п. л. 25,69. Уч.-изд. л. 28,77. Тираж 100 экз. Заказ № 21.