

**В.С. Спирина, М.И. Кавиев, Н.А. Эрнст**  
**V.S. Spirina, M.I. Kaviev, N.A. Ernst**

Пермский национальный исследовательский политехнический университет  
Perm National Research Polytechnic University

## **ОЦЕНКА ПРИВЛЕКАТЕЛЬНОСТИ ОБЪЕКТОВ КОММЕРЧЕСКОЙ НЕДВИЖИМОСТИ**

## **EVALUATION CONSUMER ATTRACTIVENESS OF COMMERCIAL REAL ESTATE**

Модифицирована модель Хаффа, используемая для определения потребительской привлекательности объектов коммерческой недвижимости. Принципиальным отличием является введенный параметр  $Q$ , описывающий качество объекта коммерческой недвижимости. Тем самым расширен перечень характеристик, влияющих на выбор потребителями того или иного объекта коммерческой недвижимости. Описаны подходы, которые могут использоваться для оценки качества объекта коммерческой недвижимости.

**Ключевые слова:** коммерческая недвижимость, модель Хаффа, привлекательность объектов коммерческой недвижимости, предпочтения потребителей.

The Huff's model used to determine consumer attractiveness of commercial real estate was modified in this paper. A new parameter  $Q$  describes the quality of commercial real estate is fundamental difference from other peppers. Authors expanded the list of characteristics that influence to consumer choices about visiting commercial real estate. Authors described in detail the existing approaches which can be used to definition the quality of commercial real estate.

**Keywords:** commercial real estate, the Huff's model, attractiveness of commercial real estate objects, consumer preferences,

В современных рыночных условиях необходимо уделять особое внимание конкурентоспособности организации, которая является решающим фактором коммерческого успеха. Для организаций, работающих в сфере розничной торговли, т.е. встречающихся непосредственно с потребителями без каких-либо посредников, или представителями производственных компаний, которым нужны офисные помещения, одной из наиболее важных задач является выбор местоположения торговой точки или офиса. Правильно сделанный выбор может стать конкурентным преимуществом, что определяет актуальность повышения точности методов и способов решения данной задачи.

Фактически задача выбора местоположения может быть решена на основе информации о плотности проживания потребителей и транспортной доступности объекта коммерческой недвижимости. Однако выбор потребителя зависит не только от его временных затрат, но и от других факторов. Несмотря на то что в настоящее время существует несколько подходов к решению задачи выбора местоположения строительства нового объекта недвижимости, подробнее рассмотрим широко распространенный метод выявленных предпочтений, основанный на модели Д. Хаффа [1–3].

Предложенная Д. Хаффом в 1963 г. [3] модель определения местоположения торгового объекта, наиболее оптимального по критерию максимизации дохода, применяется и по сей день. Основная идея модели – это определение потребительской привлекательности торгового объекта  $A_{ij}$  (привлекательность объекта  $j$  для покупателя  $i$ ), которая прямо пропорциональна размеру объекта и обратно пропорциональна расстоянию между покупателем и торговым объектом:

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

где  $S_j$  – размер объекта  $j$ ;  $T_{ij}$  – время, потраченное покупателем  $i$  на путь до объекта  $j$ ;  $\lambda$  – эмпирически определяемый параметр, отражающий эффект влияния разных типов объектов на воспринимаемые временные затраты [2].

Вычислив привлекательность исследуемого торгового объекта, а также привлекательность других торговых объектов, можно определить вероятность того, что покупатели могут быть привлечены в торговый объект:

$$P_{ij} = \frac{A_{ij}}{\sum_{j=1}^n A_{ij}}.$$

Общие затраты покупателей на продуктовую категорию  $k$  в торговой точке  $j$  описываются выражением

$$E_{jk} = \sum_{l=1}^m P_{lj} C_l B_{lk},$$

где  $C_l$  – число покупателей в зоне проживания  $l$ ;  $B_{lk}$  – среднегодовые затраты покупателей, проживающих в зоне  $l$ , на продуктовую категорию  $k$ ;  $m$  – общее число зон проживания покупателей.

Отсюда напрямую можно определить долю рынка данного торгового объекта в продуктовой категории  $k$ :

$$M_{jk} = \frac{E_{jk}}{\sum_{l=1}^m C_l \cdot B_{lk}}.$$

Имея эти данные, можно спрогнозировать совокупную выручку торговой точки по всем продуктовым категориям:

$$E_j = \sum_{k=1}^K E_{jk}.$$

Выбор местоположения объекта недвижимости  $j$  осуществляется по наибольшему ожидаемому денежному притоку  $E_j$ .

Для применения модели Д. Хаффа при выборе местоположения строительства объекта коммерческой недвижимости и определении конкурентной среды источниками первичной информации о размерах объектов-аналогов  $S$  могут являться ресурсы сети Интернет, значения площадей можно найти на сайтах торговых центров. Время корреспонденции  $T$  жителей любого многоквартирного дома и количество проживающих в нем можно, используя современные базы данных и электронные карты городов. На основе этих данных может быть построена геоаналитическая система, определяющая оптимальное расположение объекта коммерческой недвижимости.

Необходима модификация модели Хаффа, так как на данный момент на привлекательность объекта коммерческой недвижимости влияние оказывает не только его площадь, но и многие другие неценовые факторы, важные для потребителя.

С целью модификации метода оценивания привлекательности объекта недвижимости Д. Хаффа авторами исследовалась связь факторов  $M - T - Q$ :  $M$  (от англ. money, деньги),  $T$  (от англ. time, время) и  $Q$  (от англ. quality, качество) по аналогии с термодинамическим законом, описываемым уравнением Менделеева – Клапейрона, и было сформулировано предположение о существовании балансового уравнения применительно к исследуемой триаде факторов:

$$\frac{MT}{Q} = \text{const.}$$

Распространяя полученное уравнение на задачу определения привлекательности объектов недвижимости, вместо money (деньги) целесообразно ввести близкое понятие – worth (ценность), т.е. ценность торгового центра для потребителя, по своей сути – аналог привлекательности в формуле Хаффа (1), которая обозначалась  $A$  (от англ. attractiveness, привлекательность). Тогда ценность, или привлекательность, торгового центра описывается выражением

$$W = \alpha \frac{Q}{T}, \quad (2)$$

где  $\alpha$  – константа, определяемая экспериментально, как и  $\mu R$  в уравнении Менделеева – Клапейрона.

Отличием, определяющим новизну предлагаемого метода, является то, что ценность, или привлекательность, объекта коммерческой недвижимости  $W$  прямо пропорциональна параметру  $Q$  (качество), а в модели Хаффа в этой роли выступает лишь  $S$  (площадь). Можно предположить, что в 1963 г. Д. Хаффом была взята площадь торгового центра в качестве показателя качества магазина, но это лишь наши догадки.

Таким образом, заменяя площадь в формуле Хаффа (1) на параметр  $Q$ , описывающий качество объекта недвижимости, и умножая на коэффициент  $\alpha$ , содержательная интерпретация которого еще предстоит, получаем актуализированную для нашего времени версию модели оценивания привлекательность объектов коммерческой недвижимости:

$$A = \alpha \frac{Q}{T^\lambda}.$$

Тогда нахождение привлекательности объекта коммерческой недвижимости и выбор местоположения земельного участка для его строительства сводится к определению параметров  $Q$  и  $\alpha$ . Стоит также отметить, что предложенная модификация модели Хаффа не является специализированной для торговой недвижимости и носит универсальный характер.

Качество объекта недвижимости  $Q$  зависит от множества характеристик  $x_i$ , являющихся гетерогенными по отношению друг 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 [4, 5], где результатом комплексного оценивания становится средневзвешенная оценка. Более того, данные методы разрабатывались специально для количественного оценивания качества, что и требуется в нашем исследовании.

В работе [5] приводится ряд таких оценок с рекомендациями их прикладного использования. При объединении однородных параметров, разброс между которыми невелик, рекомендуется использовать арифметическую модель

$$Q = \sum_{i=1}^n q_i \cdot Q_i,$$
$$Q = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Q_i \text{ при } q_i = 1/n, \quad (3)$$

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

$$Q = \prod_{i=1}^n Q_i^{q_i},$$

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

при решении уравнений показателей методом наименьших квадратов используется квадратическая модель

$$Q = \sqrt{\sum_{i=1}^n q_i \cdot Q_i^2},$$

$$Q = \sqrt{\frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n Q_i^2} \text{ при } q_i = \frac{1}{n}, \quad (5)$$

в случае однородных показателей с большим разбросом рекомендуется использовать гармоническую модель:

$$Q = \frac{1}{\sum \frac{q_i}{Q_i}},$$

$$Q = \frac{n}{\sum \frac{1}{Q_i}} \text{ при } q_i = \frac{1}{n}, \quad (6)$$

где  $q_i$  – это взвешенные коэффициенты, сумма которых должна быть равна единице;  $Q_i$  – это 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 – нуль. Это объясняется тем, что для оценки частных характеристик используется относительная шкала  $[0, 1]$ . Приведение частных характеристик к относительной шкале приводится следующим образом: в шкале измерения характеристики выбираются минимальное  $x_{i\min}$  и так называемое нормативное значение  $x_{i\text{norm}}$ . По полученным парам значений строятся возрастающие функции приведения:

$$Q_i = \frac{x_i - x_{i\min}}{x_{i\text{norm}} - x_{i\min}}. \quad (7)$$

В случае если качество объекта обратно пропорционально характеристике, т.е. увеличение характеристики отрицательно сказывается на качестве, то выбираются  $x_{inorm}$  и  $x_{imax}$ . Для таких характеристик функции приведения будут иметь убывающий вид:

$$Q_i = \frac{x_i - x_{imax}}{x_{imin} - x_{inorm}}. \quad (8)$$

Адекватность моделей, описывающих  $Q$ , зависит от правильности выбора областей определения частных характеристик  $[x_{imin}, x_{imax}]$  и определения взвешенных коэффициентов  $q_i$ . Для их определения в некоторых работах предлагается использовать метод парных сравнений альтернатив, широко используемый в методе анализа иерархий [6]. Однако в работе [7] сделан вывод о несостоятельности метода, предполагающего оценивание предпочтений в шкале отношений, для проведения анализа многокритериальных задач принятия решений с использованием аддитивной функции ценности.

В качестве альтернативных подходов к решению задачи комплексного оценивания могут выступать методы, разработанные в теории важности критериев [8], или известный в теории активных систем [9] механизм комплексного оценивания, основанный на деревьях целей (критериев) и бинарных матрицах свертки частных критериев, подробно описанный в работах [10, 11].

Преимущество матричного подхода в задачах моделирования предпочтений над линейной сверткой (3) проиллюстрировано в работе [10]. В частности, к преимуществу нелинейной матричной свертки относится возможность учитывать меняющееся влияние частной характеристики на комплексную оценку в зависимости от подобласти ее определения. Это делает данный подход предпочтительным и перед другими квалиметрическими моделями (3)–(6) в связи со сложностью обеспечения требования равенства единице суммы взвешенных коэффициентов.

Проиллюстрируем возможности применения нелинейных матричных свертки для определения качества  $Q$  и моделирования предпочтений потребителей. Качество торговой точки складывается из множества факторов, которые входят в состав так называемого маркетингового микса (англ. marketing mix), или 4P. Концепция 4P основана на четырех основных координатах маркетингового планирования: product – товар или услуга, ассортимент, качество, свойства товара, дизайн и эргономика; price – цена, наценки, скидки; Promotion – продвижение, реклама, пиар, стимулирование сбыта; place – месторасположение торговой точки, каналы распределения, персонал. Мы используем простейшую концепцию 4P для иллюстрации возможности определения качества  $Q$  с потребительской точки зрения, в общем случае не существует ограничений на количество входных факторов.

В выражении (2) отдельно учитывается транспортная доступность объекта недвижимости, по сути, описывающая фактор place, поэтому для построения модели комплексного оценивания (модели предпочтений потребителей) его целесообразно исключить. Это в свою очередь позволит упростить вычислительные эксперименты и непосредственно процедуру разработки и исследования модели комплексного оценивания. В таком случае для оставшихся факторов возможны три варианта структурного синтеза дерева критериев (рис. 1).

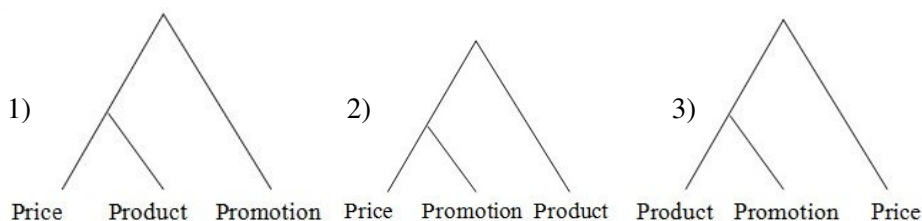


Рис. 1. Варианты структурной модели комплексного оценивания

Дерево критериев имеет бинарную структуру, поскольку свертка двух факторов описывается бинарными матрицами отношений. Конструирование матриц размерностью больше 2 усложняет процедуру разработки модели и физической интерпретации, что приводит к неадекватности построенных моделей.

Основополагающим принципом при построении моделей предпочтений является возможность интерпретации промежуточных результатов комплексного оценивания. Проиллюстрируем интерпретацию промежуточных значений свертки на примере дерева (рис. 1, а). Для этого воспользуемся терминами, используемыми в работе [12], предложенными для моделирования предпочтений потребителей. Так, свертка факторов price и product, описывающих качество товаров или услуг и цену на них, образует обобщенную характеристику, описывающую способность потребителя приобрести товар или услугу. Последующая свертка с фактором promotion, самостоятельно описывающим «желание» потребителя приобрести данный товар или услугу, являющимся необходимым условием приобретения товара или услуги, в совокупности с другим необходимым условием – способностью приобретения, образует итоговую оценку, описывающая «готовность» потребителя посетить объект коммерческой недвижимости с целью приобретения товара или услуги. В такой интерпретации комплексная оценка Q описывает качество объекта коммерческой недвижимости с потребительской точки зрения.

Следующим шагом является описание входных характеристик в шкале комплексного оценивания. Для количественно измеряемых параметров стро-

яется функции приведения аналогично (7)–(8). За исключением того, что для конструирования матриц свертки требуется иная шкала 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:

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

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

В данном примере к количественно измеряемым характеристикам относится только цена. Функция приведения (9) будет иметь монотонно убывающий характер, поскольку для потребителя увеличение цены сказывается негативно. Область определения данной характеристики описывается парой  $[P_{\text{приемл}}, P_{\text{недопуст}}]$ , где  $P_{\text{приемл}}$  – размер цен, полностью приемлемый для группы потребителей, чьи предпочтения моделируются, значение цен меньше на качественном уровне принимаются однозначно приемлемыми,  $P_{\text{недопуст}}$  – недопустимый размер цен, определяемый покупательской способностью.

$$X1 = 3(P - P_{\text{приемл}}) / (P_{\text{недопуст}} - P_{\text{приемл}}) + 1. \quad (9)$$

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 (табл. 1).

Таблица 1

#### Интерпретация входных качественно описываемых характеристик

Оценка	Стандартная интерпретация состояния	Product, качество продукта или услуги	Promotion, желание приобрести продукт или услугу
1	Неудовлетворительное	Неприемлемое качество	Отсутствует или малое
2	Удовлетворительное	Качество удовлетворительное	Среднее желание
3	Хорошее	Качество хорошее	Выше среднего
4	Отличное	Качество отличное	Огромное желание

Промежуточные значения комплексного оценивания также должны быть описаны в шкале табл. 2.



## Интерпретация промежуточных параметров свертки

Оценка	Способность потребителя приобрести продукт или услугу	Качество объекта коммерческой недвижимости с потребительской точки зрения
1	Неспособен, продукт или недостойного качества или дорогой	Качество отсутствует, потребитель не готов на посещение объекта коммерческой недвижимости
2	Способность малая, продукт невысокого качества и, возможно, дорогой	Низкое качество, потребитель частично готов на посещение объекта коммерческой недвижимости
3	Способность средняя, цена и качество товаров приемлемые	Среднее качество, потребитель готов на посещение объекта коммерческой недвижимости
4	Способность высокая, цена весьма приемлемая и качество товаров высокое	Высокое качество, потребитель на 100 % готов посетить объект коммерческой недвижимости

Последним шагом разработки модели комплексного оценивания является этап конструирования матриц свертки, которые должны заполняться носителями предпочтений, в нашем случае – потребителями. Затем из множества полученных моделей отбирается модель, дающая наименьшее отклонение от согласованного результата.

Для иллюстрации процедуры оценивания качества объекта коммерческой недвижимости  $Q$  используем случайно заполненные матрицы (рис. 2). Представим виртуальный объект коммерческой недвижимости, маркетинговый микс которого может быть описан следующими оценками: цены – высокие ( $X1 = 2$ ), качество товаров и услуг – хорошее ( $X2 = 3$ ), желание потребителя приобрести товар или услугу – огромное ( $X3 = 4$ ).

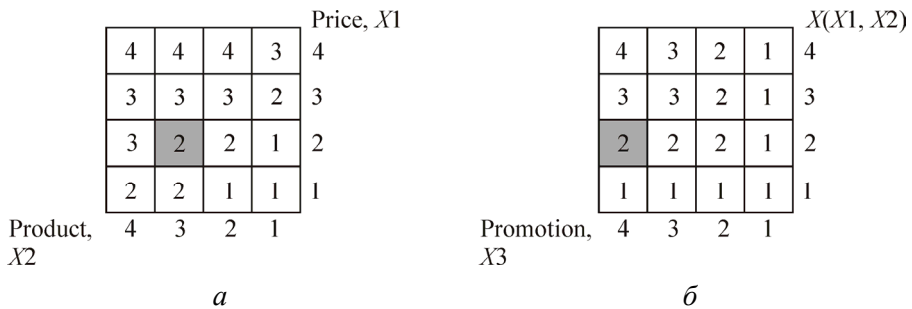
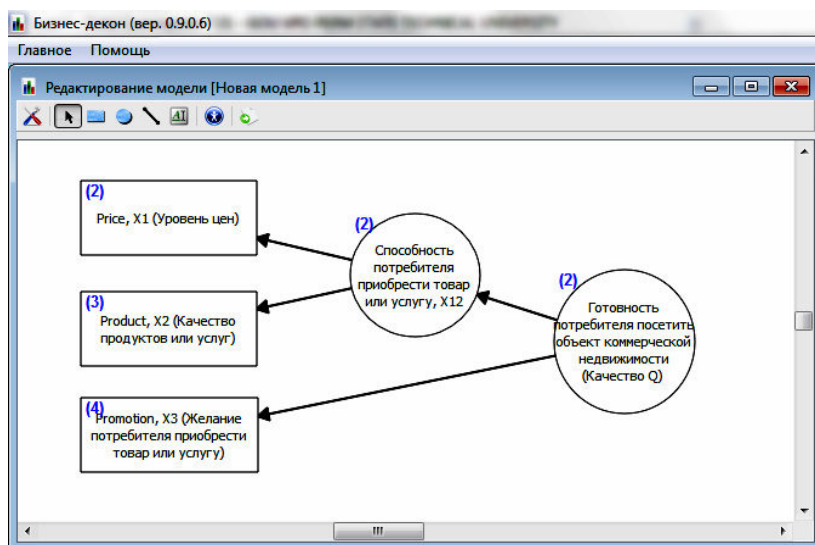
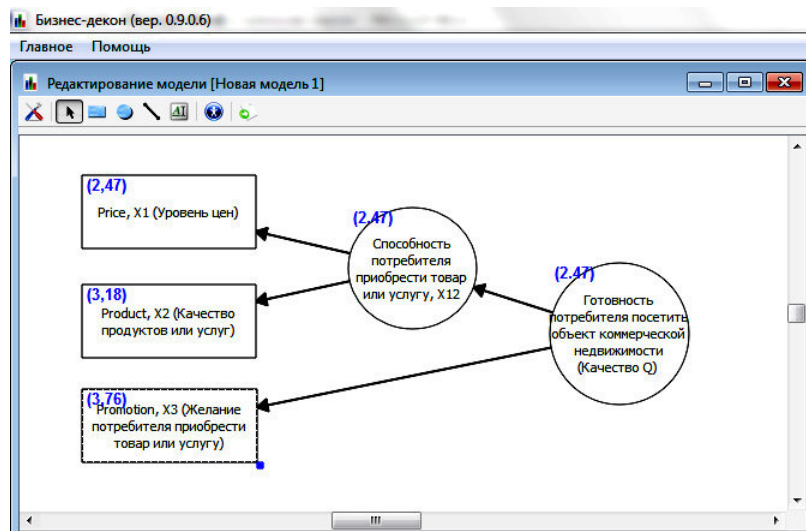


Рис. 2. Матрицы свертки критериев price и product (*a*); «способность» и promotion (*б*)

Процедура дискретного комплексного оценивания выполняется путем пересечения строк и столбцов, где их номера соответствуют оценкам сворачиваемых характеристик. Так, свертка критериев  $X1$  и  $X2$  (рис. 2, а) описывается пересечением второй строки ( $X1 = 2$ ) и третьего столбца ( $X2 = 3$ ). Поскольку элемент матрицы свертки критериев  $X1$  и  $X2$  заполнен оценкой 2, это означает, что способность приобрести товар или услугу – малая ( $X(X1, X2) = 2$ ).



*a*



*б*

Рис. 3. Определение качества объекта коммерческой недвижимости в программном продукте класса «Декон»: *a* – дискретные оценки; *б* – непрерывные оценки

Оценка, расположенная в выбранном элементе, является номером строки или столбца, в зависимости от структуры дерева, в следующей матрице свертки. Тогда в матрице свертки критериев  $X(X1, X2)$  и  $X3$  (рис. 2, б) необходимо пересечь вторую строку ( $X(X1, X2) = 2$ ) и четвертый столбец ( $X3 = 4$ ). Значение элемента последней матрицы свертки описывает комплексную оценку, в рассматриваемом случае  $Q$  – качество объекта коммерческой недвижимости. Для данного примера  $Q = 2$ , что интерпретируется как «низкое качество», т.е. потребитель частично готов на посещение объекта коммерческой недвижимости.

Для использования входных характеристик, имеющих промежуточные значения в шкале комплексного оценивания (рис. 3, б), необходимо использовать процедуру нечеткого комплексного оценивания, описанную в работах [10, 11]. Несмотря на кажущуюся сложность применения нелинейных матричных сверток, процедура разработки и исследования модели комплексного оценивания выполняется в специально созданном программном продукте класса «Декон» (аббревиатура от **д**ерева **к**омплексного **о**ценивания **н**едвижимости).

Сравнение результатов матричной свертки с результатами квалиметрических моделей не имеет смысла для рассматриваемого примера, поскольку матрицы заполнялись случайным образом, а результаты квалиметрических моделей существенно зависят от выбранных взвешенных коэффициентов  $q_i$ . Данной задаче будет посвящена следующая работа авторов.

В заключение стоит отметить, что авторами была модифицирована модель Хаффа, используемая в практике почти 50 лет для определения потребительской привлекательности объектов коммерческой недвижимости. Принципиальным отличием является введенный параметр  $Q$ , описывающий качество объекта коммерческой недвижимости. Таким образом, расширен перечень характеристик, влияющих на выбор потребителей, касающийся посещения того или иного объекта коммерческой недвижимости. В работе подробно описаны существующие подходы, которые могут использоваться для оценки качества объекта коммерческой недвижимости. Авторы видят задачу сравнения описанных подходов, чему будет посвящена будущая работа.

### **Список литературы**

1. Угаров А.С. Методы выбора местоположения торговой точки // Маркетинг в России и за рубежом. – 2005. – № 6. – С. 99–108.
2. Huff D.L. Parameter Estimation in the Huff Model // ArcUser. Post at October-December, 2003, available at: <http://www.esri.com/news/arcuser/1003/files/huff.pdf>.

3. Huff D.L. A Probabilistic Analysis of Shopping Center Trade Areas. Land Economics, available at: <http://ru.scribd.com/doc/48495809/A-Probabilistic-Analysis-of-Shopping-Center-Trade-Areas>.

4. Азгальдов Г.Г. Теория и практика оценки качества товаров (основы квалиметрии). – М.: Экономика, 1982. – 256 с.

5. Варжапетян А.Г. Квалиметрия: учеб. пособие / СПбГУАП. – СПб., 2005. – 176 с.

6. Саати Т.Л. Принятие решений. Метод анализа иерархий. – М.: Радио и связь, 1989. – 316 с.

7. Подиновский В.В., Подиновская О.В. О некорректности метода анализа иерархий // Проблемы управления. – 2011. – № 1. – С. 8–13.

8. Подиновский В.В. Введение в теорию важности критериев в многокритериальных задачах принятия решений. – М.: Физматлит, 2007. – 64 с.

9. Бурков В.Н., Новиков Д.А. Теория активных систем: состояние и перспективы. – М.: Синтег, 1999. – 128 с.

10. Принцип многомодельности в задачах моделирования индивидуальных предпочтений / А.А. Белых [и др.] // Управление большими системами: сб. тр. – 2010. – № 30–1. – С. 128–143.

11. 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.

12. Голубева О.С., Гуреев К.А., Марков Д.А. Систематизация теоретических основ интеллектуальной технологии моделирования инфляционных процессов // Казанская наука. – 2012. – № 2. – С. 70–74.

Получено 19.12.2012

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

**Кавиев Марат Ильдарович** – магистрант, ПНИПУ, СТФ, ЭУН-11-1м, e-mail: maratkaviev@gmail.com.

**Эрнст Наталья Александровна** – магистрант, ПНИПУ, СТФ, ЭУН-11-1м, e-mail: ernst@pangea.perm.ru.