крытии чехла существенно увеличить концентрацию озона в помещении. Тем не менее, предлагаем использовать режим работы озонатора «30 минут на 30 минут» при отсутствии в помещении людей и животных.

Заключение. Таким образом, разработана конструкция обувного стеллажа с озонатором, рассчитано количество озона, необходимое для озонирования выбранного объема, разработана компоновочная схема и рассчитаны компоненты озонатора, рассчитан объём, изготовлен защитный чехол и проверена его эффективность. Проведены успешные предварительные испытания. Использование системы озонирования для обувного стеллажа имеет экологическую целесообразность и социальную значимость, так как позволит обеспечить легкий уход за обувью, исключить причины возникновения неприятного запаха и улучшить качество проживания и обслуживания людей.

1. Бушунова, А.М. Озонатор. Применение / А.М. Бушунова, В.А. Теплякова, Т.В. Бувич (науч. рук.) // Молодость. Интеллект. Инициатива: матер. XII Междунар. науч.-практ. конф. студентов и магистрантов, Витебск, 26 апреля 2024 года: в 2 т. – Витебск: ВГУ имени П.М. Машерова, 2024. – Т. 1. – С. 19–21. URL: <https://rep.vsu.by/handle/123456789/43181> (дата обращения: 05.09.2024)

2. Митько, Д.Д. Физика и медицина / Д.Д. Митько, А.С. Томашевич, Т.В. Бувич (науч. рук.) // Молодость. Интеллект. Инициатива: матер. XII Междунар. науч.-практ. конф. студентов и магистрантов, Витебск, 26 апреля 2024 года: в 2 т. – Витебск: ВГУ имени П.М. Машерова, 2024. – Т. 1. – С. 48–50. URL: <https://rep.vsu.by/handle/123456789/43197> (дата обращения: 05.09.2024)

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ АНАЛИЗА ИЕРАРХИЙ И STEM ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОПТИМАЛЬНОГО ВАРИАНТА ПОКУПКИ ЖИЛОЙ НЕДВИЖИМОСТИ

Хмелевский В.Е.,

студент 4 курса БГУ, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель – Капусто А.В., канд. физ.-мат. наук, доцент

Ключевые слова: Многокритериальная оптимизация; анализ иерархий; STEM; недвижимость; квартиры; Минск.

Keywords: Multi-criteria optimisation; hierarchy analysis; STEM; real estate; flats; Minsk.

В статье представлена постановка задачи многокритериальной оптимизации для определения оптимального варианта поведения при покупке квартиры на примере рынка жилой недвижимости города Минска.

Целью работы является применение методов анализа иерархий и STEM, для обоснования оптимального варианта выбора объекта жилой недвижимости с учетом сформулированных заказчиком пожеланий.

Материал и методы. Материалом исследования послужила статистическая база 3-х комнатных квартир на вторичном рынке жилой недвижимости г. Минска. Для решения применены методы многокритериальной оптимизации.

Результаты и их обсуждение. Многокритериальная оптимизация (МКО) – это одновременная оптимизация минимум двух (и более) конфликтующих между собой целевых функций в заданной области определения [1]. Окончательное решение принимает человек, которого принято называть лицом, принимающим решение (ЛПР). Возможные варианты действий называются альтернативами, причем их должно быть не менее двух [2].

Оптимизация выбора объекта жилой недвижимости в крупном городе, таком как Минск, предполагает сравнение разных вариантов по ряду выдвигаемых покупателем требований и пожеланий. Так как большая часть желаемых параметров имеет количественную оценку, то это позволяет использовать для выработки рекомендаций аппарат математических методов. Именно МКО позволяет комплексно подойти к решению этой задачи, обеспечивая баланс между различными требованиями и предпочтениями.

В исследовании использованы два метода МКО для выбора объекта недвижимости – метод анализа иерархий и метод STEM. Отличие этих методов состоит в том, что при использовании первого метода ЛПР принимает решение на каждом шаге, и тем самым влияет на окончательный результат, при втором ЛПР не оказывает индивидуального

влияния на принятие решения, что позволяет получить результат, ориентированный на отсутствие приоритетов по множеству направлений оптимизации.

Основная идея метода анализа иерархий состоит в воспроизведении в модели «естественного хода человеческого мышления»: объединение множества элементов, отражающих сложную ситуацию, в группы в соответствии с распределением между ними некоторых свойств; общие свойства, определяющие группы, рассматриваются как элементы более высокого уровня системы и т.д., пока не будет достигнут единственный элемент – вершина, отождествляемая с целью процедуры принятия решения. Этот процесс фактически означает построение иерархии [3, с. 176–178].

Метода STEM представляет собой обобщение методов свертывания критериев оптимизации в единый и предполагает определение весовых коэффициентов с помощью отработанного алгоритма. На первом этапе требуется получить оптимальное решение по каждому критерию, на втором – выполнить нормировку, на третьем – вычислить индексы критериев, которые и будут выступать весовыми коэффициентами для соответствующих частных критериев. Метод STEM позволяет снизить влияние менее значимых критериев и учесть наиболее важные [3, с. 112–113].

Рассмотрим постановку задачи на примере выбора квартиры в Минске. Пусть некоторая семья хочет купить 3-х комнатную квартиру. *Ограничения:* рынок – вторичный, количество комнат – 3, район – Московский и Фрунзенский (вдоль веток метро), этаж – от 3 до 12, площадь кухни – от 6 м², цена за м² – до 1200\$.

Критерии и направление оптимизации: цена за м² – f_1 , min; расстояние до метро – f_2 , min; количество школ в радиусе 1 км – f_3 , max; количество продовольственных магазинов в радиусе 0,5 км – f_4 , max; количество супермаркетов в радиусе 1 км – f_5 , max; площадь кухни – f_6 , max; общая площадь – f_7 , max; год постройки – f_8 , max; этаж – f_9 , max; количество парков, зелёных зон в радиусе 1 км – f_{10} , max.

В таблице 1 приведены критерии и направление оптимизации, а также данные о двадцати квартирах, расположенных в интересующих заказчика районах.

Таблица 1 – Статистическая база квартир

Адрес квартиры	Этаж	Цена за м ²	Площадь кухни	Общая площадь	Год постройки	Расстояние до метро км	Количество школ	Количество магазинов	Количество супермаркетов	Количество парков
ул. Матусевича, 90	3	1186	10,4	78,28	2004	1,05	7	7	4	3
ул. Кунцевщина, 42	7	1186	9,9	66,5	1992	0,95	8	7	4	3
ул. Жиновича, 4	9	1199	10,1	79,2	2008	1,48	4	4	3	1
ул. Одинцова 107	4	1152	9	78,1	1998	0,95	5	7	5	2
ул. Лобанка, 34	3	1157	9	76	1998	0,91	8	6	5	2
ул. Якубовского, 26	9	1196	9,3	75,2	1982	0,64	8	5	6	1
ул. Одинцова, 22	9	1194	7,2	65,7	1982	0,84	7	4	7	1
ул. Одинцова, 36	3	1193	7,08	65,78	1984	0,6	9	6	5	1
пр. газеты Звезда, 23	8	1190	7,06	63	1979	0,85	10	7	7	1
ул. Берута 17/3	7	1196	7,4	62,7	1971	1,05	3	4	3	2
л. Петра Глебки, 72	7	1152	6,8	57,3	1975	1,23	4	6	2	2
ул. Жудро 37	7	1185	7,48	59,9	1974	1,04	6	3	1	2
ул. Пономаренко, 32	4	1157	7,1	60,4	1982	1,6	4	4	1	1
ул. Есенина, 31	6	1175	9	80,8	1998	1,48	2	3	1	1
ул. Корженевского, 13	7	1071	7,13	71,74	1975	1,54	1	4	1	1
ул. Есенина, 11а	7	1155	12,4	81,8	2004	0,8	3	4	1	1
ул. Голубева, 26	3	1184	9,3	70,9	1985	1,48	5	6	3	1
ул. Рафиева, 29	9	1145	7,12	65,48	1984	1,9	3	2	2	1
ул. Рафиева, 15	9	1062	9,5	75,2	1987	1,72	6	3	3	1
ул. Жуковского, 5	9	1146	7,2	65,4	1988	0,78	4	6	3	0

Составлено по [4].

Решение задачи МКО всегда принадлежит Парето-оптимальной границе. Поэтому из рассмотрения исключаются варианты, которые не являются Парето-оптимальными [2]. Для решения задачи методами МКО предварительно изменяется направление оптимизации по всем критериям на максимум и выполняется нормализация значений.

После – выбирается оптимальный вариант. Наилучший вариант по каждому методу, – это вариант с максимальным значением. Для получения итоговой оценки значения критериев нормализуются и суммируются. Результаты представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Сводные результаты по всем методам

Адрес квартиры	Матусевича ул., д. 90	Кунцевщина ул., д. 42	ул. Жиновича, 4	улица Одинцова 107	Лобанка ул., д. 34	Якубовского ул., д. 26	Одинцова ул., д. 22	Одинцова ул., д. 36	Звезда газеты просп., 23	ул. Жудро 37	улица Корженевского 13	ул. Есенина 11а	Голубева ул., д. 26	Рафиева ул., д. 29	Рафиева ул, 15	Жуковского ул., д. 5
Анализ иерархий	37,4	26,6	26,3	27,9	24,8	33,0	25,6	26,7	29,3	11,4	10,4	48,6	13,1	8,4	18,9	18,4
STEM	0,60	0,61	0,47	0,58	0,56	0,45	0,43	0,39	0,52	0,29	0,37	0,55	0,35	0,27	0,45	0,40
Итоговая оценка	1,76	1,55	1,32	1,53	1,43	1,42	1,24	1,19	1,46	0,72	0,82	1,91	0,85	0,62	1,14	1,04

Заметим, что итоговые результаты варьируются между тремя вариантами, поэтому их можно рекомендовать заказчику (см. табл. 2).

Если заказчику не так важно количество школ, супермаркетов и экологическое состояние района, то можно рекомендовать квартиру по адресу: ул. Есенина, 11а. Если данные параметры важны, тогда стоит рассмотреть варианты квартир на ул. Кунцевщина, 42 и ул. Матусевича, д 90. Квартира по адресу: ул. Кунцевщина д. 42 находится на 3 этаже, а на ул. Матусевича д 90 имеет более ранний год постройки.

Заключение. Результаты исследования показали, что применение методов многокритериальной оптимизации позволяет значительно повысить объективность и обоснованность процесса выбора квартиры. Это достигается за счет учета множества критериев и их взвешивания в соответствии с предпочтениями заказчика. Кроме того, использование МКО помогает сократить время на принятие решения и повысить уровень удовлетворенности конечных пользователей.

1. Богданова П.А., Сахаров Д.М. Обзор методов многокритериальной оптимизации в задачах принятия решений // Инновационные аспекты развития науки и техники, 2021. С. 153–157.

2. Набатова, Д.С. Математические и инструментальные методы принятия решений: учебник и практикум // Москва: Издательство Юрайт, 2023. 164–166 с.

3. Лотов А.В., Поспелова И.И. Многокритериальные задачи принятия решений: учебное пособие // МГУ им. М.В. Ломоносова, 2008. 176–178 с., 112–113 с.

4. Аналитика недвижимости г. Минск [Электронный ресурс] // URL: <https://realt.by/statistics/dynamics/> (дата обращения: 02.09.2024).