

ЭВРИСТИЧЕСКИЕ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ ПОЛУЧЕНИЯ И УЛУЧШЕНИЯ ОБЪЁМНО-ПЛАНИРОВОЧНЫХ РЕШЕНИЙ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

УДК 721:004
ББК 85.11:32.81

В.Г. Куликов

Московский Государственный Строительный Университет, Москва, Россия

Аннотация

Работа посвящена адаптивным интеллектуальным методам получения и улучшения компоновочных решений зданий и сооружений в целом, а также их отдельным блокам и компонентам на основе разработки алгоритмов принятия решений компоновочных схем с использованием формальной и неформальной логик и методов искусственного интеллекта. Применены вычислительные эксперименты для оптимизации полученных компоновочных решений.¹

Ключевые слова: лицо принимающее решение (ЛПР); искусственный интеллект; компоновочное решение; граф типового этажа; оптимизация компоновочного решения; базовое решение; итерация; инцидентность; конечный автомат

HEURISTIC INFORMATION AND METHODS OF OBTAINING AND IMPROVING SPACE-PLANNING DECISIONS OF BUILDINGS AND CONSTRUCTIONS

V.G. Kulikov

Moscow State University of Civil Engineering, Moscow, Russia

Abstract

The work is devoted to adaptive intelligent methods of obtaining and improving the designs of buildings and constructions in general, and their individual blocks and components through the development of decision algorithms layout schemes, using formal and informal logic, and artificial intelligence methods. Applied computational experiments for optimization of the obtained designs.²

Keywords: decision maker (DM); artificial intelligence; space arrangement; the count typical floor; layout optimization solution; basic solution; iteration; incidence; finite state machine

Целью настоящей статьи является обоснование применения адаптивных эвристических методов, с помощью которых возможно принятие решений без участия человека, а также на их основе обучение лиц, принимающих решение при разработке различных компоновочных решений проектирования зданий и сооружений, а также их отдельных составных частей и конструкций.

¹ **Для цитирования:** Куликов В.Г. Эвристические и информационные методы получения и улучшения объёмно-планировочных решений зданий и сооружений // Architecture and Modern Information Technologies. – 2017. – №4(41). – С. 298-308 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://marhi.ru/AMIT/2017/4kvart17/22_kulikov/index.php

² **For citation:** Kulikov V.G. Heuristic Information and Methods of Obtaining and Improving Space-Planning Decisions of Buildings and Constructions. Architecture and Modern Information Technologies, 2017, no. 4(41), pp. 298-308. Available at: http://marhi.ru/eng/AMIT/2017/4kvart17/22_kulikov/index.php

Процесс принятия архитектурно-строительных решений при проектировании зданий и сооружений можно отнести к профессиональному творчеству проектировщика, как лица принимающего решение (ЛПР). Этот процесс должен отвечать многим формальным требованиям. Возможна ли формализация этого процесса и на её основе обучение этому (ЛПР), и не только на основе семантических представлений, но и на основе чётких и нечётких логик? Возможен ли вариант, когда в таких случаях конкретным лицом, принимающим решение, будет являться ЭВМ в виде искусственного интеллекта, реализованного конечным автоматом?

Рассмотрим варианты нескольких различных компоновочных решений (как пример) лестничных площадок жилых зданий, приведенных на рис.1 и 2. На рис. 1 показаны поворотные блок секции жилого дома с тремя квартирами на этаже. На рис. 2 – блок-секция с четырьмя квартирами на этаже. Очевидно, что на принимаемые конструктором решения о размещении количества квартир на этаже, т.е. на их компоновку, оказывали влияние многие факторы, и в т.ч. принимаемая конструктивная схема несущих конструкций здания. Является ли этот факт основополагающим для принятия компоновочных решений? И да, и нет. Да – в том случае, когда изначально приходится проектировать несущий остов здания по инженерным, техническим и региональным соображениям, и т.д. – из-за необходимости использования определённых местных материалов и определённой номенклатуры строительных конструкций региона строительства. Нет – когда процесс проектирования изначально формирует блочную структуру компоновочных решений планировок, а конструктивные особенности строения отдельных блоков разрешаются на этапе конструкторского проектирования отдельных элементов конструкций компоновочных элементов.



Рис. 1. Вариант №1 компоновочного решения лестничных площадок

Очевидно, что в процессе проектирования обоих вариантов принят блоково-узловой принцип формирования компоновочных решений. Жилые помещения (квартиры-

апартаменты) и в первом, и во втором случае группируются рядом с лестничными площадками. В этом случае можно рассматривать обозначенные квартиры как отдельные планировочные компоновочные блоки, условно привязанные к одному общему элементу. Этим общим для них элементом в настоящей работе будем считать лестничные площадки, представляющие собой соответствующие ядра жесткости указанных блок-секций жилых домов.

Какой же из приведенных вариантов более эффективен? Для ответа на этот вопрос необходимо рассмотреть сравнение идентичных параметров-характеристик, присущих одновременно и первому и второму вариантам компоновок. Сравнение их возможно только на основе формализации параметров-характеристик путём выполнения определённых инструкций, присущих соответствующим алгоритмам формализации.

1 подъезд план типового этажа



Рис. 2. Вариант №2 компоновочного решения лестничных площадок

На рис. 3 приведен вариант преобразования плана типового этажа, показанного на рис. 2, в компоновочную схему, т.е. – граф топологии приведенных жилых помещений. Вариант преобразования плана типового этажа в виде графа состоит из вершин графа: 3А, ЛП, Л, П, 3, 1 и 2, показанных на рис. 3 соответствующими окружностями, а также соответствующих неориентированных рёбер графа: 3А-П, Л-П, 3-П, 1-П и 2-П, показанных там же соответствующими дугами. Здесь: 3А, ЛП, Л, П, 3, 1 и 2 – наименования приведенных на рис. 2 помещений, Л – лестница, П – площадка, ЛП – лестничная площадка, объединяющая на рис. 3 две вершины графа Л и П в одну общую вершину ЛП, показанную на схеме прямоугольником. В общем, преобразование плана типового этажа в соответствующий граф мы в дальнейшем будем использовать в работе для представления компоновки на рис. 2 в памяти ЭВМ в виде соответствующей матрицы инцидентности принятого компоновочного решения как формы представления графа, в которой указываются связи между инцидентными элементами графа. Столбцам указанной матрицы будут соответствовать рёбра приведенного графа, строкам – вершины.

Рассмотрим процесс формализации формирования лестничной площадки ЛПР ЭВМ, состоящей из элементов, приведенных на рис. 3 методом компоновки блок-узлов по связности. Под связностью будем иметь в виду мощность множеств инцидентности матрицы инцидентности графа плана типового этажа, приведенного на рис. 2.

Определим понятие очередного блока-узла $T(i)_k$, ($i = 1, 2, 3, \dots, k$; $k = 1, 2, 3, \dots, h$) как конструктивное понятие «Лестничная площадка» (ЛП) типового этажа, состоящего из всех приведенных на рис. 3 элементов. Представим всю блок секцию здания булевым множеством S , состоящим из соответствующих блок-узлов $T(i)$ таких, что $\sum \cup T(i)_i = S$ лестничных площадок всех этажей. Таким образом множество S можно представить в виде его разбиения на отдельные непересекающиеся подмножества $T(i)_k$.

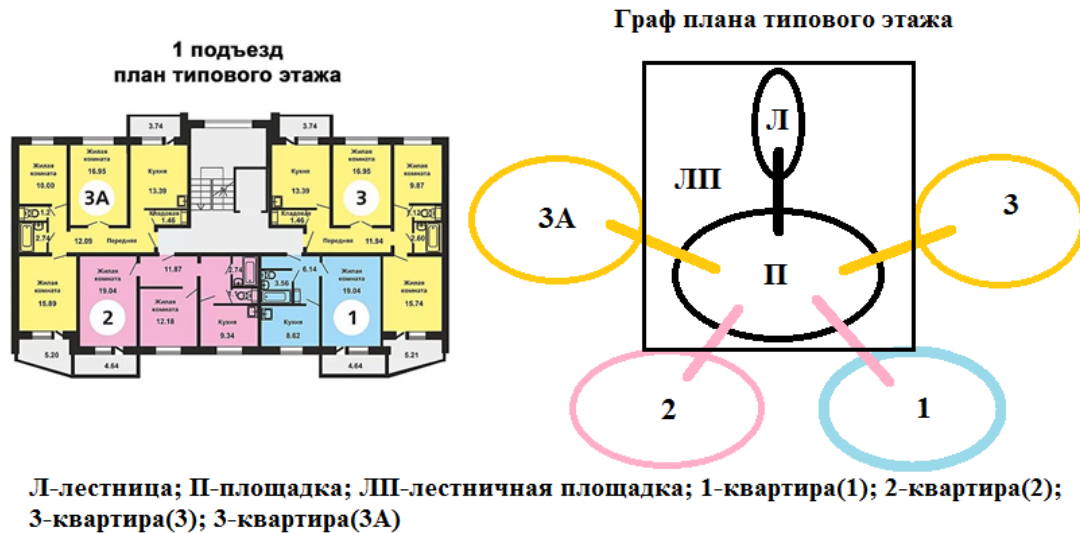


Рис. 3. Представление компоновочного решения лестничной клетки графом Эйлера

Под разбиением множества S на подмножества $T(i)$ будем понимать такое множество S подмножеств $T(i)$, [$T(i) \in S$] что:

- 1) $T(i) \cap T(j) = 0$; подмножества $T(i)$ и $T(j)$ попарно не пересекаются;
- 2) $\sum \cup T(i)_i = S$; все вместе подмножества $T(i)_i$ образуют множество S .

Алгоритм. Пусть задана компоновочная схема соединений графа типового этажа из множества $E = \{e_1, e_2, \dots, e_n\}$. Определим процесс назначения элементов $e(i)$ из множества E в узлы $T(i)$, на каждом шаге которого выбирается один из нераспределенных элементов и приписывается очередному узлу. Узел считается завершенным, если число элементов в узле равно заданному числу K , либо назначение любого из нераспределенных элементов, приводит к образованию такого количества внешних связей узла, которое превышает заранее заданное предельно допустимое значение V .

После завершения очередного узла аналогичная процедура проводится для следующего узла, причем кандидатами для назначения являются элементы, не включенные в предыдущие узлы. Процесс заканчивается, когда все элементы из множества E будут распределены.

Проектирование каждого очередного узла $T(i)$, ($i = 1, 2, 3, \dots, i$) графа типового этажа, начинается с выбора базового элемента i^* из множества нераспределенных элементов $I(i)$. В начале процесса все элементы считаются нераспределенными. Для элемента x , принадлежащего множеству $T(i)$ введем функционал? определяющий число цепей, связывающих элемент x и элементы из множества $I = I(j)x$. Базовый элемент i^* – первый по порядку элемент из множества $I(i)$, функционал $L1$ которого принимает максимальное значение. Элемент i^* помещается в узел $T(i)$, а оставшиеся элементы $I(j)i^*$ являются кандидатами для включения в узел $T(i)$ на последующих шагах предлагаемого алгоритма.

Функционал $L1$ является степенью вершины графа элементных комплексов³, а с конструкторско-технологической точки зрения проектирования компоновки представляет собой общее количество предполагаемых к выполнению операций в данной конкретной вершине графа элементных комплексов. Функционал $L2$ определяет общее суммарное количество инцидентности базового элемента, либо группы базовых элементов, и каждого в отдельности из используемых элементов. Функционал $L3$ определяет принадлежность внутренних связей элементов сопоставляемому базовому элементу и используемым в заданном графе элементам.

Начало конструирования узлов $T(i)$, ($r = 1, 2, 3, \dots, i$), в кодировке $LP1, LP2$ и $LP3$ «Лестничные площадки» показано на рис. 4. К «Лестничным площадкам» относятся (LP_i) на всех этажах, а также и соответствующие им жилые помещения. В нашем примере это – LP_1, LP_2 и LP_3 и $Ap1\ 1, Ap2\ 1, A3\ 1, Ap3A1, Ap1\ 2, Ap2\ 2, A3\ 2, Ap3A2, Ap1\ 3, Ap2\ 3, A3\ 3, Ap3A3$.

ЛПР ЭВМ начинает осуществлять в форме предварительного назначения соответствующих предпочтений (приоритетов) весов связей соответствующим инцидентностям графа типового этажа, представленного соответствующим графом $G = (E, V, W)$ на рис. 3 начнём с выбора базового элемента (i)* из множества еще нераспределенных элементов $L(i)$ множества $T(i)$. Таким образом в предлагаемом алгоритме осуществляется итерационный процесс формирования блок-узла соответствующей лестничной площадки для соответствующего этажа. Так как этот процесс формализован в виде набора инструкций, то при их последовательном выполнении достигается тот же результат, что и в процессе конструирования блок-узлов конструктором человеком. Последовательность назначения весов связей между элементами указанных множеств приведена на рис. 4.

Таким образом, элемент (i)*, помещаемый первым в блок-узел, будем считать центром группирования, к которому в последующем добавляются новые элементы. Последовательность компоновки блок-узла $T(i)$ управляется функционалами $L2(x)$ и $L3(x)$.

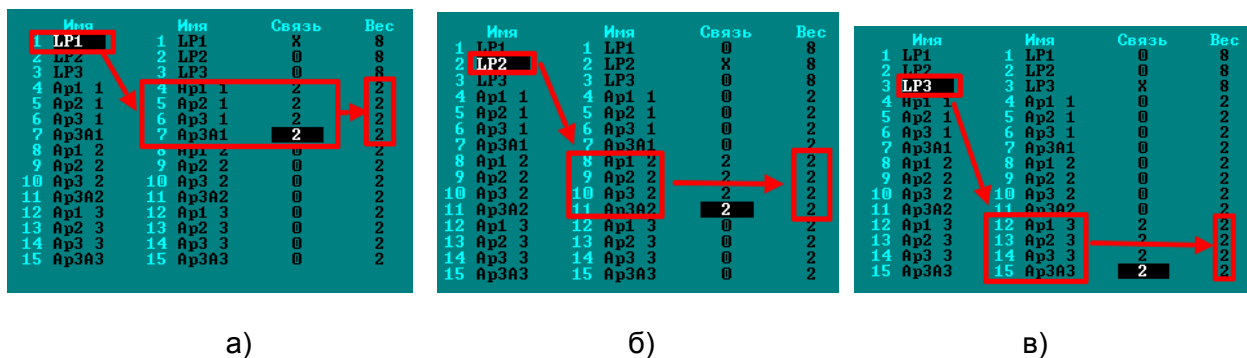


Рис. 4. Назначение весов связности между квартирами и лестничными площадками для 1-го, 2-го и 3-го этажей: а) связи между лестничной площадкой 1-го этажа и квартирами 1-го этажа; б) связи между лестничной площадкой 2-го этажа и квартирами 2-го этажа; в) связи между лестничной площадкой 3-го этажа и квартирами 3-го этажа; и т.д.

Градацию степени связности элементов определим следующим образом: 0 – отсутствие любой связности рассматриваемых элементов; 1 – рассматриваемые элементы компоновочной схемы могут быть инцидентны друг другу с небольшой степенью связности. Здесь же подразумевается и вариант отсутствия связности между элементами, но при этом ранг отношений элементов друг с другом однозначно выше, чем в варианте 0. Эта связность предусматривает вероятностно-стохастические отношения

³ графом элементных комплексов будем считать граф типового этажа обладающий только сигнальными ребрами и, - у которого отсутствуют элементные рёбра.

между рассматриваемыми элементами; 2 – наличие жесткой и неразрывной связности между выбранными элементами компоновочной схемы. Эта связность подразумевает детерминированные отношения между рассматриваемыми элементами.

Таким образом, решая задачу последовательных назначений для формализации и обучения ЛПР ЭВМ используем правила неформальной логики в виде нечеткого k -местного предиката $P(\langle x_1, x_2, \dots, x_k \rangle)$. Формально, k -местный предикат определяется как некоторое отображение из декартова произведения универсумов X_1, X_2, \dots, X_k в некоторое вполне упорядоченное множество значений истинности в интервал $[0,1]$, т. е. $\{P: \langle X_1 \times X_2 \times \dots \times X_k \rangle \rightarrow [0, 1]\}$.

По аналогии с предикатами из формальной логики, переменные x_1, x_2, \dots, x_k будем называть «предметными переменными нечеткого предиката» $P(\langle x_1, x_2, \dots, x_k \rangle)$, а декартово произведение универсумов $X_1 \times X_2 \times \dots \times X_k$ – его предметной областью. В результате получим решение задачи разбиения исходного множества элементов (лестничных площадок) на непересекающиеся подмножества предмета разбиения (квартир). Результат разбиения приведен на рис. 5.



Рис. 5. Подмножества квартир на соответствующих этажах являющиеся подмножествами лестничных площадок на соответствующих этажах

Так, на рис. 5 каждой лестничной площадке LP_i , соответствующей каждому i -му этажу, поставлен в соответствие строго определенный кортеж квартир-апартаментов AP_i в автоматическом режиме (без участия человека). Три кортежа квартир, принадлежащие различным этажам, которым, в свою очередь, принадлежат соответствующие лестничные площадки LP_i , соответствующие i -й этажности, сформированы конструктором в лице ЭВМ (без участия человека) на основе ранее приведенных эвристических и семантических правил, формальных и неформальных логик, а также предметной области конструирования компоновок лестничных площадок зданий и сооружений, реализованных в выше приведенном алгоритме.

Соответствие истинности высказанных эвристических методов можно проверить путём построения соответствующего вычислительного эксперимента, позволяющего на основании определённых оценок и здравого смысла проверить декларируемый эвристический метод автоматического (без участия человека) получения компоновочных решений. Для проверки правильности предлагаемой методики ранее приведенную компоновочную схему представим так, как это показано на рис. 6. Вершину LP_i разделим на четыре сектора, в которых укажем стоимость тарифа⁴ соответствующей связи между лестничной площадкой и соответствующей квартирой. Для чистоты эксперимента тарифы обозначим через соответствующие порядковые номера соответствующих помещений.

⁴ Под тарифом в данном случае будем понимать вес устанавливаемой связи

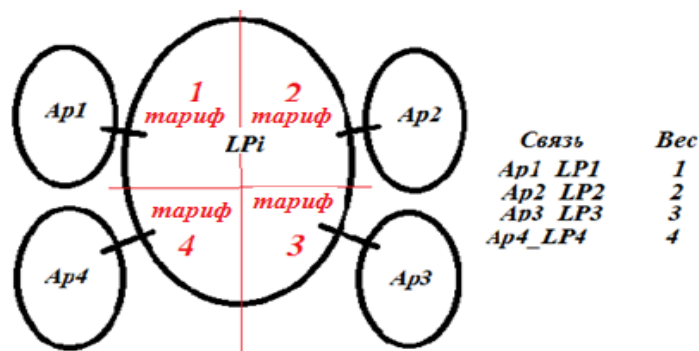


Рис. 6. Граф разметки компоновки этажей лестничных площадок

Приступим к построению опорного плана компоновочного решения отличным от предыдущего метода способом. Будем использовать табличный метод решения задачи компоновки, известный в теории исследования операций как метод распределения ресурсов. Для этого составим и заполним представленным далее образом таблицу №1. Заполнение таблицы №1 будем осуществлять по известным в теории исследования операций правилам. Проверку истинности приведенных предикатов, а также функционирование приведенных эвристических методов осуществим путём решения задачи формальной оптимизации приведенных компоновочных решений различными методами, поиск решения, метод потенциалов для каждого отдельно взятого этажа компоновочного решения.

С учётом графа конечной разметки компоновки лестничных клеток составим стартовую компоновочную таблицу №1 для типового этажа приведенного на рис. 2 и 6 с тарифами ресурсов, принимаемыми нами прямо пропорционально номерам обозначенных компонентов лестничных площадок LP_i и квартир-апартаментов Ap_r . Заполнение таблицы №1 будем осуществлять методом северо-западного угла.

Таблица №1.

	ресурс	LP_1	LP_2	LP_3	LP_4	Сумма по строкам
Ap_1	тариф 1/0	1	2	3	4	(1)
Ap_2	тариф 2/0	1	2	3	4	(2)
Ap_3	тариф 3/2/0	1	2	3	4	(3)
Ap_4	тариф 4/3/1/0	1	2	3	4	(4)
	Сумма по столбцам	(1)	(2)	(3)	(4)	

Заполнение таблицы №1 будем осуществлять в соответствии с требованиями теории исследования операций. В результате получаем первую базовую компоновку квартир-апартаментов и лестничных площадок. Эту комбинацию, приведенную в таблице №1, оценим оценочной функцией, которая приведена ниже:

$$1 \times 4 + 2 \times 4 + 1 \times 4 + 2 \times 3 + 1 \times 3 + 2 \times 2 + 1 \times 1 = 30$$

Стоимость приведенной оценочной функции равна 30 условным единицам. Что тут важно отметить? Нами без определённых семантических и логических правил получена первая

комбинация компоновочного решения стоимостью 30 условных единиц. Именно это положение может быть положено в основу принципа обучения ЛПР ЭВМ для получения стартовой (пусть вначале неоптимальной) композиции компоновочного решения. На этом будем считать, что с первым этапом вычислительного эксперимента построения опорного плана компоновочного решения мы справились формальным образом.

Каким же образом улучшить полученное решение? Многие конструкторы-люди в таких случаях полагаются на имеющийся у них профессиональный опыт, образование и даже на профессиональную интуицию. Непонятно как передать или обучить этому конструктора ЛПР ЭВМ? Построим алгоритм улучшения базового решения путём поиска решения с использованием ЭВМ в рамках вычислительного эксперимента. Для этого составим и заполним таблицу №2 следующим образом:

Таблица №2.

	A	B	C	D	E	F	G	H
1								
2		ЦенаРесурса1	ЦенаРесурса2	ЦенаРесурса3	ЦенаРесурса4			
3		1	2	3	4			
4								
5		x1=	x2=	x3=	x4=	Отношение	ЦФ	
6		1	1	1	1	min	10	
7			Ограничения					
8		LP1	LP2	LP3	LP4	Ресурс ограничений		Ресурс по рис.2
9	Ap1	1				1	<=	1
10	Ap2		2			2	<=	2
11	Ap3			3		3	<=	3
12	Ap4				4	4	<=	4

В таблице №2 сформулирована целевая функция, расположенная по адресу G6 для поиска оптимального компоновочного решения и обозначены ограничения для решения задачи распределения наших ресурсов по связности лестничных площадок и соответствующим им квартир расположенные по адресам H9:H12. По адресу B6:E6 получим значения x_{ij} , с помощью которых можно минимизировать оценочную функцию таблицы №1. При этом необходимо заполнить, как это показано ниже, таблицу №3.

Таблица №3.

	ресурс	LP ₁	LP ₂	LP ₃	LP ₄	Сумма по строкам
Ap1	тариф	1	2	3	4	
	1/0	1				(1)
Ap2	тариф	1	2	3	4	
	2/1		1			(1)
Ap3	тариф	1	2	3	4	
	3/2			1		(1)
Ap4	тариф	1	2	3	4	
	4/3				1	(1)
	Сумма по столбцам	(1)	(1)	(1)	(1)	

Пересчитаем оценочную функцию таблицы №3 и сравним её с оценочной функцией таблицы №1:

$$1 \times 1 + 1 \times 2 + 1 \times 3 + 1 \times 4 = 10 < 1 \times 4 + 2 \times 4 + 1 \times 4 + 2 \times 3 + 1 \times 3 + 2 \times 2 + 1 \times 1 = 30$$

Стоимость приведенной оценочной функции равна 10 условным единицам, что на $30 - 10 = 20$ условных единиц ниже оценочной функции таблицы №1. Как можно интерпретировать полученный результат? Нам формально удалось существенно снизить стоимость оценочной функции. Что при этом важно: нами без определённых семантических и логических правил получена значительно улучшена первая комбинация компоновочного решения стоимостью 30 условных единиц.

Таким образом, в результате последовательных действий вычислительного эксперимента можно сформулировать соответствующее семантическое правило обучения ЛПР ЭВМ принятию соответствующего решения для улучшения первоначальной компоновки. Сравнивая результаты компоновочного решения, полученного эвристическим методом по связности с компоновочным решением, полученным методом потенциалов, убеждаемся в их практическом соответствии друг другу. Таким образом, полученная компоновка на этапе реализации приведенного алгоритма ЛПР ЭВМ является приемлемой и оптимальной.

Литература

1. Аляутдинов М.А., Галушкин А.И., Казанцев П.А., Остапенко Г.П. Нейрокомпьютеры. От программной к аппаратной реализации. – М.: Горячая линия – Телеком, 2016. – 152 с.
2. Андрейчиков А.В., Андрейчикова О. Н. Системный анализ и синтез стратегических решений в инноватике. Математические, эвристические и интеллектуальные методы системного анализа и синтеза инноваций: учебное пособие. – М.: Ленанд, 2015. – 306 с.
3. Беллман Р., Дрейфус С. Прикладные задачи динамического программирования. – М.: Наука, 2016. – 458 с.
4. Бишоп Оуэн. Настольная книга разработчика роботов (+ CD-ROM). – М.: МК-Пресс, Корона-Век, 2015. – 400 с.
5. Братко И. Алгоритмы искусственного интеллекта на языке PROLOG. – М.: Вильямс, 2016. – 640 с.
6. Воротников С.А. Информационные устройства робототехнических систем: моногр. – М.: Гостехиздат, 2011. – 384 с.
7. Геловани В.А., Башлыков А.А., Бритков В.Б., Вязилов Е.Д. Интеллектуальные системы поддержки принятия решений в нестандартных ситуациях с использованием информации о состоянии природной среды. – М.: Едиториал УРСС, 2015. – 304 с.
8. Гладкий С.Л., Степанов Н.А., Ясницкий Л.Н. Интеллектуальное моделирование физических проблем. – М.: Институт компьютерных исследований, Регулярная и хаотическая динамика, 2011. – 200 с.
9. Гладких В.В., Гладких П.В., Гладких В.П. Идеи и решения фундаментальных проблем науки и техники. – СПб.: БХВ-Петербург, 2012. – 176 с.
10. Гудвин Г.К., Гребе С.Ф., Сальгадо М.Э. Проектирование систем управления (+ CD-ROM). – М.: Бином. Лаборатория знаний, 2016. – 912 с.
11. Здор С.Е. Кодированная информация. От первых природных кодов до искусственного интеллекта. – М.: Наука, 2012. – 168 с.

12. Искусственные иммунные системы. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2015. – 344 с.
13. Искусственный интеллект и принятие решений. – М.: Ленанд, 2011. – №1. – 742 с.
14. Искусственный интеллект и принятие решений. – М.: ИСА РАН, 2011. – №4. – 124 с.
15. Искусственный интеллект. Десятая национальная конференция по искусственному интеллекту. Т.1-3. – М.: Наука, 2015. – 359 с.
16. Искусственный интеллект. Междисциплинарный подход. – М.: ИИнтелл, 2013. – 448 с.
17. Калинин Л.А., Рывкин В.М. Машины баз данных и знаний. – М.: Наука, 2011. – 296 с.

References

1. Alyautdinov M.A., Galushkin A.I., Kazantsev P.A., Ostapenko G.P. *Nejrokom'jutery. Ot programmnoj k apparatnoj realizacii* [Neurocomputers. From software to hardware implementation]. Moscow, 2016, 152 p.
2. Andreychikov A.V., Andreychikova O.N. *Sistemnyj analiz i sintez strategicheskikh reshenij v innovatike. Matematicheskie, jevristsicheskie i intellektual'nye metody sistemnogo analiza i sinteza innovacij: uchebnoe posobie* [System analysis and synthesis of strategic decisions in innovation. Mathematical, heuristic and intellectual methods of system analysis and synthesis of innovations. Tutorial]. Moscow, 2015, 306 p.
3. Bellman R., Dreyfus S. *Prikladnye zadachi dinamicheskogo programmirovaniya* [Applied dynamic programming problem]. Moscow, 2016, 458 p.
4. Bishop Owen *Nastol'naja kniga razrabotchika robotov (+ CD-ROM)* [Handbook of robot developers (+ CD-ROM)]. Moscow, 2015, 400 p.
5. Bratko I. *Algoritmy iskusstvennogo intellekta na jazyke PROLOG* [The artificial intelligence Algorithms in the language PROLOG]. Moscow, 2016, 640 p.
6. Vorotnikov S. A. *Informacionnye ustrojstva robototekhnicheskikh sistem: monogr* [Information devices of robotic systems: monograph]. Moscow, 2011, 384 p.
7. Gelovani V.A., Bashlykov A.A., Britkov V.B., Vasilev E.D. *Intellektual'nye sistemy podderzhki prinjatija reshenij v neshtatnykh situacijah s ispol'zovaniem informacii o sostojanii prirodnoj sredy* [Intellectual systems of support of decision-making in emergency situations using information about the state of the environment]. Moscow, 2015, 304 p.
8. Smooth C.L., Stepanov N.A., Yasnitsky L.N. *Intellektual'noe modelirovanie fizicheskikh problem* [Intelligent modeling of physical problems]. Moscow, 2011, 200 p.
9. Gladkikh V.V., Gladkikh P.V., Gladkikh V.P. *Idei i reshenija fundamental'nykh problem nauki i tehniki* [Ideas and solutions for fundamental problems of science and technology]. St. Petersburg, 2012, 176 p.
10. Goodwin G.C., Graebe S.F., Salgado M.E. *Proektirovanie sistem upravleniya (+ CD-ROM)* [Control system Design engineering (+ CD-ROM)]. Moscow, 2016, 912 p.
11. Zdor S.E. *Kodirovannaja informacija. Ot pervykh prirodnykh kodov do iskusstvennogo intellekta* [Coded information. The first codes from natural to artificial intelligence]. Moscow, 2012, 168 p.

12. *Iskusstvennyye immunnye sistemy* [Artificial immune system]. Moscow, 2015, 344 p.
13. *Iskusstvennyj intellekt i prinjatje reshenij* [Artificial intelligence and decision making]. Moscow, 2011, no. 1, 742 p.
14. *Iskusstvennyj intellekt i prinjatje reshenij* [Artificial intelligence and decision making]. Moscow, 2011, no. 4, 124 p.
15. *Iskusstvennyj intellekt. Desjataja nacional'naja konferencija po iskusstvennomu intellektu* [Artificial intelligence [Tenth Artificial intelligence. Tenth National Conference on Artificial Intelligence]. Moscow, 2015, vol. 1-3, 359 p.
16. *Iskusstvennyj intellekt. Mezhdisciplinarnyj podhod* [Artificial intelligence. Interdisciplinary approach]. Moscow, 2013, 448 c.
17. Kalinichenko L.A., Ryvkin V.M. *Mashiny baz dannyh i znanij* [Machine databases and knowledge bases]. Moscow, 2011, 296 p.

ОБ АВТОРЕ

Куликов Владимир Георгиевич

Кандидат технических наук, доцент Московский Государственный Строительный Университет, Москва, Россия
e-mail: kulikov-miit@mail.ru

ABOUT THE AUTHOR

Kulikov Vladimir

PhD in Technical Sciences, Associate Professor, Moscow State University of Civil Engineering, Moscow, Russia
e-mail: kulikov-miit@mail.ru