

МЕТОДИКА МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОГО АНАЛИЗА СТОИМОСТИ АРЕНДЫ СКЛАДСКИХ ПОМЕЩЕНИЙ

В. Т. ПРОКОПЕНКО¹, Е. Е. МАЙОРОВ², Е. А. ЯКОВЛЕВА³, А. В. ДАГАЕВ⁴,
А. А. СОРОКИН³, Р. Б. ГУЛИЕВ², Р. А. КОВАЛЕНКО³, И. С. ТАЮРСКАЯ²

¹ *Университет ИТМО, 197101, Санкт-Петербург, Россия*

² *Университет при Межпарламентской ассамблее ЕвразЭС,
194044, Санкт-Петербург, Россия
E-mail: majorov_ee@mail.ru*

³ *Ивангородский гуманитарно-технический институт (филиал)
Санкт-Петербургского государственного университета аэрокосмического приборостроения,
188491, Ленинградская обл., Ивангород, Россия*

⁴ *Санкт-Петербургский университет технологий управления и экономики,
190103, Санкт-Петербург, Россия*

Описана многошаговая методика анализа и формирования стоимости арендной платы помещений. Предложен матричный подход к моделированию территории и объектов инфраструктуры. Методика позволяет анализировать статистические данные для прогнозирования стоимости аренды складских помещений, выбора оптимальной зоны размещения складских объектов. Задача исследования заключается в определении методов, применяемых для интерполяции отсутствующих в статистической выборке значений; сглаживания статистической совокупности с результатами интерполяции и визуализации результатов анализа для дальнейшей экспертной оценки. Для решения поставленной задачи выполнена интерполяция статистических данных. С целью устранения выбросов (аномальных значений) применяется метод на основе границ Тьюки, который в сочетании с графическим моделированием сглаживает выбросы. Методом многокритериальной оценки определены экономически эффективные места размещения складских помещений. В результате разработки методов и их имитационного моделирования выполнены расчеты с абстрактными исходными данными. Методология апробирована на реальных объектах недвижимости, получен набор данных, применимый для принятия решений. Использование методики позволяет получить карты распределения стоимости арендной платы, область влияния критериев для дальнейшей экспертной оценки сектора с точки зрения организации, размещения и аренды складов. Предложенная методика может использоваться в качестве инструмента поддержки принятия решений при определении и обосновании цены аренды как со стороны арендатора, так и со стороны арендодателя.

Ключевые слова: *многокритериальный анализ, интерполяция статистических данных, визуализация данных, аренда помещений*

Введение. В ряде работ представлена информация по способам и видам расчета арендной платы [1—4], также рассматриваются методы организации складских бизнес-процессов, анализируются элементы складской логистической системы, представлен интегрированный подход к управлению складированием — от проектирования складской сети до оптимизации логистических процессов на складе [5—7]. В открытых источниках мало внимания уделяется оптимизации аренды складских помещений в районах города, а также зависимости стоимости аренды склада от ряда факторов и особенностей территории, на которой они расположены.

Задача динамического формирования стоимости аренды с учетом множества факторов требует комплексного подхода. Современные тенденции построения бизнес-процессов требуют регулярной оптимизации всех составляющих. Одной из немаловажных частей предприятия реального сектора экономики является логистическая подсистема. Системы логистики имеют сложную и разветвленную инфраструктуру и в крупных компаниях управляются автоматизированной информационной системой класса SCM*. Подобные системы формируют наилучшее предложение по логистической цепочке для группы товаров. Одним из ключевых элементов логистической подсистемы являются складские помещения.

Этапы выполнения работы. Методика определения допустимого разброса арендной платы и зон оптимального поиска складских помещений с учетом различных критериев выбора включает следующие этапы:

1) исследуемая область (промышленный район города) разбивается на равные по размеру квадраты;

2) моделируется карта местности, вычисляется средняя арендная плата для каждого квадрата карты;

3) интерполируются значения пустых квадратов; анализируются допустимые значения и устраняются выбросы; строится карта распределения арендной платы на основе полученных значений;

4) определяются минимальные значения (вес) критерия для оптимальной области;

5) смоделированная карта накладывается на карту местности;

6) с учетом карты местности определяются оптимальные участки для аренды склада.

На этапах 3, 4 используют методы, предложенные в настоящей статье.

Интерполяция пустых значений. Для описания метода вводятся следующие обозначения: M — матрица цен, N — матрица номеров шагов, на которых были получены значения M , V_{ij}^k (1) — вес элемента M_{ij} на шаге k :

$$V_{ij}^k = k - N_{ij}, \quad (1)$$

где N_{ij} — индекс шага, на котором получено значение M_{ij} .

На „нулевом“ шаге определяется средняя стоимость квадратного метра для каждого элемента участка (статистические данные). На каждом последующем шаге вычисляются значения незаполненных квадратов матрицы M , рядом с которыми находится не менее двух заполненных на предыдущих шагах по формуле:

$$M_{ij} = \frac{\sum_{n=i-1}^{i+1} \sum_{m=j-1}^{j+1} (M_{nm} \times V_{nm}^k)}{\sum_{n=i-1}^{i+1} \sum_{m=j-1}^{j+1} (V_{nm}^k)}, \quad (2)$$

где M_{nm} — известное на шаге k значение элемента. Данная методика построена на основе [8].

Увеличение объема статистических данных приближает результат интерполяции к реальным значениям.

Устранение выбросов. После заполнения матрицы устраняются наименьшие и наибольшие значения — выбросы [8], для устранения выбросов используются границы Тьюки. В предложенной методике для визуализации статистических данных блокспоты напрямую не используются, а лишь их математическое обоснование. Область допустимых отклонений сужается с границы экстремальных выбросов до границы умеренных выбросов (рис. 1). Такой подход позволяет минимизировать разброс полученных на втором шаге значений, устранить случайные значения, но оставить последствия их влияния, полученные на четвертом шаге [9, 10].

* Системы управления цепочками поставок

Для этого значения матрицы M располагаются по возрастанию и находятся значения нижнего Q_1 и верхнего квартилей Q_3 [11]. Определяется межквартильный диапазон:

$$\delta Q = Q_3 - Q_1. \quad (3)$$

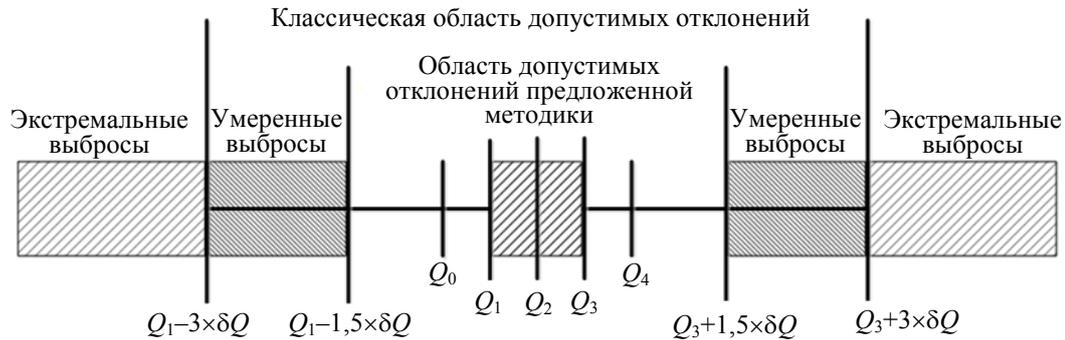


Рис. 1

На основе этих значений определяются границы умеренного выброса. Экстремальный выброс в данном случае не учитывается:

— в результате экстремального выброса нижняя граница может стать отрицательной, верхняя — значительно превысит максимальное значение в выборке [12];

— предложенная методика на основе модели Тьюки позволяет быстро и эффективно оценивать большие выборки [13]:

$$[Q_1 - 1,5\delta Q; Q_3 + 1,5\delta Q]. \quad (4)$$

Для сглаживания определяются квадраты, значения которых не укладываются в область допустимых отклонений. Эти значения рекурсивно заменяются на средние допустимые значения окружающих ячеек при условии, что известны значения не менее чем двух соседних квадратов. Описанная процедура повторяется, пока выбросы не будут устранены.

Определение областей влияния критериев поиска. Для описания метода вводятся следующие обозначения: R — матрица критериев размещения объектов инфраструктуры (парковки, заправочные станции, съезды с КАД и т.д.). Размерность матриц R и M совпадает.

На базовом этапе значения элементов R , соответствующие местам размещения объектов инфраструктуры, равны 1. Далее итерационно заполняются пустые квадраты, расположенные рядом с уже известными, по закону:

$$R_{ij} = \frac{1}{2^k}, \quad (5)$$

После заполнения всех матриц R находятся значения элементов единой матрицы распределения R_Σ . Выбирается такой закон определения веса коэффициентов, чтобы суммарное значение находилось в интервале $[0;1]$.

В зависимости от распределения значимости критериев определяется предельное минимальное значение $\geq 0,5$ [15], входящее в отрезок $\left[1 - \frac{U_{cp}}{2}; 1 - 2U_{cp}\right]$, где U_{cp} — средний вес коэффициента.

На карте распределения арендной платы отмечаются области, соответствующие выбранному предельному минимальному значению усредненного критерия. На практике полученную карту распределения арендной платы вместе с картой местности можно использовать для выбора места для аренды склада.

Результаты применения метода на реальных объектах. Исходные данные приведены на рис. 2 (значения матрицы N вычислены заранее).

	1	2	3	4	5	6		1	2	3	4	5	6
1					9	6	1	3	2	1	1	0	0
2			9	8	8		2	2	1	0	0	0	1
3		6					3	2	0	1	1	1	2
4							4	3	2	2	2	1	1
5					9	6	5	3	2	1	1	0	0
6			5	2	5	6	6	3	2	0	0	0	0

	M							N												
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6		
		8,5	8,5	9	6		1	8,5	8,5	8,5	9	9	1	7,5	8,5	8,5	8,5	9	9	
	7,5	9	8	8	7,7		2	6,5	7,5	9	8	8	7,7	2	6,5	7,5	9	8	8	7,7
	6	7,7	8,3	8			3	6,5	6	7,7	8,3	8	7,8	3	6,5	6	7,7	8,3	8	7,8
				7,5	7,5		4	6,6	6,3	7,4	7,5	7,5	4	6	6,6	6,3	7,4	7,5	7,5	
		4	5,3	9	6		5	4,7	4	5,3	9	6	5	5,3	4,7	4	5,3	9	6	
		5	2	5	6		6	4,7	5	2	5	6	6	4,7	4,7	5	2	5	6	

Рис. 2

Пример расчетов первой итерации (округление до десятых):

$$M_{13} = \frac{M_{23} \times V_{23}^1 + M_{24} \times V_{24}^1}{V_{23}^1 + V_{24}^1} = \frac{M_{23} \times V_{23}^1 + M_{24} \times V_{24}^1}{(1 - N_{23}) + (1 - N_{24})} = \frac{9 \times (1 - 0) + 8 \times (1 - 0)}{(1 - 0) + (1 - 0)} = 8,5,$$

$$M_{54} = \frac{M_{63} \times V_{63}^1 + M_{64} \times V_{64}^1 + M_{65} \times V_{65}^1 + M_{55} \times V_{55}^1}{V_{63}^1 + V_{64}^1 + V_{65}^1 + V_{55}^1} =$$

$$= \frac{M_{63} \times V_{63}^1 + M_{64} \times V_{64}^1 + M_{65} \times V_{65}^1 + M_{55} \times V_{55}^1}{(1 - N_{63}) + (1 - N_{64}) + (1 - N_{65}) + (1 - N_{55})}$$

$$= \frac{5 \times (1 - 0) + 3 \times (1 - 0) + 5 \times (1 - 0) + 9 \times (1 - 0)}{(1 - 0) + (1 - 0) + (1 - 0) + (1 - 0)} = 5,5.$$

Пример расчетов третьей итерации (округление до десятых):

$$M_{11} = \frac{M_{12} \times V_{12}^3 + M_{21} \times V_{21}^3 + M_{22} \times V_{22}^3}{V_{12}^3 + V_{21}^3 + V_{22}^3} = \frac{M_{12} \times V_{12}^3 + M_{21} \times V_{21}^3 + M_{22} \times V_{22}^3}{(3 - N_{12}) + (3 - N_{21}) + (3 - N_{22})} =$$

$$= \frac{8,5 \times (3 - 2) + 6,5 \times (3 - 2) + 7,5 \times (3 - 1)}{(3 - 2) + (3 - 2) + (3 - 1)} = 7,5;$$

$$M_{41} = \frac{M_{31} \times V_{31}^3 + M_{32} \times V_{32}^3 + M_{42} \times V_{42}^3 + M_{52} \times V_{52}^3}{V_{31}^3 + V_{32}^3 + V_{42}^3 + V_{52}^3} =$$

$$= \frac{M_{31} \times V_{31}^3 + M_{32} \times V_{32}^3 + M_{42} \times V_{42}^3 + M_{52} \times V_{52}^3}{(3 - N_{31}) + (3 - N_{32}) + (3 - N_{42}) + (3 - N_{52})} =$$

$$= \frac{6,5 \times (3 - 2) + 6 \times (3 - 0) + 6,6 \times (3 - 2) + 4,7 \times (3 - 2)}{(3 - 2) + (3 - 0) + (3 - 2) + (3 - 2)} \approx 6,0.$$

Для определения диапазонов выброса выстраиваются значения ячеек по возрастанию, после чего вычисляются квантили (выделены места сгибов [12]):

2; 4; 4,7; 4,7; 4,7; 5; 5; 5,3; **5,3**; **6**; 6; 6; 6; 6,3; 6,5; 6,5; 6,6; **7,4**; **7,5**; 7,5; 7,5; 7,5; 7,7; 7,7; 7,8; 8; **8**; **8**; 8,3; 8,5; 8,5; 8,5; 9; 9; 9; 9.

Рассчитываются квартили, межквартильный диапазон и определяется диапазон допустимых значений.

$$Q_1 = 5,7; Q_3 = 8; \tag{6}$$

$$\delta Q = Q_3 - Q_1 = 8 - 5,7 = 2,3; \tag{7}$$

$$[5,7 - 1,5 \times 2,3; 8 + 1,5 \times 2,3] = [2,3; 11,5]. \tag{8}$$

Расчеты показали выброс — 2, это значение удаляется из M, затем заполняется пустой квадрат, согласно:

$$M_{64} = \frac{M_{53} + M_{54} + M_{55} + M_{63} + M_{65}}{5} = \frac{4 + 5,3 + 9 + 5 + 5}{5} = 5,7. \tag{9}$$

Результат вычислений приведен на рис. 3.

	1	2	3	4	5	6
1	0,5	1	1	1	1	0,5
2	1	1	1	1	1	0,5
3	1	1	1	1	0,5	0,5
4	1	1	1	0,5	0,5	0,25
5	1	1	0,5	0,5	0,25	0,25
6	0,5	0,5	0,5	0,25	0,25	0,125

R

	1	2	3	4	5	6
1	1	1	1	0,5	0,5	0,5
2	1	1	1	0,5	1	1
3	0,5	0,5	0,5	0,5	1	1
4	0,5	0,5	0,5	0,5	1	1
5	1	1	1	0,5	0,5	0,5
6	1	1	1	0,5	0,125	0,125

R

	1	2	3	4	5	6
1	0,75	1	1	0,75	0,75	0,5
2	1	1	1	0,75	1	0,75
3	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
4	0,75	0,75	0,75	0,5	0,75	0,625
5	1	1	0,75	0,5	0,375	0,375
6	0,75	0,75	0,75	0,375	0,1875	0,125

R_Σ

Рис. 3

Проверяется наличие выбросов тем же методом, что и ранее. Ряд для определения квартилей:

4; 4,7; 4,7; 4,7; 5; 5; 5,3; 5,3; **5,7**; **6**; 6; 6; 6; 6,3; 6,5; 6,5; 6,6; **7,4**; **7,5**; 7,5; 7,5; 7,5; 7,7; 7,7; 7,8; 8; **8**; **8**; 8,3; 8,5; 8,5; 8,5; 9; 9; 9; 9.

Снова рассчитываются квартили, межквартильный диапазон и диапазон допустимых значений:

$$Q_1 = 5,85; Q_3 = 8; \tag{10}$$

$$\delta Q = Q_3 - Q_1 = 8 - 5,85 = 2,15; \tag{11}$$

$$[5,85 - 1,5 \times 2,15; 8 + 1,5 \times 2,15] = [2,6; 11,2]. \tag{12}$$

На данном шаге выбросы полностью устранены, значения считаются допустимыми. На их основе строится карта распределения арендной платы. Для этого определяются минимум и максимум и разница между ними, затем диапазону значений сопоставляется цвет (градация серого, рис. 4, а):

$$\min = 4; \max = 9; \delta = 5. \tag{13}$$

Полученная таким образом карта представляет распределение стоимости аренды. В дальнейшем ее можно использовать вместе с картой распределения критериев и картой местности с целью определения оптимальных зон для аренды склада, а также спрогнозировать примерный размер арендной платы.

В качестве оптимального для влияния критериев выбирается диапазон [0,75...1]. Результат наложения области влияния критериев на карту распределения арендной платы приведен на рис. 4, б. Квадраты, соответствующие M₄₃, M₅₁, M₅₂, M₅₃, M₆₁, M₆₂ и M₆₃, оптимальны для аренды. Далее проверяется наличие сдаваемых в аренду складских помещений в оптимальной расчетной зоне.

В качестве практического примера выбран район юго-запада Санкт-Петербурга. Статистические данные и информация о наличии объектов инфраструктуры и других критериях

(парковка, заправка и бизнес-центр) взяты из открытых источников. Проведены расчеты матриц по описанной методике и карт на их основе. В пределах области влияния критериев наблюдаются три участка с низким показателем стоимости арендной платы (рис. 4). Два из них, при переносе на карту, соответствуют областям размещения складов. Именно в них и следует выбирать арендуемые помещения исходя из прогнозируемого порога стоимости. Третий участок является оптимальным для строительства нового склада.

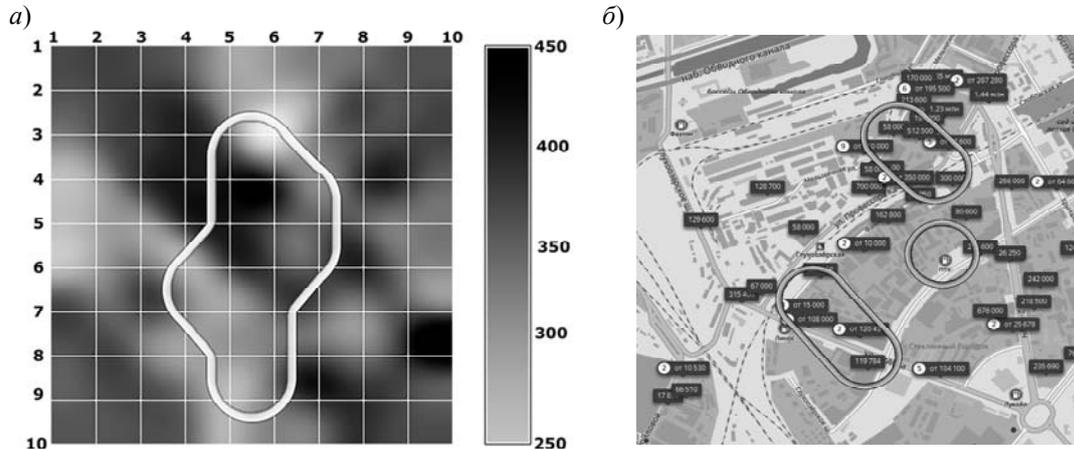


Рис. 4

Заключение. Предложенная методика определения допустимого разброса арендной платы и оптимальных зон размещения складских помещений с учетом произвольных критериев позволяет:

- прогнозировать оптимальную арендную плату в условиях рыночной конкуренции;
- прогнозировать границы допустимой арендной платы с учетом территориальных факторов;
- находить экономически эффективные области для строительства и поиска арендуемых помещений с учетом заданных критериев.

В результате применения методов формируются предпосылки (карты распределения стоимости арендной платы, область влияния критериев) для дальнейшей экспертной оценки сектора с точки зрения организации, размещения и аренды складов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дыбская В. Логистика складирования. М.: НИЦ ИНФРА-М, 2018. 560 с.
2. Розина Т. М. Распределительная логистика. Минск: БГЭУ, 2012. 319 с.
3. Афанасенко И., Борисова В. Экономическая логистика. СПб: Питер, 2013. 432 с.
4. Топал Е. Г. Экономическое обоснование показателя ставки арендной платы за земельные участки при меняющейся кадастровой стоимости на региональном уровне // Региональная экономика и управление: электронный научный журнал. 2017. № 4(52) [Электронный ресурс]: <<https://eee-region.ru/article/5203/>>. (дата обращения 20.11.2018).
5. Волгин В. В. Склад: Организация, управление, логистика. Электронный справочник. М.: Дашков и Ко, 2006. 325 с.
6. Уварова Г. Эффективное управление запасами — важная составляющая в развитии бизнеса [Электронный ресурс]: <<https://www.eg-online.ru/article/250649/>>. (дата обращения 20.11.2018).
7. Герасименко В. А., Лынный А. В., Носова Ю. С. Управление запасами предприятия [Электронный ресурс]: <<https://ntk.kubstu.ru/file/818/>>. (дата обращения 20.11.2018).
8. Мостеллер Ф., Тьюки Дж. Анализ данных и регрессия: В 2-х вып. Вып. 1 / Пер с англ. Ю. Н. Благочеицкого; под ред. Ю. П. Адлера. М.: Финансы и статистика, 1982. 317 с.
9. Шуленин В. П. Робастные методы математической статистики. Томск: Изд-во НТЛ, 2016. 260 с.

10. Hampel F. R., Ronchetti E. M., Rousseeuw P. J., Stahel W. A. Robust statistics: the approach based on influence functions. NY: John Wiley & Sons, 2005. 502 p.
11. Тьюки Дж. Анализ результатов наблюдений. Разведочный анализ / Пер. с англ. под ред. В. Ф. Писаренко. М.: Мир, 1981. 696 с.
12. Chuanfa Chen, Fengying Liu, Yanyan Li, Changqing Yan, Guolin Liu. A robust interpolation method for constructing digital elevation models from remote sensing data // Geomorphology. 2016. Vol. 268. P. 285—287.
13. Андреа К., Шевляков Г. Л. Обнаружение выбросов с помощью блокспотов, основанных на новых высокоэффективных робастных оценках масштаба // Науч.-техн. ведомости СПбГПУ. 2013. № 5(181). С. 39—45.
14. Луценко Е. В., Орлов А. И. Системная нечеткая интервальная математика. Краснодар: КубГАУ, 2014. 600 с.

Сведения об авторах

- | | |
|---------------------------------------|--|
| Виктор Трофимович Прокопенко | — д-р техн. наук, профессор; Университет ИТМО; кафедра световых технологий и оптоэлектроники; E-mail: prokopenko@mail.ifmo.ru |
| Евгений Евгеньевич Майоров | — канд. техн. наук, доцент; Университет при Межпарламентской ассамблее ЕврАзЭС, кафедра математики и информационных технологий; E-mail: majorov_ee@mail.ru |
| Екатерина Арнольдовна Яковлева | — канд. физ.-мат. наук, доцент; Ивангородский гуманитарно-технический институт (филиал) Санкт-Петербургского государственного университета аэрокосмического приборостроения, кафедра прикладной математики, информатики и информационных таможенных технологий; E-mail: y_katerina@ Rambler.ru |
| Александр Владимирович Дагаев | — канд. техн. наук; Санкт-Петербургский университет технологий управления и экономики, кафедра информационных технологий и математики; E-mail: adagaev@list.ru |
| Алексей Андреевич Сорокин | — Ивангородский гуманитарно-технический институт (филиал) Санкт-Петербургского государственного университета аэрокосмического приборостроения, кафедра прикладной математики, информатики и информационных таможенных технологий; ст. преподаватель; E-mail a.a.sorokin@ifguar.ru |
| Рамиз Балахан оглы Гулиев | — канд. техн. наук, доцент; Университет при Межпарламентской ассамблее ЕврАзЭС, кафедра математики и информационных технологий; E-mail: ramiz63@yandex.ru |
| Роман Андреевич Коваленко | — Ивангородский гуманитарно-технический институт (филиал) Санкт-Петербургского государственного университета аэрокосмического приборостроения, кафедра информационных технологий и математики; ст. преподаватель; E-mail: mplaceph@gmail.com |
| Ирина Соломоновна Таюрская | — канд. экон. наук; Университет при Межпарламентской ассамблее ЕврАзЭС, кафедра математики и информационных технологий; E-mail tis_ivesep@mail.ru |

Поступила в редакцию
06.08.19 г.

Ссылка для цитирования: Прокопенко В. Т., Майоров Е. Е., Яковлева Е. А., Дагаев А. В., Сорокин А. А., Гулиев Р. Б., Коваленко Р. А., Таюрская И. С. Методика многокритериального анализа стоимости аренды складских помещений // Изв. вузов. Приборостроение. 2019. Т. 62, № 12. С. 1105—1113.

METHOD OF MULTI-CRITERIA ANALYSIS OF WAREHOUSE PREMISES RENTING COST

V. T. Prokopenko¹, E. E. Majorov², E. A. Yakovleva³, A. V. Dagaev⁴,
A. A. Sorokin³, R. B. Guliyev², R. A. Kovalenko³, I. S. Tayurskaya²

¹ITMO University, 197101, St. Petersburg, Russia

²University at the EurAsEC inter-parliamentary Assembly,
194044, St. Petersburg, Russia
E-mail: majorov_ee@mail.ru

³St. Petersburg University of Aerospace Instrumentation, Ivangorod Humanitarian and Technical Institute,
188491, Ivangorod, Russia

⁴St. Petersburg University of Management Technologies and Economics,
190103, St. Petersburg, Russia

A multi-step method of analysis and formation of the cost of rent of premises is described. A matrix approach to modeling the territory and infrastructure objects is proposed. The methodology allows to analyze statistical data for forecasting the cost of renting warehouse premises, choosing the optimal zone of placement of warehouse facilities. The study is aimed at development of approaches applicable for interpolation of values missing in the statistical sample, smoothing of statistical aggregate with data interpolation, and visualization of results of analysis for further expert evaluation. To solve this problem, interpolation of statistical data is performed. A Tukey boundary-based method is used to eliminate outliers (anomalous values); in combination with graphical modeling, the procedure is able to smooth the outliers. Cost-effective locations of storage facilities are determined by the method of multi-criteria evaluation. As a result of the development of methods and their simulation, calculations with abstract initial data are performed. The methodology is tested on real estate objects and a set of data applicable for decision-making is obtained. The use of the methodology allows to obtain maps of the distribution of the rent cost, the area of influence of criteria for further expert assessment of the sector in terms of organization, placement and lease of warehouses. The technique is also proposed as a support of decision-making in the field of definition and justification of the rent price for both the tenant and the lessor.

Keywords: multi-criteria analysis, interpolation of statistical data, data visualization, premises renting

REFERENCES

1. Dybskaya V. *Logistika skladirovaniya* (Warehousing Logistics), Moscow, 2018, 560 p. (in Russ.)
2. Rozina T.M. *Raspredelitel'naya logistika* (Distribution Logistics), Minsk, 2012, 319 p. (in Russ.)
3. Afanasenko I., Borisova V. *Ekonomicheskaya logistika* (Economic Logistics), St. Petersburg, 2013, 432 p. (in Russ.)
<https://eee-region.ru/article/5203/>. (in Russ.)
4. Volgin V.V. *Sklad: Organizatsiya, upravleniye, logistika. Elektronnyy spravochnik* (Warehouse: Organization, Management, Logistics. Electronic Reference Book), Moscow, 2006, 325 p. (in Russ.)
5. <https://www.eg-online.ru/article/250649/>. (in Russ.)
6. <https://ntk.kubstu.ru/file/818/>. (in Russ.)
7. Mosteller F., Tukey J.W. *Data Analysis and Regression*, Addison-Wesley, 1977.
8. Shulenin V.P. *Robastnyye metody matematicheskoy statistiki* (Robust Methods of Mathematical Statistics), Tomsk, 2016, 260 p. (in Russ.)
9. Hampel F., Ronchetti E.M., Rousseeuw P.J., Stahel W.A. *Robust statistics: the approach based on influence functions*, NY, John Wiley & Sons, 2005, 502 p.
10. Tukey J.W. *Exploratory Data Analysis*, Reading, MA, Addison-Wesley, 1977
11. Chuanfa Chen, Fengying Liu, Yanyan Li, Changqing Yan, Guolin Liu, *Geomorphology*, 2016, vol. 268, pp. 285–287.
12. Andrea K., Shevlyakov G.L. *Nauchno-tehnicheskie vedomosti SPbGPU* (St. Petersburg State Polytechnical University Journal), 2013, no. 5(181), pp. 39–45. (in Russ.)
13. Lutsenko E.V., Orlov A.I. *Sistemnaya nechetkaya interval'naya matematika* (Systemic Fuzzy Interval Mathematics), Krasnodar, 2014, 600 p. (in Russ.)

Data on authors

- Victor T. Prokopenko** — Dr. Sci., Professor; ITMO University, Department of Light Technologies and Opoelectronics; E-mail: prokopenko@mail.ifmo.ru
- Evgeny E. Majorov** — PhD, Associate Professor; University at the EurAsEC Inter-Parliamentary Assembly, Department of Mathematics and Information Technologies; E-mail: majorov_ee@mail.ru
- Ekaterina A. Yakovleva** — PhD, Associate Professor; St. Petersburg University of Aerospace Instrumentation, Ivangorod Humanitarian and Technical Institute; Department of Applied Mathematics, Informatics and Customs Information Technologies; E-mail: y_katerina@rambler.ru

- Alexander V. Dagaev** — PhD; St. Petersburg University of Management Technologies and Economics; E-mail: adagaev@list.ru
- Alexey A. Sorokin** — St. Petersburg University of Aerospace Instrumentation, Ivan-gorod Humanitarian and Technical Institute; Department of Ap-plied Mathematics, Informatics and Customs Information Tech-nologies; Senior Lecturer; E-mail a.a.sorokin@ifguap.ru
- Ramiz B. Guliyev** — PhD, Associate Professor; University at the EurAsEC Inter-Parliamentary Assembly, Department of Mathematics and Information Technologies; E-mail: ramiz63@yandex.ru
- Roman A. Kovalenko** — St. Petersburg University of Aerospace Instrumentation, Ivan-gorod Humanitarian and Technical Institute; Department of Ap-plied Mathematics, Informatics and Customs Information Tech-nologies; Senior Lecturer; E-mail: mplaceph@gmail.com
- Irina S. Tayurskaya** — PhD; University at the EurAsEC Inter-Parliamentary Assembly, De-partment of Mathematics and Information Technologies; E-mail tis_ivesepp@mail.ru

For citation: Prokopenko V. T., Majorov E. E., Yakovleva E. A., Dagaev A. V., Sorokin A. A., Guliyev R. B., Kovalenko R. A., Tayurskaya I. S. Method of multi-criteria analysis of warehouse premises renting cost. *Journal of Instrument Engineering*. 2019. Vol. 62, N 12. P. 1105—1113 (in Russian).

DOI: 10.17586/0021-3454-2019-62-12-1105-1113