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

«IS-A»-отношения в моделях представления знаний и данных

А.М. Бабанов, Е.С. Квач

Томский государственный университет, г. Томск, Россия

Наиболее широко распространённой формой представления обобщенных и специализированных понятий в различных моделях знаний и данных являются «IS-A»-отношения, которые позволяют переходить от частных явлений к их абстракциям различных уровней и наоборот. Любая предметная область включает в себя «IS-A»-отношения, – «*сотрудник* есть некоторый *человек*», «*преподаватель* есть некоторый *сотрудник*». Однако в этих моделях даются разные определения этому понятию, различны и ограничения целостности, и способы проектирования. Чтобы получить полную и непротиворечивую картину представлений об «IS-A»-отношениях, авторы рассматривают это явление в логике, искусственном интеллекте, семантических моделях данных и программировании.

«IS-A»-отношения в логике

В современной логике рассматриваются операции обобщения и ограничения понятий (рис. 1). «Обобщение некоторого понятия есть операция образования из этого понятия некоторого нового с более широким объемом. Обратная операция перехода от некоторого понятия к понятию с мсньшим объсмом называстся ограничсниси понятия» [1].

Рис. 1. Представление
«IS-A»-отношений в логике

Также в логике рассматривается деление понятия, цель которого состоит в том, чтобы в объеме понятия выделить все возможные подвиды предметов каждый раз по некоторому определенному основанию. Важно отметить, что «всякое деление должно осуществляться по одному основанию» [2].

Деление является правильным, если оно удовлетворяет условиям:

1. Деление должно происходить по одному основанию.

2. Полученные при делении понятия должны быть попарно несовместимы.

3. Члены деления как классы должны исчерпывать объем исходного понятия.

4. Никакой из членов деления не должен быть пустым классом.

5. Деление должно быть непрерывным».

Бочаров В.А. и Маркин В.И. [2] дополняют эту картину рассмотрением возможных вариантов деления понятий. «В случае дихотомического деления родового понятия основанием деления является некоторый признак, присущий лишь части предметов, входящих в объем исходного понятия. Деление осуществляется по наличию или отсутствию этого признака у предметов делимого понятия». Если в качестве примера рассматривать приёмную комиссию университета, то основанием деления молодых *людей* на *студентов* и *абитуриентов* будет наличие или отсутствие *приказа о зачислении* (если есть *приказ о зачислении*, то *человек* является *студентом*, иначе – *абитуриентом*). «В случае деления по видоизменению основания в качестве основания деления используется предметно-функциональная характеристика элементов объема делимого понятия. Необходимо только, чтобы предметная функция, использующаяся в качестве основания, была всюду определенной на этом объеме. При таком делении объемы видовых понятий представляют собой собрания тех и только тех предметов a и b, для которых выполняется условие $f(a) = f(b)$». Например, в зависимости от типа должности *сотрудник* является либо *преподавателем*, либо *администратором*, либо *научным сотрудником.*

«IS-A»-отношения в искусственном интеллекте

В искусственном интеллекте «IS-A»-отношения используются в семантических сетях и являются основным элементом в сети. Связь «IS-A» устанавливает иерархию типов в сети и используется для определе-

ния наиболее специфического семантического типа (общий/специфический семантический тип – аналог понятия суперкласс, конкретный семантический тип – аналог понятия подкласс в семантических моделях) [3]. Понятия становятся более абстрактными по мере продвижения вверх по иерархии. В иерархически структурированной семантической сети свойства и отношения любого типа могут быть унаследованы всеми его подтипами [4]. В семантических сетях (рис. 2) выделяются «IS-A»-отношения между классами (IS-A type of) и между экземплярами и классами (IS-AN instance of) [5].

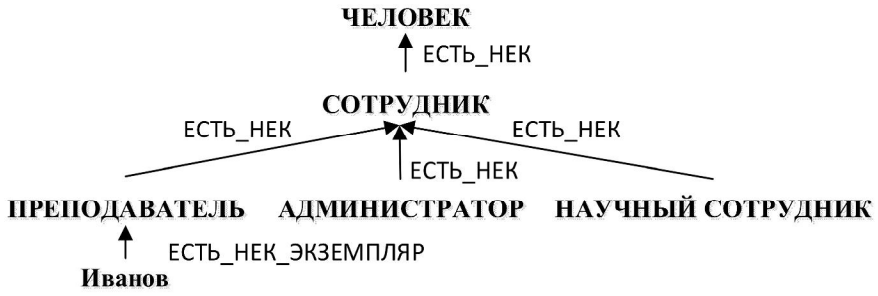


Рис. 2. Представление «IS-A»-отношений в семантических сетях

Для «IS-A»-отношений устанавливаются ограничения целостности [6]: они являются транзитивными, направленными и не образуют петель. Если каждый *преподаватель* является *сотрудником* и каждый *сотрудник* является *человеком*, то каждый *преподаватель* является *человеком*, независимо от того, есть ли «IS-A»-отношение, явно говорящее об этом.

«IS-A»-отношения в семантических моделях данных

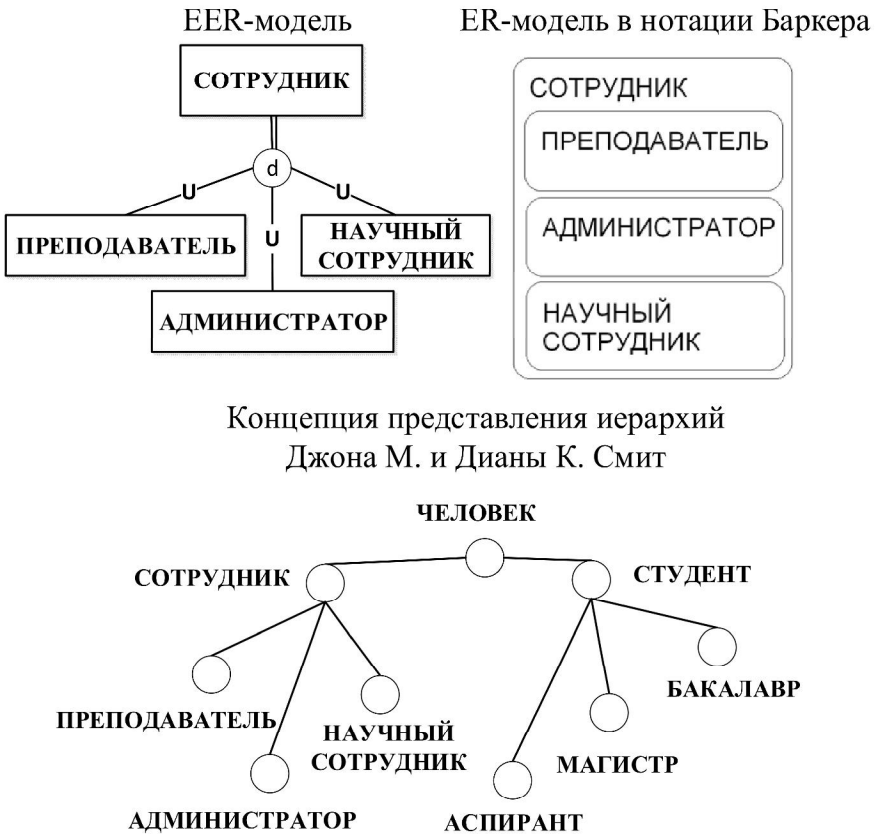
Что касается представления «IS-A»-отношений в семантических моделях данных, то в расширенной модели «Сущность – Связь» (Enhanced/Extended Entity-Relationship Model – EERM) выделяют специализации – нисходящий процесс образования «IS-A»-иерархий с полным наследованием признаков и генерализации – обратный процесс, при котором эти «IS-A»-иерархии образуются с помощью восходящего процесса. Можно отметить, что логики обращают внимание, прежде всего, на содержание (признак) понятий деления, а специалисты по моделированию данных [7–10] видят преимущественно структурные и ог-

раничительные особенности классов данных. Терри Халпин [10], автор модели «Объект – Роль» (Object-Role Model – OR-модель), кроме этого, замечает, что специализации позволяют делать опциональные роли суперкласса обязательными для подкласса и за счет этого вводить дополнительные ограничения целостности. Аналогично ограничениям на «IS-A»-отношения в искусственном интеллекте [6], Т. Халпин утверждает, что специализации транзитивны и любая подсхема взаимосвязей тип – подтип формирует направленный ациклический граф.

В ER-модели нотации Баркера, используемой в Oracle Designer, вводятся дополнительные правила для подтипов, аналогичные второму и третьему условиям правильного деления в логике: взаимоисключающее правило (каждый экземпляр супертипа одновременно является экземпляром одного и только одного подтипа) и исчерпывающее правило (каждый экземпляр супертипа должен быть экземпляром одного из подтипов) [11]. Однако этим правилам удовлетворяют лишь полные непересекающиеся специализации. Во многих моделях данных (в частности, в EERM) помимо этого типа специализаций используются также полные пересекающиеся, частичные непересекающиеся, частичные пересекающиеся.

Джон М. и Диана К. Смит [12] в своей концепции, как и в логике, предлагают сводить иерархии обобщения к отдельным правильным делениям родительских понятий. «Наш метод требует, чтобы непосредственные потомки любого узла были разбиты на группы. Каждая группа должна содержать родовые объекты, классы которых являются взаимно-исключающими. Назовем взаимно-исключающие группы родовых объектов, имеющие общие родительские объекты, кластерами». Например, потомки *человека* могли бы быть сгруппированы следующим образом: {*преподаватель*, *администратор*, *научный сотрудник*} и {*магистр*, *бакалавр*, *аспирант*}. Первая группа содержит взаимно-исключающие классы, которые соответствуют должностям *сотрудников*. Вторая группа, в свою очередь, содержит взаимно-исключающие классы, которые соответствуют различным степеням в системе высшего образования *студентов*. В итоге, мы можем говорить о двух кластерах, относящихся к ч*еловеку* – кластер, относящийся к *студентам*, и кластер, относящийся к *сотрудникам*.

На рис. 3 приведены варианты представления «IS-A»-отношений в семантических моделях данных.



Концепция представления иерархий
Джона М. и Дианы К. Смит

Рис. 3. Представление «IS-A»-отношений
в семантических моделях данных

«IS-A»-отношения в программировании

В объектно-ориентированном программировании (ООП) «IS-A»-отношения можно встретить в унифицированном языке моделирования (Unified Modeling Language – UML). Здесь используется термин обобщение – отношение между классом и одной или несколькими его вариациями. Обобщение объединяет классы по их общим свойствам [13];

В соответствии со спецификой ООП, в UML, помимо атрибутов и отношений подтипы наследуют ещё и методы супертипа. Более того, реализация методов в подтипе замещает реализацию того же метода супертипа – это явление называется полиморфизмом [14]. Аналогично основанию деления в логике специалисты, изучающие UML, дополнительно вводят понятие дискриминатор [15] или набор обобщений [13,14]. Обобщение с именем означает декомпозицию суперкласса на подклассы в каком-то определенном аспекте, называемом набором обобщения [14]. Имя набора обобщений – это перечислимый атрибут,

показывающий, какой аспект подклассов обобщается (аналогично, делению по видоизменению основания в логике). Каждое обобщение должно производиться по одному аспекту [13]. Например, аспектом обобщения для класса *сотрудник* является *тип должности* (рис. 4). Значения набора обобщения находятся во взаимно-однозначном соответствии с подклассами (если *тип должности* = «*преподавательская*», то *сотрудник* является *преподавателем* и т.д., при этом каждому *типу должности* должен соответствовать один и только один подкласс и наоборот).

Рис. 4. Представление «IS-A»-отношений в UML

Заключение

«IS-A»-отношения являются важным элементом человеческой умственной деятельности (не только научной). Это понятие давно изучается исследователями, однако, в каждой из представленных областей знаний даны разные определения обобщённым и специализированным понятиям, различны и ограничения целостности, и способы проектирования. Рис. 1 – 4 отображают возможные варианты представления «IS-A»-отношений в моделях представления знаний и данных.

Проанализировав особенности «IS-A»-отношений в различных информационных технологиях, авторы пришли к необходимости более строгой формализации обобщений и введению для этого нового базового понятия «IS-THE»-отношения в семантической модели «Сущность – Связь – Отображение» (Entity-Relationship-Mapping Model – ERMM) [16].

ЛИТЕРАТУРА

1. *Войшвилло Е.К.*, *Дегтярев М.Г.* Логика как часть теории познания и научной методологии (фундаментальный курс): в 2 кн. М.: Наука, 1994.
2. *Бачаров В.А.*, *Маркин В.И.* Основы логики. М.: Инфра-М, 1998. 297 с.
3. *U.S.* National Library of Medicine, The Unified Medical Language System, UMLS Reference Manual, URL: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK9676/

4. *Eileen C.W.* Knowledge Representation and Metaphor. Springer Science+Business Media Dordrecht, 1991. 271 p.
5. *Bundy A.* Catalogue of Artificial Intelligence Tools. Berlin; Heidelberg.; New York; Tokyo: Springer-Veriag, 1984. 150 p.
6. *Fahlman S.E.* NETL: A System for Representing and Using Real-World Knowledge. MIT Press, 1979. 269 p.
7. *Coronel C.*, *Morris S.*, *Rob P.* Database Systems: Design, Implementation, and Management. USA: Cengage Learning, 2011. 724 p.
8. *Connolly T.*, *Begg C.* Database Systems: A Practical Approach to Design, Implementation, and Management, 4th edition. Addison-Wesley, 2010. 1400 p.
9. *Elmasi R.*, *Navahe S.B*. Fundamentals of Database Systems, 6th edition. Addison-Wesley, 2011. 1201 p.
10. *Halpin T.*, *Morgan T.* Information Modeling and Relational Databases, edition 2. Morgan Kaufman, 2008. 943 p.
11. *Barker R.* CASE Method: Entity Relationship Modelling. Addison-Wesley, 1990. 240 p.
12. *Smith J.*, *Smith D.* Database abstractions: aggregation and generalization // ACM Transactions on Database Systems. 1977. V. 2. No. 2. P. 105–133.
13. *Рамбо Д.*, *Блаха М.* UML 2.0. Объектно-ориентированное моделирование и разработка. 2-е изд. СПб.: Питер, 2007. 544 с.
14. *Буч Г.*, *Рамбо Д.*, *Якобсон А.* Язык UML. Руководство пользователя. ДМК Пресс, 2007. 496 с.
15. *Фаулер М.*, *Скотт К.* UML основы. 2-е изд. Символ-Плюс, 2002. 188 с.
16. *Бабанов А.М.*, *Квач Е.С.* «IS-THE»-отношения в семантических моделях данных: основные понятия и разновидности // Вестник Томского государственного университета. Управление, вычислительная техника и информатика. 2016. № 1(34). С. 69–78.

Бабанов Алексей Михайлович, к.т.н., доцент; babanov2000@mail2000.ru;
Квач Елена Сергеевна, аспирант; kvachelena93@gmail.com

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.