

Алгоритм поддержки принятия решений в задачах выбора элементов системы безопасности объектов недвижимости

А.А. Саламатин

Пермский национальный исследовательский политехнический университет

Аннотация: При проектировании систем безопасности зданий и сооружений возникает вопрос выбора оборудования. Выбор осложняет наличие множества характеристик и параметров оборудования систем безопасности, оптимальный набор которых для каждого объекта индивидуален. Для снижения влияния человеческого фактора предложен алгоритм поддержки принятия решений для выбора оптимального оборудования. Модель комплексного оценивания может изменяться в зависимости от требований заказчика или изменяющихся требований законодательства. Модель может учитывать пожелания конкретного заказчика и подстраивается под особенности каждого объекта. Также данный метод может использоваться для поддержки принятия решений при тендерных закупках.

Ключевые слова: многокритериальная задача, алгоритм, задача выбора, система безопасности, ранжирование, проектирование, техническое задание, критерий, комплексное оценивание, модель.

Введение

На сегодняшний день разработка и внедрение различных информационных технологий в сфере строительства является одной из самых актуальных задач [1,2]. Актуальность затронутой темы обусловлена участвовавшими случаями чрезвычайных ситуаций, напрямую связанных с неправильной работой систем безопасности.

Ведутся активные разработки информационных систем (далее ИС), в частности при внедрении BIM-технологий [3], в области управления производством строительных материалов [4], расчета конструктивных элементов здания, управления логистикой, на этапе сноса и ликвидации объектов [5]. Внедрение информационных технологий на этапах управления готовыми объектами представлены в большей степени технологиями «Умный дом» и «Умный город». Такие технологии направлены на улучшение процессов жизнеобеспечения объекта, реализацию технологических процессов и производств, позволяют обеспечить энерго- и ресурсосбережение, а также обеспечивают безопасную эксплуатацию здания

[6]. При этом следует отметить, что безопасная эксплуатация объекта недвижимости является одной из приоритетных задач не только отрасли, но и государства в целом [7].

Наиболее часто применяемая концепция интеллектуального здания (далее ИЗ), базирующаяся на основе рассмотрения здания как кибернетического объекта, позволяет управлять объектом как большой сложной системой, обладающей свойствами высокого быстродействия при обеспечении безопасности жизнедеятельности человека посредством внедрения максимального уровня автоматизации. На сегодняшний день рынок оборудования, входящего в состав инженерных систем безопасности, стремительно развивается и представлен широким спектром альтернатив с различными эксплуатационными характеристиками. Важной является способность понимания специалистом преимуществ и недостатков разных видов оборудования, элементов, компонентов, систем и т.д. Эти знания позволяют понять, какое оборудование обладает наибольшим техническим потенциалом в рамках решения конкретной эксплуатационной задачи.

Однако инженер, занимающийся подбором оборудования, не способен самостоятельно решать сложные по параметрам многофакторности и многоальтернативности задачи выбора за короткий период времени и нуждается в специальных технологиях, позволяющих принимать обоснованные решения и избежать негативных последствий субъективизма, возникающих на основе влияния внешней среды.

Концепция разработки алгоритма выбора элементов системы безопасности объектов недвижимости

Концепцию реализации алгоритма выбора элементов системы безопасности объектов недвижимости можно представить в виде схемы (рис.1), где процесс решения – это поиск всех допустимых вариантов, отвечающих заданным требованиям заказчика, представленных в

техническом задании на проектирование, где учитываются стандарты, предъявляемые к системам безопасности (в зависимости от типа здания, функционального назначения, условий строительства и эксплуатации, места строительства или нахождения готового объекта и пр.).

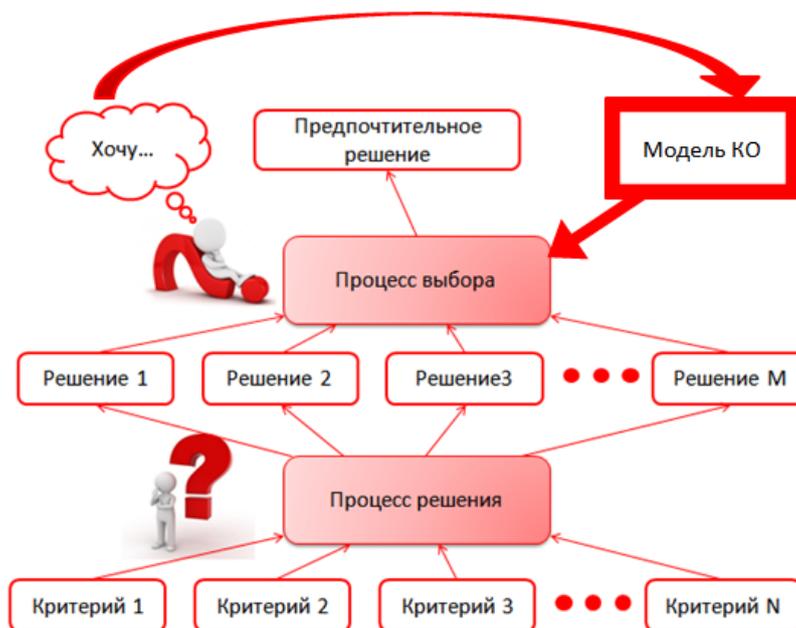


Рис. 1. – Процесс поиска оптимального решения с использованием модели КО

На основе составленного и утвержденного технического задания на закупку компонентов системы безопасности объектов недвижимости G осуществляется выбор основных характеристик требуемого оборудования, представленных критериями $\{f(x)\}$.

Далее, на основе анализа этих характеристик, инженер подбирает несколько комплектов оборудования, параметры которых удовлетворяют заданным требованиям.

На основе технического задания может быть сформировано некоторое количество решений (проектов) от разных проектировщиков и поставщиков. Данные проекты могут отличаться оборудованием, методом монтажа и

обслуживания, разной степенью функционального запаса и возможностей расширения системы при возникновении такой необходимости.

На данном этапе подбора оборудования инженер, принимающий решения, сталкивается с проблемой выбора одного оптимального варианта из представленного подмножества, так как все проекты (решения) удовлетворяют требованиям ТЗ [8]. Инженер при этом может руководствоваться следующими принципами: если какой-то один критерий (параметр) является основным, а другие второстепенными, то инженер берет его за основной, а другие игнорирует:

$$f_1(x) \rightarrow \max, x \in G \quad (1)$$

Во втором случае, главный критерий максимизируется, а на остальные накладываются ограничения, соответствующие минимальным допустимым в рамках ТЗ требованиям:

$$f_1(x) \rightarrow \max, x \in G \quad (1)$$

$$f_2(x) \geq C_2 \quad (2)$$

$$f_3(x) \geq C_3 \quad (3)$$

$f_m(x) \geq C_1, C_2, \dots, C_m$ – предельные минимальные значения характеристик критериев оборудования, в соответствии с ТЗ.

И, в соответствии с третьим подходом, применимым в случае, когда на практике инженеру трудно проранжировать локальные критерии по степени важности, т.е. каждый из критериев является для него значимым:

$$\max f_1(x), f_2(x), \dots, f_m(x) \rightarrow \max, x \in G \quad (4)$$

необходима разработка специальных систем поддержки принятия решений, в основе которых лежит построение модели комплексного оценивания на основе предпочтений заказчика и ТЗ.

Модельный пример выбора настенного говорителя на основе предложенного алгоритма

Настенный говоритель представляет собой диффузорный электродинамический акустический аппарат, применяемый для оперативного оповещения субъектов о принятии требуемых мер безопасности в здании при возникновении чрезвычайной ситуации. В соответствии с предложенным алгоритмом, процедура построения модели комплексного оценивания начинается с занесения критериев оборудования информационной системы и единиц измерения их параметров. Данные критерии берутся на основе анализа ТЗ и современного рынка оборудования.

На примере выбора настенного говорителя, представленного тремя вариантами альтернатив, осуществим построение модели комплексного оценивания на основе следующих характеристик: x_1 - частотный диапазон (max), Гц; x_2 - частотный диапазон (min), Гц; x_3 - звуковое давление, дБ; x_4 - масса, кг; x_5 - цена, руб.; x_6 - количество мощностей включения, ед., представленных в таблице 1.

Таблица №11

Таблица эксплуатационных свойств альтернатив

Характеристики	 IWS-03 (INTER-M)	 LPA-10W3	 Соната-ТЛ-100-3/1 Вт MINI
1	2	3	4
Частотный диапазон (max), Гц	20 000	12 000	15 000

1	2	3	4
Частотный диапазон (min), Гц	80	220	100
Звуковое давление, дБ.	89	94	96
Масса, кг.	1,7	1,18	0,64
Цена, руб.	2130	830	916
Количество мощностей включения, ед.	2	3	1

Далее, в шкале комплексного оценивания 1-4, интерпретируемой, как: 1- неудовлетворительное значение параметра, 2 – удовлетворительное значение параметра, 3- предпочтительное значение и 4 – приоритетное значение параметра, строятся функции приведения, позволяющие осуществить перевод реальных (физических параметров) значений характеристик в качественные. На рис.2 представлена функция приведения характеристики x_3 - звуковое давление, дБ.

Функция приведения для характеристики объектов
 Звуковое давление

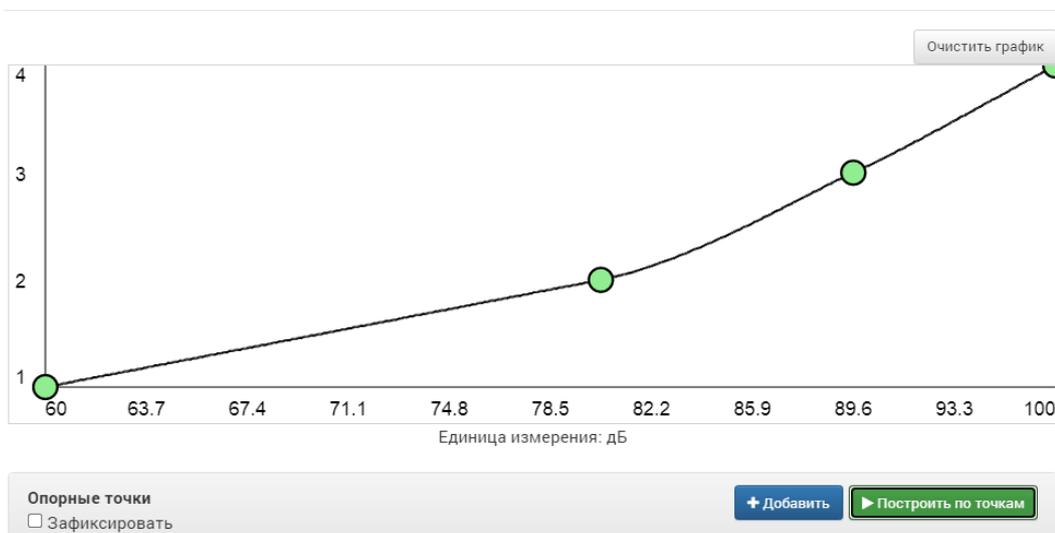


Рис. 2. – Функция приведения характеристики χ_3 - звуковое давление, дБ

После этого осуществим процедуру ранжирования характеристик в шкале значимости от 1 до 100%, в соответствии с таблицей 2. Чем больше процент значимости, тем важнее является рассматриваемая характеристика при выборе объекта. С целью определения важности характеристик можно пригласить группу экспертов в том случае, если инженер не может определить наиболее важную из перечисленных альтернатив самостоятельно, но, как правило, специалисту достаточно начального уровня знаний об объекте [9].

Таблица № 2

Таблица эксплуатационных свойств в процентном соотношении для ранжирования объектов предметной области

Характеристики	 IWS-03 (INTER-M)	 LPA-10W3	 Соната-ТЛ-100-3/1 Вт MINI
Частотный диапазон (max), Гц	100%		
Частотный диапазон (min), Гц	70%		
Звуковое давление, дБ.	83%		
Масса, кг.	17%		
Цена, руб.	80%		
Количество мощностей включения, ед.	90%		

В результате данной процедуры получим взвешенные коэффициенты [10], определяющие степень значимости каждой характеристики в данной модели (рис.3)



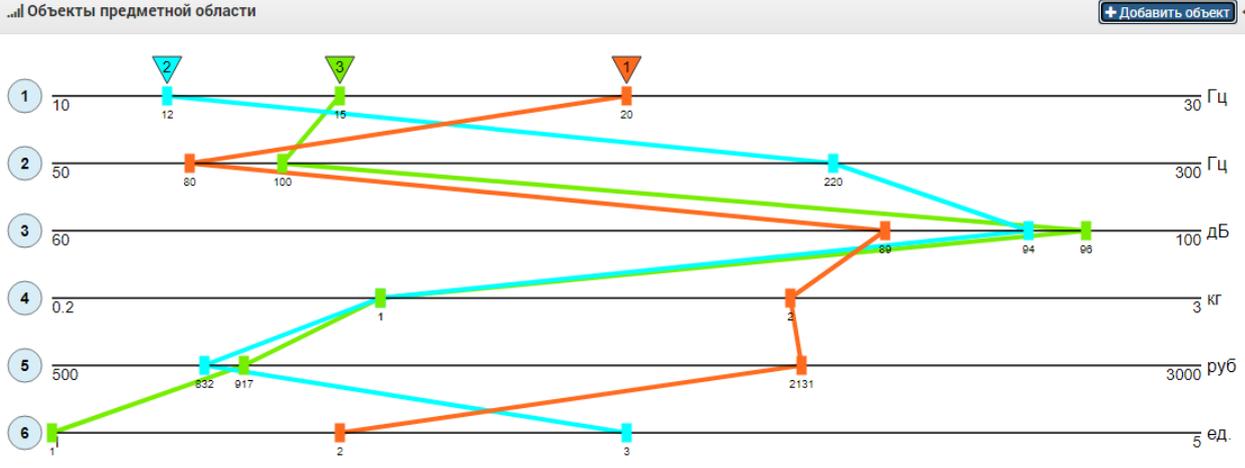
Рис. 3. – Взвешенные коэффициенты, определяющие степень значимости каждой характеристики в модели

Затем введем реальные значения характеристик объектов исследования в строку комплексного оценивания альтернатив, представленную диапазоном варьирования каждой исследуемой характеристики объекта, представленных в таблице 3.

В результате осуществления данной процедуры мы получим комплексные оценки каждой исследуемой альтернативы. Так, альтернатива № 3, представленная образцом Соната-ТЛ-100-3/1 Вт MINI имеет максимальную комплексную оценку, интерпретируемую как «предпочтительное значение».

Таблица № 3

Таблица результатов комплексного оценивания

Альтернативы настенных говорителей	 IWS-03 (INTER-M)	 LPA-10W3	 Соната-ТЛ-100-3/1 Вт MINI
	2,23	2,62	3,06

Заключение

Предложенный алгоритм позволяет инженеру самостоятельно за короткий период времени осуществить подбор оборудования для систем безопасности, в случае, когда выбор осложнен множеством различных многофакторных альтернатив. Также предложенный подход позволяет избежать негативных последствий субъективизма, возникающих на основе влияния внешней среды, за счет построения модели комплексного оценивания для каждой исследуемой характеристики объекта.

Литература

1. Талапов В. В. Основы BIM: введение в информационное моделирование зданий. М.: ДМК Пресс, 2011. 392 с.
2. Морозова Н. Е., Аль-Згуль С. Х. Управление проектом внедрения технологий информационного моделирования на предприятиях строительной отрасли // Инженерный вестник Дона, 2018, № 4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2018/5442.
3. Талапов В. В. Технология BIM: суть и особенности внедрения информационного моделирования зданий. М.: ДМК Пресс, 2015. 410 с.
4. Zhang Ai-hui, Jin Wei-liang, Li Gui-bing. Behavior of preloaded RC beams strengthened with CFRP laminates // Journal of Zhejiang University-SCIENCE A. 2006. Vol. 7, №3. pp. 436-444.
5. Звонов И. А., Корнилова Д. Л. Методика подготовки информационной модели здания для дальнейшего её внедрения в систему технической эксплуатации // Инженерный вестник Дона, 2019, № 1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2019/5599
6. Зильберова И. Ю., Петрова Н. Н. Модернизация зданий с целью повышения энергоэффективности, комфорта и безопасности проживания, а также продления срока эксплуатации жилых зданий // Инженерный вестник Дона, 2012, № 4-1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4p1y2012/1120
7. Внедрение BIM в России: новое поручение Президента // isicad URL: isicad.ru/ru/articles.php?article_num=19985 (date of access: 10.05.2021).
8. Харитонов В.А. Интеллектуальные технологии обоснования инновационных решений. Пермь: Изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2010. 342 с.
9. Алексеев А. О., Стоматин В. И., Харитонов В. А. [и др.]. Моделирование согласованных предпочтений с использованием механизмов активной экспертизы // Инновационный потенциал аграрной науки - основа развития АПК: сборник материалов Всероссийской научно-практической

конференции, посвященной 90-летию сельскохозяйственного образования на Урале, Пермь, 21 ноября 2008 года. – Пермь, 2008. – С. 237-241.

10. Харитонов В.А. и др. Квантификация предпочтений хозяйствующих субъектов управления в задачах цифровой экономики: монография / под ред. проф., д-ра техн. наук В.А. Харитонова. – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2018. – 172 с.

References

1. Talapov V. V. Osnovy BIM: vvedenie v informacionnoe modelirovanie zdaniy [BIM Fundamentals: An Introduction to Building Information Modeling]. DMK Press. 2011. 392 p.

2. Morozova N.E., Al-Zgul S.H. Inzhenernyj vestnik Dona. 2018. № 4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2018/5442.

3. Talapov V. V. Tekhnologiya BIM: sut' i osobennosti vnedreniya informacionnogo modelirovaniya zdaniy [BIM technology: the essence and features of the implementation of information modeling of buildings]. DMK Press 2015. 410p.

4. Zhang Ai-hui, Jin Wei-liang, Li Gui-bing. Journal of Zhejiang University SCIENCE A. 2006. Vol. 7. №3. pp. 436-444.

5. Zvonov I.A., Kornilova D.L. Inzhenernyj vestnik Dona. 2019. № 1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2019/5599.

6. Zilberova I.YU., Petrova N.N. Inzhenernyj vestnik Dona. 2012. № 4-1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4p1y2012/1120.

7. Vnedrenie BIM v Rossii: novoe poruchenie Prezidenta [Concept for the gradual introduction of modern, IT-supported processes and technologies in the planning, construction and operation of structures - Step-by step introduction of BIM. Federal Ministry of Transport and Digital Infrastructure.] URL: bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/Digitales/bimstufenplanendbericht.pdf?__blob=publicationFile (date of access: 09.06.2019).



8. Kharitonov V.A. Intellektual'nye tekhnologii obosnovaniya innovatsionnykh resheniy [Intellectual technologies substantiating innovative solutions]. Perm: Izd-vo Perm. gos. tekhn. un-ta, 2010, p. 342.

9. Alekseev A. O., Stomatin V. I., Kharitonov V. A. Innovatsionnyy potentsial agrarnoy nauki - osnova razvitiya APK. Perm, 2008. pp. 237-241.

10. Kharitonov V.A. i dr. Kvantifikatsiia predpochtenii khoziaistvuiushchikh sub"ektov upravleniia v zadachakh tsifrovoi ekonomiki: monografiia [Quantification of preferences of economic management entities in the main tasks of the digital economy: monograph]. Ed. V.A. Kharitonov. Perm': Izd-vo Perm. nats. issled. politekhn. un-ta, 2018, p. 172.