

В.С. Спирина, А.О. Алексеев

V.S. Spirina, A.O. Alekseev

Пермский национальный исследовательский политехнический университет
Perm National Research Polytechnic University

**РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ МОДЕЛИ КОМПЛЕКСНОГО
ОЦЕНИВАНИЯ ПОТРЕБИТЕЛЬСКОЙ ПРИВЛЕКАТЕЛЬНОСТИ
ОБЪЕКТОВ КОММЕРЧЕСКОЙ НЕДВИЖИМОСТИ**

**DEVELOPMENT AND RESEARCH OF INTEGRATED
ASSESSMENT MODEL OF CUNSUMER ATTRACTIVENESS
OF COMMERCIAL REAL ESTATE PROPERTIES**

Описаны результаты одноименной диссертации, защищенной на соискание степени магистр-инженер по направлению «Строительство», магистерская программа «Технологии управления недвижимостью». Приводятся разработанные модели, используемые для определения привлекательности объектов коммерческой недвижимости, оценка которых необходима для прогнозирования их посещаемости. Для построения искомых моделей в качестве математического аппарата были выбраны квалиметрические механизмы комплексного оценивания и матричные механизмы комплексного оценивания, функциональные возможности которых расширены благодаря процедуре нечеткого комплексного оценивания. Для проведения сравнительного анализа точности прогнозирования посещаемости коммерческой недвижимости результаты вычислительного эксперимента сравнивались с результатами опроса, проведенного среди жителей г. Перми. На примере двух крупных торгово-развлекательных комплексов показано, что точность обеих моделей является весьма высокой, что доказывает достоверность полученных результатов и определяет практическую значимость исследования, заключающуюся в возможности создания системы управления коммерческой недвижимостью с учетом потребительской привлекательности и прогнозирования его посещаемости.

The findings of the samenamed master's thesis are described. The models developed and used to determine attractiveness of the commercial real estate are given; they are necessary to forecast the foot traffic of commercial real estate. In order to construct a desired forecasting models, qualimetric and matrix mechanisms of the integrated assessment, whose functionality is broadened due to a fuzzy integrated assessment, were chosen as a body of mathematics. Inordertoperforma comparative study of the accuracy of forecasting of commercial real estate foot traffic, the results of the simulation experiment were compared to those of the survey, carried out among the inhabitants of Perm (Russia). Using examples of two large shopping malls it is shown that the accuracy of both models is high enough, confirming the validity of the results obtained and determining practical implications, which allow to create a management system of commercial real estate including the determining customer attractiveness and the forecasting of its foot traffic.

Ключевые слова: коммерческая недвижимость, потребительская привлекательность коммерческой недвижимости, определение качества коммерческой недвижимости, квалиметрические модели, метод комплексного оценивания, социологический опрос.

Keywords: commercial real estate, consumer attractiveness of the commercial real estate, determination of the commercial real estate quality, qualimetric models, integrated assessment method, survey.

Для решения задачи прогнозирования посещаемости объектов коммерческой недвижимости необходимо построить математическую модель, определяющую вероятность выбора отдельной группой потребителей исследуемого объекта. В рамках теории полезности и теории принятия решений вероятность выбора лицом, принимающим решение действия $a \in A$ из набора альтернатив A может быть определено как отношение полезности U данного действия к сумме полезностей всех альтернатив:

$$P(a) = U(a) / \sum_{x \in A} U(x).$$

Применительно к исследованию коммерческой недвижимости в качестве меры полезности в 1963 г. Дэвидом Хаффом [1] было предложено использовать привлекательность коммерческой недвижимости A_{ij} (от англ. Attractiveness¹, привлекательность), которая для покупателя i прямо пропорциональна размеру объекта S_j и обратно пропорциональна времени T_{ij} , затрачиваемому покупателем на посещение объекта:

$$A_{ij} = \frac{S_j}{T_{ij}^\lambda}, \quad (1)$$

где λ – параметр, отражающий эффект влияния разных типов объектов на воспринимаемые временные затраты, находится эмпирически [2].

В таком случае, вычислив привлекательность исследуемого объекта коммерческой недвижимости j , а также привлекательности других объектов $\overline{1, \dots, j-1, j+1, \dots, J}$, можно определить вероятность того, что покупатель i может быть в него привлечен:

$$P_{ij} = \frac{A_{ij}}{\sum_{j=1}^n A_{ij}}. \quad (2)$$

Предложенная Дэвидом Хаффом в 1963 г. модель, получившая его имя, применяется на практике и по сей день. Отчасти ее популярность объясняется ее простотой. Трудности возникают с определением параметра λ . Например, эмпирическому определению параметра λ посвящена работа [3], в которой

¹ Далее по тексту при использовании сокращения A речь будет идти о привлекательности.

в зависимости от зоны проживания потребителей рекомендованы для прикладных исследований значения λ . Так, для автомобилистов получены: $\lambda_1^{\max} = 0$; $\lambda_2^{\max} = 0,5$; $\lambda_3^{\max} = 1$; для пешеходов: $\lambda_1^{\max} = 0$; $\lambda_2^{\max} = 0,4$; $\lambda_3^{\max} = 1$.

Существуют и другие подходы к определению полезности (привлекательности) объектов коммерческой недвижимости, например модель Рэйли [4], также осуществлялись попытки модификации модели Д. Хаффа. Авторами в работах [5, 6] получена актуализированная для нашего времени ее версия на основе аналогии ее с термодинамическим балансовым уравнением, описывающим соотношение давления, температуры и объема. В качестве аналогов при модификации модели Хаффа использовалась триада «время, качество и привлекательность»:

$$A_{ij} = \alpha \frac{Q_j}{T_{ij}^\lambda}, \quad (3)$$

где α – параметр, характеризующий тип коммерческой недвижимости, находится экспериментальным путем.

Формальным отличием, определяющим новизну предложенного в [5, 6] метода (3), является то, что привлекательность объекта коммерческой недвижимости A прямо пропорциональна параметру Q (от англ. quality, качество), а в модели Хаффа в этой роли выступал параметр S (площадь). С содержательной же точки зрения главным отличием модели (3) является ее универсальность по отношению к типу коммерческой недвижимости. Введенный авторами параметр Q , описывающий качество объекта коммерческой недвижимости, является функцией многих переменных, набор которых индивидуален для каждого типа недвижимости. В данном случае модель Хаффа (1) является лишь частным случаем (3).

Таким образом, нахождение вероятности посещения объекта коммерческой недвижимости и последующее прогнозирование его посещаемости сводится к определению качества объекта коммерческой недвижимости и его потребительской привлекательности с использованием модели (3). Незвестные λ и α , являющиеся параметрами этой модели, могут быть найдены экспериментальным путем. Авторы предполагают, что параметр λ должен принадлежать интервалу $[0; 1]$.

Представленные выше значения λ были найдены авторами для оригинальной формулы Хаффа (1), и применение их для модифицированной модели (3), в которой на привлекательность торговой недвижимости влияет не площадь, а качество объекта, некорректно. Определению параметров λ , применимых для модифицированной модели, будет посвящена будущая работа авторов, стоит лишь отметить, что технология определения параметров λ будет аналогична описанной в работе [3].

Данная работа посвящена исследованию методов оценивания качества объектов коммерческой недвижимости. Качество объекта недвижимости Q

зависит от множества характеристик x_i , являющихся гетерогенными по отношению друг к другу, в связи с чем оценка параметра $Q(x_1, \dots, x_n)$ возможна только с использованием механизмов комплексного оценивания, для чего необходим выбор математического аппарата, на основе которого будет построена модель комплексного оценивания объекта коммерческой недвижимости.

В практике комплексного оценивания получили широкое распространение квалиметрические модели [7, 8], где результатом комплексного оценивания становится средневзвешенная оценка. Для целей экспертизы и оценки объектов недвижимости применение квалиметрии описано в работе [9]. Более того, данные методы разрабатывались специально для количественного оценивания качества, что и требуется в данном исследовании.

В работе [8] приводится ряд таких оценок с рекомендациями их прикладного использования. При объединении однородных параметров, разброс между которыми невелик, рекомендуется использовать арифметическую модель

$$Q = \sum_{i=1}^n q_i Q_i, \quad Q = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Q_i \quad \text{при} \quad q_i = \frac{1}{n};$$

при объединении неоднородных показателей, имеющих большой разброс, рекомендуется использовать геометрическую модель

$$Q = \prod_{i=1}^n Q_i^{q_i}, \quad Q = \prod_{i=1}^n Q_i^{\frac{1}{n}} \quad \text{при} \quad q_i = \frac{1}{n}; \quad (4)$$

при решении уравнений показателей методом наименьших квадратов используется квадратическая модель

$$Q = \sqrt{\sum_{i=1}^n q_i Q_i^2}, \quad Q = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Q_i^2}, \quad \text{при} \quad q_i = \frac{1}{n};$$

в случае однородных показателей с большим разбросом рекомендуется использовать гармоническую модель

$$Q = \frac{1}{\sum \frac{q_i}{Q_i}}, \quad Q = \frac{n}{\sum \frac{1}{Q_i}} \quad \text{при} \quad q_i = \frac{1}{n},$$

где q_i – взвешенные коэффициенты, сумма которых должна быть равна единице; Q_i – значение i -й характеристики в относительной шкале [0; 1].

Наилучшему состоянию объекта оценки по качеству соответствует максимальное значение Q , которое равняется единице, а наихудшему состоянию

минимальное – 0. Это объясняется тем, что для оценки частных характеристик используется относительная шкала [0; 1].

Адекватность моделей, описывающих Q , зависит от правильности выбора областей определения частных характеристик $[x_{\min}, x_{\max}]$ и определения взвешенные коэффициентов q_i . Для их определения в рамках данного исследования был проведен социологический опрос среди жителей г. Перми (форма опроса доступна на [10]). Для этого респондентам предлагалось оценить по 10-бальной шкале два крупных торговых центра г. Перми – «Семья» и «Колизей» по 8 предложенным критериям, а также дать оценку, насколько им важен каждый из параметров торгового центра. После проведения опроса набор полученных оценок подвергался статистическому анализу, и респонденты, чьи оценки не попадали в третий доверительный интервал, исключались. Оставшиеся оценки респондентов были усреднены и представлены в табл. 1 (результаты опроса доступны на странице [11]).

Т а б л и ц а 1

Результаты опроса

i	Параметр	Q_i («Семья»)	Q_i («Колизей»)	q_i
1	Площадь	9,47	7,4	7,22
2	Ассортимент товаров	8,53	6,48	9,41
3	Транспортная доступность	8,51	8,87	9,22
4	Эстетический параметр	8,61	8,42	7,6
5	Акции, скидки	6,6	5,16	6,59
6	Качество товаров	7,89	7,59	9,5
7	Наличие брендов	8,84	7,48	7,5
8	Мероприятия, концерты	6,81	6,05	4,8

Затем полученные данные были приведены к шкале [0;1] для применения квалиметрической модели. Полученные значения представлены в табл. 2. С помощью квалиметрической модели (4) были получены значения качества для торговых центров «Семья» и «Колизей» (табл. 3). Для решения данной задачи авторами была выбрана геометрическая модель, так как именно данная квалиметрическая модель была рекомендована в работе [8] к использованию при объединении неоднородных показателей.

Таблица 2

Приведенные к относительной шкале результаты опроса

i	Параметр	Q_i («Семья»)	Q_i («Колизей»)	q_i
1	Площадь	0,947	0,74	0,12
2	Ассортимент товаров	0,853	0,648	0,15
3	Транспортная доступность	0,851	0,887	0,15
4	Эстетический параметр	0,861	0,842	0,12
5	Акции, скидки	0,66	0,516	0,11
6	Качество товаров	0,789	0,759	0,15
7	Наличие брендов	0,884	0,748	0,12
8	Мероприятия, концерты	0,681	0,605	0,08

Для определения качества торгово-развлекательного комплекса (ТРК) Q были приняты следующие допущения:

1. Будем считать, что никакого возмущения (влияния внешних факторов) на привлекательность коммерческой недвижимости не происходит, т.е. параметр α можно принять равным единице.

2. Рассмотрим категорию потребителей, проживающих в зоне 1, что было бы эквивалентно случаю, когда рассматриваемые ТРК являются объектами шаговой доступности. Будем считать, что параметр времени не будет иметь влияния для потребителя при выборе торгового центра, т.е. $\lambda = 0$.

Данные допущения позволяют оценить непосредственно качество торгового центра. Привлекательность торговых центров (A) и вероятность посещения (P) потребителями исследуемых ТРК были рассчитаны по формулам (3) и (2) соответственно (табл. 3).

Таблица 3

Значения качества и вероятности посещения
ТРК потребителями

Параметр	«Семья»	«Колизей»
Качество ТРК (Q)	0,820 0	0,720 9
Привлекательность ТРК (A)	0,820 0	0,720 9
Вероятность того, что потребители посетят ТРК (P)	0,532 2	0,467 8

В качестве альтернативных подходов к решению задачи комплексного оценивания могут выступать методы, разработанные в теории важности критериев [12], или известный в теории активных систем [13] механизм комплексного оценивания, основанный на «деревьях целей» (критериев) и бинарных матрицах свертки частных критериев, подробно описанный в работах [14, 15].

На базе матричных механизмов комплексного оценивания были разработаны и прошли государственную регистрацию программные комплексы [16–18], образующие класс программных продуктов «Декон», которые использованы в данной работе для оценки качества объекта недвижимости (рис. 1).

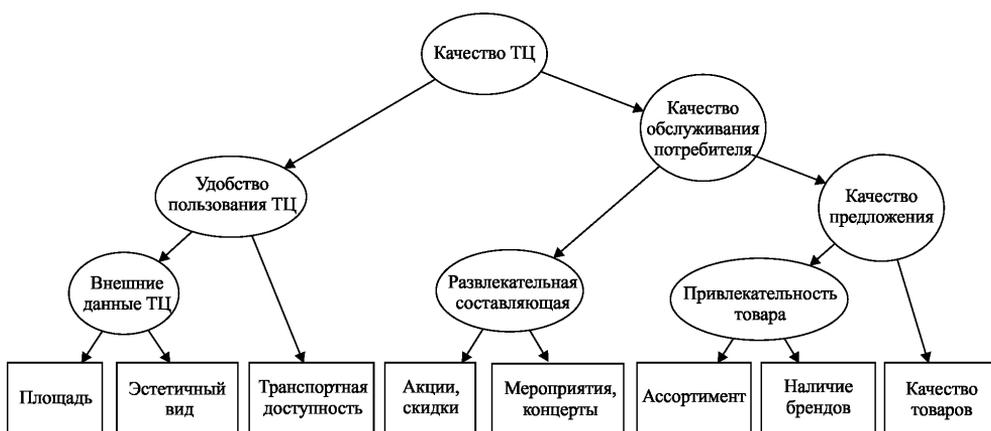


Рис. 1. Модель комплексного оценивания

Основополагающим принципом при построении моделей комплексного оценивания является возможность интерпретации промежуточных результатов свертки. Так, свертка факторов «площадь» и «эстетичный вид» образуют обобщенную характеристику, описывающую факторы управления инфраструктурой торгового центра. Последующая свертка с фактором «транспортная доступность», самостоятельно описывающим среду вокруг торгового центра, образует итоговую оценку, описывающую удобство пользования торговым центром для потребителя. А свертка факторов «ассортимент», «наличие брендов» и «качество товаров» образуют обобщенную характеристику качества предложения в целом. Свертка с факторами «акции» и «мероприятия» образует характеристику управления торговым центром. Итоговая свертка параметров отражает характеристику «качество торгового центра» с потребительской точки зрения.

Следующим шагом является описание входных характеристик в шкале комплексного оценивания. В данном случае предлагается использовать шкалу [1; 4]. Для упрощения вычислительных экспериментов функции приведения полагаются линейными. В таком случае функции приведения определяются выражениями:

$$X_i = 3 \cdot (x_i - x_{i \min}) / (x_{i \max} - x_{i \min}) + 1,$$

$$X_i = 3 \cdot (x_{i \max} - x_i) / (x_{i \max} - x_{i \min}) + 1.$$

Для качественно описываемых характеристик данная шкала может использоваться для интерпретации состояний. Базовой интерпретацией является стандартная балльная шкала: 1 – неудовлетворительное, 2 – удовлетворительное, 3 – хорошее и 4 – отличное состояние. Промежуточные значения комплексного оценивания также должны быть описаны в данной шкале.

Для достижения цели данного исследования значения, описывающие состояние критериев для исследуемых торгово-развлекательных центров, взяты из результатов социологического опроса (см. табл. 1) и приведены к шкале [1; 4] (табл. 4).

Таблица 4

Результаты опроса в шкале комплексной оценки

i	Параметр	X_{Qi} («Семья»)	X_{Qi} («Колизей»)
1	Площадь	3,841	3,22
2	Ассортимент товаров	3,559	2,944
3	Транспортная доступность	3,553	3,661
4	Эстетический параметр	3,583	3,526
5	Акции, скидки	2,98	2,548
6	Качество товаров	3,367	3,277
7	Наличие брендов	3,652	3,244
8	Мероприятия, концерты	3,043	2,815

Последним шагом разработки модели комплексного оценивания является этап конструирования матриц свертки (рис. 2), которые должны заполняться носителями предпочтений (потребителями).

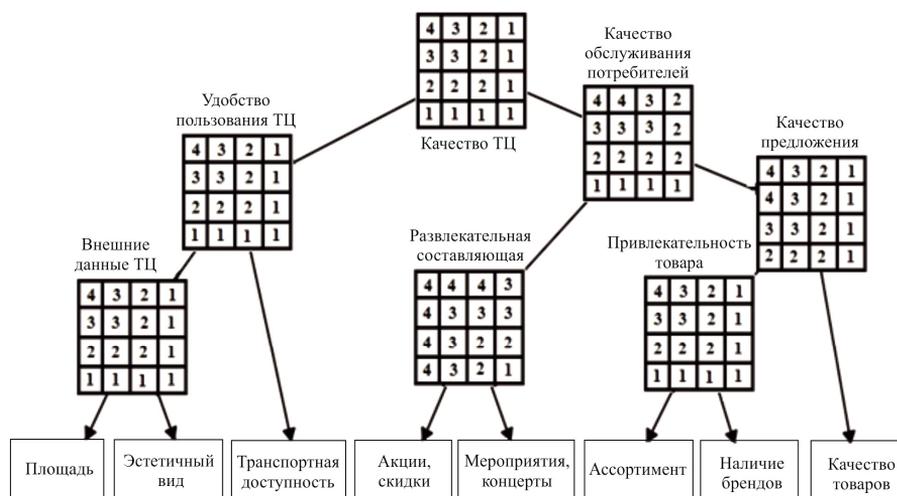


Рис. 2. Матричная модель комплексного оценивания

С помощью данной модели комплексного оценивания были получены значения качества для исследуемых торгово-развлекательных комплексов (табл. 5).

Т а б л и ц а 5

Полученные значения качества и вероятности посещения ТРК потребителями

Параметр	«Семья»	«Колизей»
Качество ТРК (Q)	3,1	2,73
Привлекательность ТРК (A)	3,1	2,73
Вероятность того, что придут в ТРК (P)	0,531 7	0,468 3

Для расчета привлекательности были приняты те же допущения, что и в случае квалиметрической модели. Привлекательность торгово-развлекательных комплексов и вероятность их посещения потребителями были рассчитаны аналогично по формулам (3) и (2) соответственно.

Таким образом, были получены вероятности посещения потребителями торгово-развлекательных комплексов «Семья» и «Колизей» с помощью двух моделей – квалиметрической (см. табл. 3) и матричной модели комплексного оценивания (см. табл. 5). Для определения точности моделей сравним полученные результаты вычислительного эксперимента с данными о реальном посещении торгово-развлекательных центров, определенными из опроса посетителей (форма опроса и результаты доступны на [19]).

Полученные вероятности и будут сравниваться с вероятностями, рассчитанными с помощью моделей (табл. 6).

Т а б л и ц а 6

Сравнение вероятностей посещения ТРК, найденных с помощью квалиметрической модели и модели комплексного оценивания с реальными данными

Вероятность (P)	«Семья»	«Колизей»
Квалиметрическая модель	0,532 2	0,467 8
Модель комплексного оценивания (МКО)	0,531 7	0,468 3
Реальные опросные данные	0,533 9	0,466 1

Как видно из табл. 6, обе модели дали весьма близкие результаты к данным, полученным из опроса, однако все же определим среднеквадратическое отклонение результатов каждой модели от реальных данных. Среднеквадратическое отклонение определяется по формуле

$$СКО_i = \sqrt{\sum_{i=1}^2 (P_{i\text{факт}} - P_{i\text{модель}})^2},$$

где i – торговый центр.

В результате были получены следующие значения: $СКО_1 = 0,0025$, $СКО_2 = 0,0031$. Таким образом, можно говорить, что обе модели адекватны и подходят для решения поставленной задачи. В данном случае среднеквадратическое отклонение является параметром, показывающим величину погрешности результатов модели. Однако необходимо отметить, что для определения параметров Q_i и q_i пришлось провести ряд социологических опросов, что является довольно трудоемким процессом. В этом смысле определение параметра качества с помощью метода комплексного оценивания, а именно с использованием программного комплекса «Декон», является менее трудоемким.

Таким образом, нами была рассмотрена задача прогнозирования потоков посетителей на основе оценки потребительской привлекательности объектов коммерческой недвижимости с использованием модифицированной модели Хаффа, принципиальным отличием которой является введенный параметр Q , описывающий качество объекта коммерческой недвижимости. Целью данного исследования было сравнение методов оценивания качества объектов коммерческой недвижимости на примере двух крупных торгово-развлекательных комплексов г. Перми. Для этого авторами были определены 8 характеристик, существенных для данного типа коммерческой недвижимости, построены модели оценивания качества с использованием двух подходов: квалиметрических моделей и матричных моделей комплексного оценивания. При сравнении результатов вычислительного эксперимента с данными опроса посетителей было показано, что обе модели адекватны.

Перспективными направлениями продолжения работы можно считать определение параметра α для модифицированной модели Хаффа, который предположительно указывает тип объекта недвижимости. Также необходимо уточнить степенной параметр λ для полученной актуализированной модели.

Список литературы

1. Huff D.L. A Probabilistic Analysis of Shopping Center Trade Areas. Land Economics. Vol. 39, № 1. 1963. 81–90 pp. [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.jstor.org/discover/10.2307/3144521?uid=3738936&uid=2&uid=4&sid=21102716073273>.
2. Угаров А.С. Методы выбора местоположения торговой точки // Маркетинг в России и за рубежом. – 2005. – № 6 (50). – С. 99–108.

3. Спирина В.С. Эмпирическое определение коэффициента λ , описывающего степень влияния времени корреспонденции потребителей до торгового центра в формуле Д. Хаффа [Электронный ресурс] // Master's Journal. – Пермь, 2013. – № 1. – С. 243–251. – URL: http://vestnik.pstu.ru/mj/archives/?id=&folder_id=1965.
4. Леонов А.Л. Esri GIS. ГИС для розничной торговли // ArcReview. – 2010. – № 4 (55). – С. 14–15.
5. Определение потребительской привлекательности объектов коммерческой недвижимости / А.О. Алексеев, В.С. Спирина, М.И. Кавиев, Н.А. Эрнст // Изв. вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. – 2013. – № 1 (4). – С. 8–19.
6. Спирина В.С., Кавиев М.И., Эрнст Н.А. Оценка привлекательности объектов коммерческой недвижимости [Электронный ресурс] // Master's Journal. – Пермь, 2013. – №1. – С. 217–228. – URL: http://vestnik.pstu.ru/mj/archives/?id=&folder_id=1965.
7. Азгальдов Г.Г. Теория и практика оценки качества товаров (основы квалиметрии). – М.: Экономика, 1982. – 256 с.
8. Варжапетян А.Г. Квалиметрия: учеб. пособие. – СПб., 2005. – 176 с.
9. Квалиметрическая экспертиза строительных объектов / под ред. В.М. Маругина и Г.Г. Азгальдова. – СПб., 2008. – 528 с.
10. Форма опроса потребителей г. Перми [Электронный ресурс]. – URL: <https://docs.google.com/forms/d/1OwlORWTm25uTYWsw7XKIyL35UWBKIFkT1ODZdj3g8Y/viewform#start=openform>.
11. Результаты опроса, представленные в табличной форме [Электронный ресурс]. – URL: <https://docs.google.com/spreadsheet/ccc?key=0AvdG9pJJVt4JdDNvazlTdTFMYy1qYTJVRlh3SEpOdFE#gid=0>.
12. Подиновский В.В. Введение в теорию важности критериев в многокритериальных задачах принятия решений. – М.: Физматлит, 2007. – 64 с.
13. Бурков В.Н., Новиков Д.А. Теория активных систем: состояние и перспективы. – М.: Синтез, 1999. – 128 с.
14. Харитонов В.А., Винокур И.Р., Белых А.А. Функциональные возможности механизмов комплексного оценивания с топологической интерпретацией матриц свертки // Управление большими системами: сб. тр. – 2007. – № 18. – С. 129–140.
15. Интеллектуальные технологии обоснования инновационные решений: монография / В.А. Харитонов [и др.]; под ред. В.А. Харитонova. – Пермь: Изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2010. – 363 с.
16. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2009610220. Автоматизированная система оперативного исследования моделей объектов комплексного оценивания: заявка №2008615128 от 05.11.2008 РФ / А.А. Белых, В.А. Харитонов, Р.Ф. Шайдулин (РФ). – Зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ 11.01.2009 г.

17. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2008612724. Автоматизированная система исследования моделей комплексного оценивания объектов: заявка №2008610629 от 18.02.2008 РФ / А.А. Белых, В.А. Харитонов, Р.Ф. Шайдулин (РФ). – Зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ 30.05.2008 г.

18. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2007614834. Автоматизированная система комплексного оценивания объектов: заявка №2007612986 от 18.07.2007 РФ / А.А. Белых, В.А. Харитонов, Р.Ф. Шайдулин (РФ) – Зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ 22.11.2007 г.

19. Форма опроса потребителей г. Перми по категориям необходимости товаров [Электронный ресурс]. – URL: <https://docs.google.com/spreadsheet/viewform?formkey=dFNsZVBNOWVLT0k3QzY0V3M0cVITUUE6MQ#gid=0>.

Получено 14.10.2013

Спирина Варвара Сергеевна – магистрант, ПНИПУ, СТФ, гр. ЭУН-11-1м, e-mail: spirina.vs@yandex.ru.

Алексеев Александр Олегович – кандидат экономических наук, доцент, ПНИПУ, СТФ, e-mail: alekseev.real@gmail.com.