

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ

К. Ю. Маслеников [K. Yu. Maslennikov]
Г. И. Ревунков [G. I. Revunkov]

УДК 004.021

ЛОГИКО-МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПОСТРОЕНИЯ ОПИСАНИЯ ПРЕДМЕТНОЙ ОБЛАСТИ КОРПОРАТИВНОЙ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ

LOGICAL AND MATHEMATICAL MODEL FOR BUILDING THE DESCRIPTION OF THE SUBJECT AREA OF THE CORPORATE AUTOMATED INFORMATION SYSTEM

Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана
(национальный исследовательский институт), г. Москва, Россия

Аннотация. Построить и получить логико-математическое обоснование и модель процесса построения описания любой предметной области корпоративной автоматизированной информационной системы.

Методика. Предполагаемую предметную область для построения системы разбили на составляющие элементы и взаимосвязи между ними. С использованием методов дискретной математики по отношению к графам и двуместным предикатам первого порядка построили взаимосвязанную модель предметной области.

Результаты. Логико-математическая модель была построена на основании основных компонентов предметной области. В основу методики построения ее описания заложено использование графового описания с применением преобразования в семантическую модель предикатного типа, что позволяет в дальнейшем использовать полученную модель для построения нормализованных баз данных. Из исследования было получено, что для построения качественного описания предметной области корпоративной автоматизированной информационной системы необходимо использовать несколько последовательных итераций. Логико-математическая модель позволяет в общем виде произвести построение описания предметной области корпоративной автоматизированной информационной системы. А далее эту обобщенную модель можно переложить на совершенно любую конкретную предметную область. Преимуществом построения описания предметной области в виде семантической модели предикатного типа является целостный взгляд на всю рассматриваемую предметную область, представление информации в целостной форме лучше воспринимается. При построении такого графа появляется возможность восстановить недостающие логические связи во всей их полноте.

Заключение. Сделан вывод об основных свойствах разработанной методики построения описания предметной области корпоративной автоматизированной информационной системы, отмечены ее достоинства и недостатки, а также методы их устранения.

Ключевые слова: модель, описание, предметная область, автоматизированная информационная система, математическое обоснование, семантическая модель, логика, предикат.

Abstract. To construct and obtain a logical-mathematical substantiation and a model of the process of constructing a description of any subject area of a corporate automated information system.

Methods. The estimated subject area for building the system was divided into its constituent elements and the relationship between them. Using the methods of discrete mathematics in relation to graphs and two-place predicates of the first order, they constructed an interconnected domain model.

Results. Results. The logical-mathematical model was built on the basis of the main components of the domain. The method of constructing its description is based on the use of a graph description using the transformation to the semantic model of a predicate type, which makes it possible to use the obtained model to build normalized databases. From the study it was found that to build a qualitative description of the subject area of a corporate automated information system, it is necessary to use several successive iterations. The logical-mathematical model allows, in general, to construct a description of the subject area of a corporate automated information system. And then this generalized model can be transferred to absolutely any specific subject area. The advantage of constructing a description of the

domain in the form of a semantic model of a predicate type is a holistic view of the entire subject domain, the presentation of information in a holistic form is better perceived. When constructing such a graph, it becomes possible to restore the missing logical links in their entirety.

Conclusions. To conclude about the basic properties of developed methodology of describe the subject area's corporate automated information system, marked by its advantages and disadvantages, as well as methods of its elimination.

Key words: model, description, subject area, automated information system, mathematical justification, semantic model, logic, predicate.

Введение. Построение описания предметной области важный элемент проектирования любой, даже самой простой, системы. Как было рассмотрено в статье [1], существует большое количество методик и методов для построения описания предметной области корпоративной информационной системы.

Цель данной работы состоит в расширении метода построения описания предметной области с помощью семантической сети предикатного типа [2, 3, 12] путем введения логико-математической модели, получение формального описания предметной области с помощью применения математической модели.

Введем некоторые необходимые понятия для построения логико-математической модели. Под предметной областью ($M_{\text{ПРО}}$) будем понимать часть реального мира в пределах области функционирования разрабатываемой корпоративной автоматизированной информационной системы. В предложенной методике предметную область разбивают на несколько составляющих частей. Таким образом, под предметной областью в методике понимают следующую модель, состоящую из следующих взаимосвязанных частей:

- понятийная модель предметной области;
- содержательная модель предметной области;
- концептуальная модель предметной области.

Понятийная модель предметной области ($ПМ_{\text{ПРО}}$) – это совокупность фундаментальных понятий, которым соответствуют объекты реального мира, представленная в виде ориентированного помеченного графа, и отношения между понятиями. Исходя из определения, получаем следующее формальное определение понятийной модели:

Содержательная модель предметной области ($СМ_{\text{ПРО}}$) – помеченный граф, вершины которого являются информационными элементами – конкретные реализации фундаментальных понятий или их характеристиками. Исходя из определения получаем следующее формальное определение содержательной модели:

Концептуальная модель предметной модели ($КМ_{\text{ПРО}}$) – это абстрактное описание фрагмента реального мира, а также понятийной модели, которое получается в результате выделения свойственных этому фрагменту понятий (свойств), указания их атрибутов (допустимых значений) и возможных связей между ними. Исходя из определения получаем следующее формальное определение концептуальной модели:

В результате объединения трех моделей $ПМ_{\text{ПРО}}$, $СМ_{\text{ПРО}}$, $КМ_{\text{ПРО}}$, а также их взаимосвязей между собой получаем модель предметной области ($M_{\text{ПРО}}$).

Составляющие части этих трех моделей приведены в статье [1]. Далее на ее основе и [4, 5, 6, 7] введем логико-математическую модель построения предметной области корпоративной автоматизированной информационной системы, используя графы и двуместные предикаты.

Существует довольно большое количество методик для построения описания некоторой предметной области, которая будет использована для проектирования корпоративной автоматизированной информационной системы. Однако в противовес другим методикам, в основе построения данной модели лежит процесс выявления и описания понятий, а также определенных определений, которые присущи анализируемой предметной области. Это позволяет конечным пользователям строить и актуализировать модели предметной области путем простых и естественных операций создания, изменения и удаления понятий и их сущностей.

Исходя из этого методика, основанная на формализованной математической модели, при многочисленных разработках позволит унифицировать данный процесс, а также уменьшить время на разработку системы, выявить скрытые логические взаимосвязи в предметной области.

Методика моделирования предметной области в качестве взаимосвязанных моделей (понятийная модель предметной области, содержательная модель предметной области, концептуальная модель предметной области), моделирование предметной области с использованием графовых и спецификационных инструментов на

основе разбора информационных потребностей конечного пользователя, логико-математическая модель для интерпретации предметной области информационной системы.

Основная часть

Предположим, что имеет место некоторая предметная область $M_{\text{ПрО}}$, тогда из приведенных определений и формальных описаний получим следующие результаты в формулах (1) – (3):

$$\exists M_{\text{ПрО}} \Rightarrow \exists! \text{ПМ}_{\text{ПрО}} \Rightarrow \exists FN_i, \exists E_{ij}, i=\overline{1,n}, j=\overline{1,n}, i \neq j \quad (1)$$

$$\exists M_{\text{ПрО}} \Rightarrow \exists! \text{СМ}_{\text{ПрО}} \Rightarrow \exists RP_{i=\overline{1,m}} \quad (2)$$

$$\exists M_{\text{ПрО}} \Rightarrow \exists! \text{КМ}_{\text{ПрО}} \Rightarrow \exists S_i, \exists V_j, i=\overline{1,k}; j=\overline{1,p} \quad (3)$$

Формулы (1) – (3) отражают основные компоненты и единственность частей модели предметной области $M_{\text{ПрО}}$. Рассмотрим по порядку соответствующие части модели предметной области $M_{\text{ПрО}}$.

Моделирование логико-математической модели процесса построения понятийной модели. Из существования понятийной модели и формулы (1) получим:

$$\exists FN_1, \dots, \exists FN_i, \dots, \exists FN_n \rightarrow \{FN_i\}_{i=\overline{1,n}} \quad (4)$$

$$\exists FN_i, \exists FN_j \models \exists E_{ij} := FN_i \wedge FN_j, i=\overline{1,n}, j=\overline{1,n}, i \neq j \quad (5)$$

В результате из формул (4), (5) получим множество дуг понятийной модели, которые сформируют графовое представление:

$$E_{ij}(FN_i, FN_j), i=\overline{1,n}, j=\overline{1,n}, i \neq j \quad (6)$$

Теперь введем правила преобразование графовой формы представления понятийной модели предметной области в семантическую сеть предикатного типа. Напомним, что предикат [5, 8, 9] состоит из следующих составных частей, которые представлены в выражении (7).

$$P = \{P, N, (T_1, T_2)\} \quad (7)$$

где P – обозначение предиката, N – имя предикатного символа, T_1 – первая терма, T_2 – вторая терма.

Соответствующие логико-математические выражения для преобразования приведены в формулах (8) – (10). После соответствующих действий получим предикат, представленный в формуле (11).

$$E_{ij} \rightarrow \text{Pred}(\text{"часть – некоторое"})_{k=i=\overline{1,n}, j=\overline{1,n}, i \neq j, k=\overline{1,K}} \quad (8)$$

OR

$$E_{ij} \rightarrow \text{Pred}(\text{"является"})_{k=i=\overline{1,n}, j=\overline{1,n}, i \neq j, k=\overline{1,K}} \quad (9)$$

$$E_{ij} \rightarrow P_{k=i=\overline{1,n}, j=\overline{1,n}, i \neq j, k=\overline{1,K}} \quad (10)$$

$$FN_i \rightarrow T_{1ik}, FN_j \rightarrow T_{2jk}, i=\overline{1,n}, j=\overline{1,n}, i \neq j \quad (10)$$

$$P_k \text{Pred}_k(T_{1k}, T_{2k}), k=\overline{1,K} \quad (11)$$

Получаем, что связь E_{ij} между понятиями FN_i и FN_j можем преобразовать в имя предикатного символа, а соответствующие понятия в первую и вторую термы.

Построение логико-математическая модель процесса построения содержательной модели. Из формулы (2), а также существования содержательной модели предметной области получим следующие логико-математические выражения:

$$\exists RP_1, \dots, \exists RP_l, \dots, \exists RP_m \rightarrow \{RP_l\}_{l=\overline{1,m}} \quad (12)$$

$$\sim \forall FN_i \models \exists RP_l, i=\overline{1,n}, l=\overline{1,m} \quad (13)$$

В результате анализа формул (12), (13) приходим к выводу о том, что не каждое понятие из понятийной модели предметной области связано или содержит конкретную реализацию в содержательной модели предметной области. Поэтому введем следующее ограничение в виде формулы (14), которая выражает предыдущее замечание.

$$\forall FN_i := \{RP_l\} \vee \{\emptyset\}, i=\overline{1,n}, l=\overline{1,m} \quad (14)$$

Понятийная и содержательная модели предметной области связаны между собой, что отражает формула (13), поэтому получим следующие соотношения:

$$\left((\forall RP_l \Rightarrow \exists! FN_i) \wedge (\forall RP_l \not\Rightarrow \exists FN_j) \right) \Rightarrow \exists Sv_1 := FN_i \wedge RP_l, l=\overline{1,m}, i=\overline{1,n}, j=\overline{1,n}, i \neq j \quad (15)$$

$$Sv_1 = \{\text{есть некоторое}\}_k (FN_i, RP_l), i=\overline{1,n}, l=\overline{1,m}, k=\overline{K+1,Z} \quad (16)$$

Формулы (15), (16) отражают взаимосвязь конкретной реализации RP_l содержательной модели и понятия FN_i понятийной модели предметной области.

Для преобразования в семантическую модель предикатного типа используются следующие логические соотношения, которые приведены в формулах (17) – (19). В результате получаем предикат (20) для семантической модели.

$$S_{1k} \rightarrow Pred_{k=\overline{k+1}, \overline{z}} \quad (17)$$

$$Sv_{1k} \rightarrow P_{k_{i=\overline{1}, n, j=\overline{1}, n, i \neq j, k=\overline{k+1}, \overline{z}}} \quad (18)$$

$$RP_l \rightarrow T_{1k}, FN_i \rightarrow T_{2k, i=\overline{1}, n, l=\overline{1}, m, k=\overline{k+1}, \overline{z}} \quad (19)$$

$$P_k Pred_k(T_{1k}, T_{2k})_{k=\overline{k+1}, \overline{z}} \quad (20)$$

Таким образом, связь между понятием FN_i понятийной модели и конкретной реализацией RP_l содержательной модели можем преобразовать в имя предикатного символа, а связанные элементы RP_l и FN_i в первую и вторую термины соответственно.

Моделирование логико-математической модели процесса построения концептуальной модели. Из формулы (3), а также существования концептуальной модели предметной области получим следующие логико-математические выражения:

$$\exists S_1, \dots, \exists S_i, \dots, \exists S_g \rightarrow \{S_i\}_{i=\overline{1}, \overline{g}} \quad (21)$$

$$\exists V_1, \dots, \exists V_j, \dots, \exists V_p \rightarrow \{V_j\}_{j=\overline{1}, \overline{p}} \quad (22)$$

Каждое свойство понятия понятийной модели предметной области содержит набор допустимых значений, а в свою очередь какое-либо значение может иметь какое-нибудь свойство, что нашло отражение в формулах (23), (24).

$$\forall S_i \models \exists V_j : S_i \rightarrow V_j, i=\overline{1}, \overline{g}, j=\overline{1}, \overline{p} \quad (23)$$

$$\sim \forall V_j \Rightarrow \exists S_f : V_j \rightarrow S_f, f=\overline{1}, \overline{g}, j=\overline{1}, \overline{p} \quad (24)$$

Концептуальная модель предметной области связана как с понятийной моделью, так и с содержательной моделью. Первая взаимосвязь модели достигается за счет отношения между понятием FN_i и свойством S_j (25), (26), вторая взаимосвязь – за счет отношения между конкретной реализацией RP_l и допустимым значением V_j (27), (28).

$$(FN_i \vdash S_k) \Rightarrow \exists Sv_2 := FN_i \wedge S_k \Rightarrow FN_i \rightarrow S_{k_{i=\overline{1}, n, k=\overline{1}, \overline{g}}} \quad (25)$$

$$Sv_2 = \{\text{есть свойство}\}_k (FN_i, S_k)_{i=\overline{1}, n, k=\overline{1}, \overline{g}, k=\overline{z+1}, \overline{x}} \quad (26)$$

$$(RP_l \vdash V_f) \Rightarrow \exists Sv_3 := RP_l \wedge V_f \Rightarrow RP_l \rightarrow V_{f_{l=\overline{1}, m, f=\overline{1}, \overline{p}}} \quad (27)$$

$$Sv_3 = \{\text{есть значение}\}_k (RP_l, V_f)_{l=\overline{1}, m, f=\overline{1}, \overline{p}, k=\overline{z+1}, \overline{x}} \quad (28)$$

Для преобразования графа концептуальной модели предметной области в семантическую модель предметной области необходимо использовать логико-математические формулы (29) – (31), в результате получаем предикат (32).

$$S_i \rightarrow Pred_{k_{k=\overline{z+1}, \overline{x}, i=\overline{1}, \overline{g}}} \quad (29)$$

$$(RP_l \rightarrow T_{1k}) \vee (V_j(S) \rightarrow T_{1k}) \vee (FN_i \rightarrow T_{1k}), i=\overline{1}, n, l=\overline{1}, m, j=\overline{1}, \overline{p}, k=\overline{z+1}, \overline{x} \quad (30)$$

$$V_j \rightarrow T_{2k, j=\overline{1}, \overline{p}, k=\overline{z+1}, \overline{x}} T_{2k} \rightarrow P_{k_{k=\overline{z+1}, \overline{x}}} \quad (31)$$

$$P_k Pred_k(T_{1k}, T_{2k})_{k=\overline{z+1}, \overline{x}} \quad (32)$$

Свойство понятий из концептуальной модели предметной области можем преобразовать в имя предикатного символа, а конкретные реализации RP_l – в первую терму (если присутствует связь между содержательной и концептуальной моделями), понятие FN_i – в первую терму (при наличии связи между понятийной и содержательной моделями), допустимое значение V_j – в первую терму, если преобразуется связь между допустимым значением и свойством (если допустимое значение содержит свойство), иначе – во вторую терму (32).

Результаты их обсуждения

Таким образом, в результате применения данной методики получаем смоделированную и построенную модель предметной области в виде объединенной схемы, применяя семантические сети предикатного типа, а также графы и метаграфы

Для построения качественного описания предметной области корпоративной автоматизированной информационной системы необходимо использовать несколько итераций для построения каждой графовой и семантической модели.

Основными преимуществами построения описания предметной области корпоративной автоматизированной информационной системы в виде семантической сети предикатного типа является:

- системность – целостный взгляд на всю рассматриваемую предметную область;

– единообразии – представление информации в обобщенно предикатной и графической форме;
 – восстановление связей – при построении такого графа возможно восстановить недостающие логические связи предметной области во всей их полноте.

Недостатком данной методики построения описания предметной области является то, что при возрастании числа вершин графа, а также содержательной модели описание становится громоздким и неудобным для чтения. А также существует сложность в разграничении понятий между понятийной и концептуальной моделями предметной области [11].

Для решения первой проблемы возможно изображать на графе универсальные реализации [10, 14], от которых все другие унаследуют необходимые связи и свойства (аналог наследования в объектно-ориентированном подходе). Решение второй проблемы предоставлено на усмотрение человека-разработчика (инженера по знаниям), который описывает предметную область для разработки информационной системы [13], а также зависит от его практики в моделировании предметных областей корпоративных автоматизированных информационных систем.

ЛИТЕРАТУРА

1. Масленников К. Ю., Ревунков Г. И., Сатова М. В. Описание предметной области как неотъемлемый элемент процесса проектирования автоматизированной информационной системы // Интернет-журнал НАУКОВЕДЕНИЕ. Т.9. №6. 2017.
2. Ревунков Г. И., Масленников К. Ю. Построение модели предметной области автоматизированных систем // Информационно-измерительные и управляющие системы. Т. 14. № 12. 2016. С. 51-53.
3. Масленников К. Ю., Ревунков Г. И. Построение описания понятийной модели предметной области с помощью семантической модели предикатного типа // Международный научно-исследовательский журнал Успехи современной науки. 2017. Т.1. №5. С. 36-40.
4. Белоусов А. И., Ткачев С. Б. Дискретная математика. М.: Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2015. 744 с.
5. Бояринцева Т. Е., Золотова Н. В., Исмагилов Р. С. Математическая логика и теория алгоритмов. М.: Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2011. 48 с.
6. Зыков А. Г., Поляков В. И., Скорубский В. И. Математическая логика. СПб.: НИУ ИТМО, 2013. 131 с.
7. Болотова Л. С. Системы искусственного интеллекта: модели и технологии, основанные на знаниях. М.: Финансы и статистика, 2012. 664 с.
8. Девятков В. В. Системы искусственного интеллекта. М.: Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2001. 352 с.
9. Гаврилова Т. А., Лещева И. А., Кудрявцев Д. В. Использование моделей инженерии знаний для подготовки специалистов в области информационных технологий. Системное программирование. 2012. Т. 7. № 1. С. 90-105.
10. Гапанюк Ю. Е., Самохвалов Э. Н., Ревунков Г. И. Использование метаграфов для описания семантики и прагматики информационных систем. Вестник МГТУ им. Н. Э. Баумана. Сер. Приборостроение. 2015. №1. С. 83-99.
11. Batra D., Marakas G.M. Conceptual data modelling in theory and practice, European Journal of Information Systems. 1995. p. 185-193, DOI: 10.1057/ejis.1995.21
12. William J Kettinger, Yuan Li Theinfolological equation extended: towards conceptual clarity in the relationship between data, information and knowledge, European Journal of Information Systems. 2010.p. 409-421. DOI: 10.1057/ejis.2010.25
13. J.W. Wang, H.F. Wang, J.L. Ding, K. Furuta, T. Kanno, W.H. Ip, W.J. Zhang On domain modelling of the service system with its application to enterprise information systems, Enterprise Information Systems. 2016. p. 1-16, DOI: 10.1080/17517575.2013.810784
14. Bahram LotfiSadigh, HakkiOzgur Unver, ShahrzadNikghadam, Erdogan Dogdu, A. Murat Ozbayoglu, S. EnginKilic. An ontology-based multi-agent virtual enterprise system (OMAVE): part 1: domain modelling and rule management, International Journal of Computer Integrated Manufacturing. 2017. p. 320-343, DOI: 10.1080/0951192X.2016.1145811

REFERENCES

1. Maslenikov K. Yu., Revunkov G. I., Satova M. V. Opisanie predmetnoi oblasti kak neot'emlemyi element protsessa proektirovaniya avtomatizirovannoi informatsionnoi sistemy // Internet-zhurnal NAUKOVEDENIE. T.9. №6. 2017.
2. Revunkov G. I., Maslenikov K. Yu. Postroenie modeli predmetnoi oblasti avtomatizirovannykh sistem // Informatsionno-izmeritel'nye i upravlyayushchie sistemy. T. 14. № 12. 2016. S. 51-53.
3. Maslenikov K. Yu., Revunkov G. I. Postroenie opisaniya ponyatiinoi modeli predmetnoi oblasti s pomoshch'yu semanticheskoi modeli predikatnogo tipa // Mezhdunarodnyi nauchno-issledovatel'skii zhurnal Uspekhi sovremennoi nauki. 2017. T.1. №5. S. 36-40.
4. Belousov A. I., Tkachev S. B. Diskretnaya matematika. M.: Izdatel'stvo MGTU im. N. E. Bauman, 2015. 744 s.

5. Boyarintseva T. E., Zolotova N. V., Ismagilov R. S. *Matematicheskaya logika i teoriya algoritmov*. M.: Izdatel'stvo MGTU im. N. E. Baumana, 2011. 48 s.
6. Zykov A. G., Polyakov V. I., Skorubskii V. I. *Matematicheskaya logika*. SPb.: NIU ITMO, 2013. 131 s.
7. Bolotova L. S. *Sistemy iskusstvennogo intellekta: modeli i tekhnologii, osnovannye na znaniyakh*. M.: Finansy i statistika, 2012. 664 s.
8. Devyatkov V. V. *Sistemy iskusstvennogo intellekta*. M.: Izdatel'stvo MGTU im. N. E. Baumana, 2001. 352 s.
9. Gavrilova T. A., Leshcheva I. A., Kudryavtsev D. V. *Ispol'zovanie modelei inzhenerii znaniy dlya podgotovki spetsialistov v oblasti informatsionnykh tekhnologii. Sistemnoe programirovanie*, 2012. T. 7. № 1. S. 90–105.
10. Gapanuk Yu. E., Samokhvalov E. N., Revunkov G. I. *Ispol'zovanie metagrafov dlya opisaniya semantiki i pragmatiki informatsionnykh sistem*. Vestnik MGTU im. N. E. Baumana. Ser. Priborostroenie. 2015. №1. S. 83-99.
11. Batra D., Marakas G. M. *Conceptual data modelling in theory and practice*, European Journal of Information Systems. 1995. p. 185-193, DOI: 10.1057/ejis.1995.21
12. William J Kettinger, Yuan Li *Theinfological equation extended: towards conceptual clarity in the relationship between data, information and knowledge*, European Journal of Information Systems. 2010.p. 409-421. DOI: 10.1057/ejis.2010.25
13. J.W. Wang, H.F. Wang, J.L. Ding, K. Furuta, T. Kanno, W.H. Ip, W.J. Zhang *On domain modelling of the service system with its application to enterprise information systems*, Enterprise Information Systems. 2016. p. 1-16, DOI: 10.1080/17517575.2013.810784
14. Bahram LotfiSadigh, HakkiOzgur Unver, ShahrzadNikghadam, Erdogan Dogdu, A. Murat Ozbayoglu, S. EnginKilic. *An ontology-based multi-agent virtual enterprise system (OMAVE): part 1: domain modelling and rule management*, International Journal of Computer Integrated Manufacturing, 2017. p. 320-343, DOI: 10.1080/0951192X.2016.1145811

ОБ АВТОРАХ

Маслеников Константин Юрьевич, ассистент, кафедра «Системы обработки информации и управления», Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана (Национальный исследовательский институт), Москва

Maslenikov Konstantin Yurievich, Assistant, Department of Information Processing and Control Systems Bauman Moscow State Technical University (BMSTU), Moscow

Ревунков Георгий Иванович, к.т.н, доцент, кафедра «Системы обработки информации и управления», Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана (национальный исследовательский институт), Москва

Revunkov Georgiy Ivanovich, Ph.D in Tech.Sci., Associate Professor, Department of Information Processing and Control Systems Bauman Moscow State Technical University (BMSTU), Moscow

Дата поступления в редакцию 27.12.2019