
СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

Основан в 1995 г.

**2020
№ 2(80)**



2020

Журнал зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций **ПИ Н ФС77-66093 от 10 июня 2016 г.** (первичная регистрация **от 20 мая 2003 г.**)

ISSN 1729-5068

Журнал выходит четыре раза в год

СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Главный редактор	С.Л.Подвальный , д-р техн. наук, профессор
Заместитель главного редактора	В.Н.Бурков , д-р техн. наук, профессор
Ответственный секретарь	О.Я.Кравец , д-р техн. наук, профессор

ЧЛЕНЫ РЕДАКЦИОННОЙ КОЛЛЕГИИ:

В.С.Балакирев, д-р техн. наук, профессор	Я.Е.Львович, д-р техн. наук, профессор
С.А.Баркалов, д-р техн. наук, профессор	Б.В.Палюх, д-р техн. наук, профессор
В.К.Битюков, д-р техн. наук, профессор	Е.С.Подвальный, д-р техн. наук, профессор
В.Л.Бурковский, д-р техн. наук, профессор	А.К.Погодаев, д-р техн. наук, профессор
М.Б.Гузаиров, д-р техн. наук, профессор	Ю.А.Савинков, д-р техн. наук, профессор
Т.В.Киселева, д-р техн. наук, профессор	Ю.С.Сахаров, д-р техн. наук, профессор
И.В.Ковалев, д-р техн. наук, профессор	В.Н.Фролов, д-р техн. наук, профессор
В.Н.Козлов, д-р техн. наук, профессор	А.И.Шиянов, д-р техн. наук, профессор
В.В.Кондратьев, член-корр. РАН	А.Д.Цвиркун, д-р техн. наук, профессор
В.В.Кульба, д-р техн. наук, профессор	

Статьи, поступающие в редакцию, рецензируются. За достоверность сведений, изложенных в статьях, ответственность несут авторы публикаций. Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов материалов. При перепечатке ссылка на журнал обязательна.

Материалы публикуются в авторской редакции.

Дизайн обложки Т.А.Бурковская

Адрес учредителя и редакции:
394026 Воронеж, Московский проспект,
дом 14

Телефон: (473)2437718
E-mail: csit@bk.ru
<http://www.sbook.ru/csit/>



Учредитель: ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»

Издатель: ООО Издательство «Научная книга» <http://www.sbook.ru>

Адрес издателя: 394077 Воронеж, 60-й Армии дом 25-120

Цена свободная.

Отпечатано с готового оригинал-макета в ООО «Цифровая полиграфия»
394036, г.Воронеж, ул.Ф.Энгельса, 52, тел.: (473)261-03-61

Подп. в печать 11.05.2020. Дата выхода в свет 11.06.2020. Заказ 000. Тираж 500. Усл. печ. л. 10,2.

Содержание

Раздел 1. Моделирование сложных объектов и систем (шеф-редактор В.Л.Бурковский)

Болнокин В.Е., Мутин Д.И., Выскуб В.Г., Мутина Е.И., Номбре С.Б., Сторожев С.В. Методика учета факторов неопределенности в моделях термоупругого деформирования тонких пластин с эллиптическими граничными контурами	4
Николаев Д.А., Лебеденко Е.В., Пимонов Р.В. Подходы к имитационному моделированию системы видеонаблюдения с децентрализованной структурой и подсистемой видеоаналитики, реализующей функцию многокамерного сопровождения объектов.....	9
Потудинский А.В., Преображенский А.П. Модели оптимизации «стоимость-надежность» для обслуживающих социально-экономических систем.....	14
Райхельгауз Л.Б., Ткачева С.А. Спектральный метод в решении обратной задачи для параболической системы с распределенными параметрами на сети	21
Трофимов Е.П. О псевдообращении блочных матриц полного ранга.....	24

Раздел 2. Оптимизация и принятие решений (шеф-редактор Т.М.Леденева)

Алиев И.А. Численное исследование и оптимизация системы управления запасами с мгновенным обслуживанием и двумя типами заявок	28
Кузьмич Р.И., Ступина А.А., Соколов В.А., Машинец Е.Е. Об одном подходе к построению интерпретируемого классификатора для метода логического анализа данных.....	34
Мальсагов М.Х. Динамические модели стимулирования и контроля рабочего времени сотрудников	38
Полежаева Л.В., Егорова Л.Д., Лапунова Е.В., Рожнов И.П. Оптимизационная модель планирования ассортимента розничного предприятия с использованием булевых переменных	43
Сергеев С.М. Алгоритм управления коммерческой сетью.....	47

Раздел 3. Прикладные задачи и информационные технологии (шеф-редактор Е.С.Подвальный)

Агиева М.Т. Технология решения динамических задач управления посредством имитационного моделирования.....	53
Андрианов И.А., Григорьева А.Н. Модернизация индекса для поиска по регулярным выражениям	60
Бородащенко А.Ю., Жусов Д.Л., Козленко А.В., Макеев С.М. Управление информационными ресурсами защищенных web-порталов	64
Еськов С.С., Кравец О.Я. Моделирование работы узла системы распределенного реестра на основе цепочки блоков при реализации им нештатных функций в ходе достижения взаимного информационного согласия.....	67
Киров Д.И., Бронфельд Г.Б. Редактор знаний для интеллектуальной системы с базой знаний на основе молинг	71
Лысов Д.В. Анализ надежности в жизненном цикле программного обеспечения.....	76
Трофименков А.К., Трофименков С.А., Пимонов Р.В. Алгоритмизация обработки файлов для их идентификации при нарушении целостности данных	82

Раздел 4. Перспективные исследования (шеф-редактор О.Я.Кравец)

Ахматшин Ф.Г., Насыров И.Р., Казаковцев В.Л., Казаковцев Л.А. О нормализации данных в задаче автоматической группировки промышленной продукции по однородным производственным партиям.....	86
Буйвис В.А., Новичихин А.В. Разработка и выбор сценариев распределения ресурсов автодорожного комплекса на основе механизма государственно-частного партнерства.....	89
Воробьев А.А., Воронежский А.А., Азрапкин А.И., Белоножко Е.Д. Исследование возможностей математических методов по восстановлению пропусков в номинативных социологических данных	93
Жиленков А.А., Данг Б.Х., Нгуен Х.Т. Синтез и анализ необходимых и достаточных условий наблюдаемости параметров целей в МІМО-радиолокационных станциях	97

преимущество перед традиционной нормализацией по стандартному отклонению.

Список использованных источников

1. Орлов В.И. Качество электронной компонентной базы - залог длительной работоспособности космических аппаратов// Решетневские чтения. 2013. Т. 1., № 17. С. 238-241.
2. Федосов В.В. Повышение надежности радиоэлектронной аппаратуры космических аппаратов при применении электрорадиоизделий, прошедших дополнительные отбраковочные испытания в специализированных испытательных технических центрах// Авиакосмическое приборостроение. 2006. № 10. С.50-55.
3. Патраев В.Е. Методы обеспечения и оценки надежности космических аппаратов с длительным сроком активного существования: монография. Красноярск: Издательство СибГАУ. 2010. С. 136.
4. Данилин Н.С. Диагностика и контроль качества изделий цифровой микроэлектроники. М.: Издательство стандартов. 1991. С. 176.
5. Данилин Н. Проблемы применения современной индустриальной электронной компонентной базы иностранного производства в ракетно-космической технике// Современная электроника. 2007. вып.7. С. 8-12.
6. Ooi M.P.-L. Getting more from the semiconductor test: Data mining with defect-cluster extraction// IEEE Trans. Instrum. Meas. - 2011.- Vol. 60, No. 10.- P. 3300-3317.
7. ОТ №510-5608-05 Анализ технического состояния и оценка уровня фактической надежности и готовности к целевому использованию космических аппаратов народнохозяйственного назначения по результатам изготовления и эксплуатации в 2005 году. Анализ динамики изменения показателей надежности за период с 1994 по 2005 год. Железногорск: НПО ПМ. 2005. С. 176.
8. Федосов В.В. Повышение надежности радиоэлектронной аппаратуры космических аппаратов при применении электрорадиоизделий, прошедших дополнительные отбраковочные испытания в специализированных испытательных технических центрах// Авиакосмическое приборостроение. 2006. № 10. С. 50-55.
9. Ожегин Ю.А. Направления развития системы управления качеством радиационных испытаний электронной компонентной базы// Спецтехника и связь. 2011. № 4-5. С. 59-62.
10. Казаковцев Л.А. Метод жадных эвристик для систем автоматической группировки объектов: Дис... д-ра техн. наук. Красноярск, 2016. С. 429.
11. Федосов В.В., Казаковцев Л.А., Масич И.С. Метод нормировки исходных данных испытаний электрорадиоизделий космического применения для алгоритма автоматической группировки// Системы управления и информационные технологии. 2016. № 3 (65). С. 92-96.
12. Kazakovtsev L.A., Antamoshkin A.N., Masich I.S.; Fast Deterministic Algorithm for EEE Components Classification// IOP Conference Series: Materials Science and Engineering 94. 2015. Article ID 012015.
13. Орлов В.И. Качество электронной компонентной базы - залог длительной работоспособности космических аппаратов// Решетневские чтения. 2013. Т. 1., № 17. С. 238-241.
14. Масич И.С. Отбор закономерностей для построения решающего правила в логических алгоритмах распознавания// Системы управления и информационные технологии. 2013, Т.51, вып. 1.1. С. 170-173.
15. Kazakovtsev L.A., Antamoshkin A.N. Genetic Algorithm with Fast Greedy Heuristic for Clustering and Location Problems// Informatica. 2014. Vol. 38, no.3, P. 229-240.
16. Farahani R., Hekmatfar M.; Facility Location: Concepts, Models, Algorithms and Case Studies. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. 2009. P. 549.
17. Казаковцев Л.А., Ступина А.А., Орлов В.И. Выбор метрики для системы автоматической классификации электрорадиоизделий по производственным партиям// Программные продукты и системы, 2015, 2 (110): 124-129.
18. Rand W.M. Objective Criteria for the Evaluation of Clustering Methods// Journal of the American Statistical Association 66(336). 1971. P. 846-850.

УДК 625.7:004.942

Буйвис В.А., Новичихин А.В.

РАЗРАБОТКА И ВЫБОР СЦЕНАРИЕВ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РЕСУРСОВ АВТОДОРОЖНОГО КОМПЛЕКСА НА ОСНОВЕ МЕХАНИЗМА ГОСУДАРСТВЕННО-ЧАСТНОГО ПАРТНЕРСТВА

Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк

Определены особенности реализации проектов в автодорожном комплексе. Выполнены постановка и решение задачи выбора оптимальных сценариев распределения ресурсов автодорожного комплекса на базе нечеткого метода анализа иерархий.

плекса не в полной мере отвечает современным требованиям региональной экономики, социально-экономическое развитие существенно сдерживается состоянием и уровнем развития автомобильных дорог. Доля протяженности дорожной сети, соответствующей нормативным требованиям к транспортно-эксплуатацион-

Введение. Состояние автодорожного ком-

ному состоянию составляет 37,4% [1, 2].

Одним из инструментов, увеличения объемов финансирования является привлечения частных инвестиций в инфраструктурные проекты с помощью механизмов ГЧП (государственно-частного партнерства) [3, 4].

В связи с возрастанием в финансировании инфраструктурных проектов доли привлеченных средств, за счет механизмов ГЧП, становятся актуальными вопросы совершенствования выбора проектов государственно-частного партнерства при планировании распределения ресурсов в автодорожном комплексе.

Одним из важных условий фактической реализуемости проектов с механизмами ГЧП является учет неопределенностей, основными источниками которых являются [5]:

- нерегулярность процессов во внешней среде (неравномерность объемов перевозок, вызванная падением и ростом потребности потребителей и т.д.), и во внутренней среде автодорожного комплекса (нарушение графика выполнения технологического процесса, вызванная статистической неопределенностью продолжительности отдельных технологических операций;

- неполнота или отсутствие информации, её неточность и недостоверность о состоянии внешней среды и протекающих внутренних процессах;

- нарушение графика выделения инвестиций;
- наличие большого числа случайных факторов и процессов транспортного производства (погодные условия, выход из строя элементов автодорожного комплекса т.д.).

Методика. Предлагается выполнить решение задачи выбора оптимальных сценариев распределения ресурсов автодорожного комплекса с применением механизма ГЧП из семи альтернативных мероприятий по пяти индикаторам [6], в условиях, когда процедура формирования проектов базируется на нечетких данных и сравнить с полученными результатами [7], где процедура формирования проектов базируется на данных Программы комплексного развития транспортной инфраструктуры Новокузнецкой агломерации [8].

Методика решения заключается [7] в достижении максимальной удовлетворенности заказчика посредством ранжирования и выбора сценариев распределения ресурсов автодорожного комплекса города Новокузнецка по наибольшему приоритету эффективности [9].

Задачу выбора оптимальных сценариев распределения ресурсов автодорожного комплекса г. Новокузнецка с применением механизма ГЧП из множества альтернативных мероприятий по пяти индикаторам предлагается решать

нечетким методом анализа иерархий [10].

Экспериментальная часть

Постановка задачи выбора проектов строительства автомобильной дороги реализуемых с привлечением механизмов ГЧП, в которых процедура формирования базируется на нечеткой форме данных:

Имеется дорожная сеть, соответствующая нормативным требованиям к транспортно-эксплуатационному состоянию на 37,4%. Необходимо произвести выбор оптимальных сценариев распределения ресурсов автодорожного комплекса с применением механизма ГЧП из семи альтернативных мероприятий A_k по пяти индикаторам Ind_j .

Для формализации нечисловых значений вводится лингвистическая переменная. Лингвистическая переменная определяется по формуле [11]:

$$\{x, T(X), X, G, M\}, \quad (1)$$

где x - имя переменной;

X - множество объектов заданного типа;

$T(x)$ - множество имен лингвистических значений переменной x ;

G - синтаксическое правило для образования имен значений x , порождающее новые термы с использованием квантификаторов «не», «очень», «слегка», «более-менее» и др.;

M - семантическая процедура, превращающая каждый терм из $G(T)$ в нечеткую переменную.

Решение задачи производится по следующему алгоритму:

Шаг 1. Формирование набора правил с неформализованными условиями для образования имен значений лингвистической переменной. В данной работе предлагается использовать три вербальные оценки: «плохо», «удовлетворительно» и «хорошо». Выбор правила по исходным критериям, используя «Если..., то...». Пример написания правил таких вербальных оценок представлен в табл. 1 [10].

Шаг 2. Для всех критериев по каждому выбранному правилу функции совместимости лингвистической переменной определяем функции совместимости значений «плохо», «удовлетворительно», «хорошо» (табл. 2). Для оценки критериев используем лингвистическую переменную X = фактическая реализуемость проектов, значение которой определяются на интервале $[0, 1]$.

Шаг 3. Определить весовые коэффициенты для каждого критерия $\sum_{i=1}^n \omega_i = 1$.

Шаг 4. На основании оценки весовых коэффициентов в условиях нечетких входных дан-

ных проводим построение и анализ нечетких матриц парных сравнений. Нечеткая матрица парных сравнений представляет обобщение четкой матрицы парных сравнений путем замены дискретных элементов матрицы на нечеткие числа с триангулярными функциями принадлежности [11].

При построении нечеткой матрицы парных сравнений используют, эмпирические шкалы, с использованием триангулярной функции принадлежности. Пример такой шкалы приведен в табл. 3 [12].

Таблица 1

Пример правила вербальных оценок

Если	То
Максимально сократить протяженность участков транспортных коммуникаций, на которых имеются ограничения пропускной и провозной способности из-за несоответствия нормативным требованиям Ind ₁	- дорожный объект подвергается реконструкции (A ₁) - «хорошо» - дорожный объект сдается в аренду (A ₂) - «удовлетворительно» - заключение договора аренды, по которому часть парка транспортных средств подвижной состав заменяется на подвижной состав характеристики которого удовлетворяют требованиям дорожного объекта (A ₃) - «плохо»

Таблица 2

Структура лингвистической переменной

Значение базовой переменной	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
Функции совместимости	П	1,0	1,0	0,85	0,3	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
У	0,0	0,0	0,0	0,25	0,7	1,0	0,7	0,25	0,0	0,0	0,0
Х	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,3	0,85	1,0	1,0

Примечание: П - «плохо»; У - «удовлетворительно»; Х - «хорошо»

Таблица 3

Нечеткая шкала относительной важности показателей [12]

Интерпретация значимости элемента иерархической структуры	Нечеткая шкала относительной важности показателей	Шкала Саати
одинаково, равно	(1, 1, 1)/ (1, 1, 1)	1
немного лучше (хуже) - 3(1/3)	(1, 3/2, 2)/ (1/2, 2/3, 1)	3(1/3)
лучше (хуже)	(3/2, 2, 5/2)/ (2/5, 1/2, 2/3)	5 (1/5)
значительно лучше (хуже)	(2, 5/2, 3)/ (1/3, 2/5, 1/2)	7
очень сильное превосходство (отставание) 9 (1/9)	(5/2, 3, 7/2)/ (2/7, 1/3, 5/2)	9

Далее, опираясь на шкалу оценивания (табл. 3) преобразуем мнения экспертов о сопоставимости различных факторов в количественные показатели и составляем четкую матрицу парных сравнений (табл. 4).

Шаг 5. Задаем степень нечеткости значения рангов для нечеткой матрицы $\sigma \in (0,1)$ и проводим экспертную оценку весовых коэффициентов по каждому из пяти индикаторов. В табл. 5

представлен пример нечеткой матрицы парных сравнений для оценки весовых коэффициентов по пяти индикаторам.

Таблица 4

Исходная четкая матрица парных сравнений альтернативных проектов по пяти индикаторам

Индикаторы	Ind 1	Ind 2	Ind 3	Ind 4	Ind 5
Ind 1	1	3	1	0,5	4
Ind 2	0,33	1	2	3	2
Ind 3	1	0,5	1	5	3
Ind 4	2	0,2	0,125	1	4
Ind 5	0,2	0,5	0,17	0,13	1

Таблица 5

Нечеткая матрица парных сравнений альтернативных проектов по пяти индикаторам, степень нечеткости значения рангов $\sigma = 0,8$

Индикаторы	Индикаторы													
	Ind 1			Ind 2			Ind 3			Ind 4		Ind 5		
Ind 1	1	1	1	2,2	3	3,8	0,2	1	1,8	1/2		3,2	4	4,8
Ind 2	0,4	1/3	0,2	1	1	1	1,2	2	2,8	2,3	3,8	1,2	2	2,8
Ind 3	0,3	0,3	0,4	0,2	1/2	0,4	1	1	1	4,2	5	5,8	2,3	3,8
Ind 4	0,3	0,3	0,4	0,6	1/5	0,3	0,6	1/2	1/3	1	1	3,2	4	4,8
Ind 5	0,2	1/5	0,5	0,4	1/2	0,2	0,4	1/3	0,2	0,3	1/4	0,2	1	1

Далее, аналогично примеру, составляются нечеткие матрицы парных сравнений для каждого альтернативного мероприятий по всем индикаторам. Обработка нечетких матриц парных сравнений проведена в соответствии с методикой, описанной в [9]. Ранжирование рассматриваемых альтернативных мероприятий будем производиться по наибольшему приоритету эффективности. Наибольшим приоритетом эффективности будет максимальное значение из весовых коэффициентов, полученных в результате произведения матрицы весовых коэффициентов частных критериев и матрицы векторов приоритета (ВП) рассматриваемых альтернативных мероприятий. Результаты вычислений весовых коэффициентов и наибольшего приоритета эффективности:

$$\begin{pmatrix} 0,15277 & 0,16077 & 0,14989 \\ 0,13018 & 0,13696 & 0,12282 \\ 0,09445 & 0,09818 & 0,08632 \\ 0,21316 & 0,22144 & 0,20869 \\ 0,21043 & 0,22256 & 0,20014 \\ 0,05159 & 0,05162 & 0,04530 \\ 0,01715 & 0,01785 & 0,01627 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} 0,583 \\ 0,207 \\ 0,119 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0,14034 \\ 0,11899 \\ 0,08583 \\ 0,19516 \\ 0,19278 \\ 0,04620 \\ 0,01564 \end{pmatrix} \quad (2)$$

Максимальным элементом в матрице является **0,19516**. Следовательно, наиболее важным параметром при выборе будет являться альтернативное мероприятие A₄, которое предусматривает проведение работ по проектированию, строительству, текущему содержанию и ремонту дополнительного участка дорожного объекта.

На основании решения задачи выбора оптимальных сценариев распределения ресурсов

автотранспортного комплекса с применением механизма ГЧП, в которых процедура формирования базируется на нечеткой форме данных, выполняем их ранжирование (табл. 6).

Таблица 6

Ранжирование сценариев распределения ресурсов автотранспортного комплекса г. Новокузнецка

Условное обозначение сценария	Ранг, вектор приоритета сценария	
	метод анализа иерархий [9]	нечеткий метод анализа иерархий
A ₄	Ранг - 1 ВП - 0,25447	Ранг - 1 ВП - 0,19516
A ₅	Ранг - 2 ВП - 0,24239	Ранг - 2 ВП - 0,19276
A ₁	Ранг - 3 ВП - 0,17650	Ранг - 3 ВП - 0,14034
A ₂	Ранг - 4 ВП - 0,14961	Ранг - 4 ВП - 0,11899
A ₃	Ранг - 5 ВП - 0,10791	Ранг - 5 ВП - 0,08583
A ₆	Ранг - 6 ВП - 0,05809	Ранг - 6 ВП - 0,04620
A ₇	Ранг - 7 ВП - 0,01967	Ранг - 7 ВП - 0,01564

Решение задачи выбора сценариев распределения ресурсов автотранспортного комплекса г. Новокузнецка в условиях использования механизмов ГЧП планируется за счет реализации сценария A₄, имеющего наивысший ранг. По нему финансирование проведения работ по проектированию, строительству, текущему содержанию и ремонту дополнительного участка дорожного объекта осуществляет частный партнер за счет собственных или заемных средств по заключенному с администрацией контракту жизненного цикла.

Вывод. Результаты, полученные с использованием нечеткой методики матриц попарного сравнения сопоставимы с результатами решения задачи методом иерархий на количественном уровне [8].

Применение метода анализа иерархий для решения задачи выбора проектов государственно-частного партнерства при планировании распределения ресурсов в автотранспортном комплексе, дает возможность устранить проблему неопределенности и получить результат на качественном и количественном уровне. Дополнительный инструментальный в виде набора индикаторов функционирования и распределения ресурсов автотранспортного комплекса позволяет использовать его в решении задачи многокритериального оптимизационного выбора сценария, максимально удовлетворяющего всем тре-

бованиям, заявленным заказчиком с учетом уровня инвестиционных возможностей.

Список использованных источников

1. Распоряжение Правительства Российской Федерации «Об утверждении Транспортной стратегии Российской Федерации на период до 2030 года N 1734-р от 22 ноября 2008 г. <http://docs.cntd.ru/document/902132678>.
2. Закон Кемеровской области «Об утверждении Стратегии социально-экономического развития Кемеровской области до 2035 года» № 12-ОЗ от 26 декабря 2018 г. <http://docs.cntd.ru/document/550305101>.
3. Федеральный закон «О государственно-частном партнерстве, муниципально-частном партнерстве в Российской Федерации и внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» (с изменениями и дополнениями) № 224-ФЗ от 13 июля 2015 г. <https://base.garant.ru/71129190/>.
4. Федеральный закон «О концессионных соглашениях» № 115-ФЗ от 21 июля 2005 г. (с изменениями и дополнениями). <http://ivo.garant.ru/#/document/12141176/paragraph/34955:1>.
5. В.А. Методические особенности функционирования и распределения ресурсов автотранспортного комплекса: модели и сценарии / В.А. Буйвис, А.В. Новичихин // Транспортное планирование и моделирование: сб. тр. IV Междунар. НПК. - СПб., 2019. - С.47-54.
6. Функционирование и распределение ресурсов автотранспортного комплекса: индикаторы, модели и сценарии / В.А. Буйвис, А.В. Новичихин // Экономика и менеджмент систем управления. - 2018. - № 2.2 (28). - С. 296-303.
7. Буйвис В.А., Новичихин А.В. Подход к распределению ресурсов в автотранспортном комплексе // Системы управления и информационные технологии. 2019. № 3 (77). С. 32-39.
8. Программа комплексного развития транспортной инфраструктуры Новокузнецкой агломерации. <http://bkd.rosdormii.ru/agglomeration/novokuznetskaya/>.
9. Буйвис В.А., Юрьева Е.Н., Новичихин А.В. Моделирование сценариев распределения ресурсов автотранспортного комплекса (в условиях города Новокузнецка) // Системы управления и информационные технологии, №4(78), 2019. - С. 65-69.
10. Мухаметзянов И.З. Нечеткий логический вывод и нечеткий метод анализа иерархий в системах поддержки принятия решений: приложение к оценке надежности технических систем // Кибернетика и программирование. 2017. № 2. С. 59-77.
11. Заде Л.А. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений. - М.: Мир, 1976. - 165 с.
12. Саати, Т. Л. Принятие решений. Метод анализа иерархий. М.: Радио и связь, 1993. 278 с.