

Численные расчеты показали, что полученное решение правильно отображает действительность. Например, оно показывает, что через некоторое время колебания сооружения затихают.

Список литературы

1. Будаков В. М., Самарский А. А., Тихонов А. Н. Сборник задач по математической физике. М. : Наука, 1972. 687 с.

УДК 69.059.4:519.2

ОЦЕНКА СТЕПЕНИ ИЗНОСА ОТДЕЛЬНЫХ КОНСТРУКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ И ЗДАНИЯ В ЦЕЛОМ

П. Н. Садчиков, О. И. Евдошенко

*Астраханский государственный
архитектурно-строительный университет (Россия)*

Предложена методика представления данных мониторинга и модель обработки результатов независимых экспертных оценок по техническому состоянию отдельных конструктивных элементов здания с целью выработки единого решения о степени его физического износа в целом. Для объединения в одной оценочной системе количественных и качественных показателей и корректного проведения расчетов реализован математический аппарат нечетких множеств.

Ключевые слова: мониторинг технического состояния, физический износ, жилое здание, экспертная оценка, нечеткое множество, функция принадлежности, аддитивная свертка.

A methodology for presenting monitoring data and a model for processing the results of independent expert assessments on the technical condition of individual structural elements of a building are proposed with the aim of developing a unified decision on the degree of physical deterioration in general. To combine quantitative and qualitative indicators in a single evaluation system and perform correct calculations, a mathematical apparatus of fuzzy sets is implemented.

Keywords: technical condition monitoring, physical wear and tear, residential building, expert evaluation, fuzzy set, membership function, additive convolution.

В последние годы в отдельных регионах Российской Федерации наблюдается рост темпов реализации программы капитального ремонта жилых зданий, залогом чего выступает периодичность пополнения соответствующих инвестиционных фондов [1, 2]. Для повышения эффективности расходования финансовых средств и адресной их направленности требуется формирование реестра объектов недвижимости по величине их остаточного ресурса [3, 4]. В качестве одного из вариантов оценки остаточного ресурса здания в современной инженерной практике используется методика проведения экспертизы, построенная на определении степени

физического износа отдельных конструктивных элементов и здания в целом [5, 6].

Указанная методика сводится к сбору, обработке и анализу совокупности данных мониторинга и диагностики обследуемого объекта квалифицированными специалистами. Основной проблемой при ее реализации является обеспечение заданной статистической надежности полученных результатов. Независимая работа экспертов ограничивается, как правило, визуальным обследованием конструкций без инструментальных испытаний и измерений. В этих условиях сформировать единую позицию по оценке величины физического износа здания чрезвычайно трудно и к вычисленным результатам проявляется недоверие.

Для объединения в одной оценочной системе количественных и качественных показателей и корректного проведения расчетов обратимся к математическому аппарату теории нечетких множеств. Его использование способно упростить задачу экспертов в представлении однозначных ответов и повысить при этом объективность и точность оценки физического износа здания с определенной обеспеченностью ее результатов.

Достоинством предлагаемого подхода в сравнении с использованием средств и методов теории вероятностей и математической статистики является возможность получения численного результата. В теоретико-множественном отношении теория вероятностей оперирует с неопределенностью, касающейся принадлежности некоторого объекта обычному множеству, в то время как теория нечетких множеств заменяет понятие случайности понятием нечеткости. Понятию вероятностной меры, принятой в теории вероятностей, соответствует более простая интерпретация, выраженная в виде функции принадлежности. По этой причине неопределенность в процессе принятия решений удобнее рассматривать, оперируя методами теории нечетких множеств [7].

Введем в рассмотрение лингвистическую переменную β , определяющую классификаторы степени качества технического состояния и соответствующих им числовых оценок из интервала $[0, 1]$.

Лингвистическую переменную определим как кортеж: $\langle \beta, T, D \rangle$, где β – название лингвистической переменной «Степень физического износа конструктивного элемента объекта недвижимости»; T – терм-множество – множество ее значений, представляющих собой наименование нечетких переменных, областью определения каждой из которых также является множество; $D(\beta)$ – универсальное множество нечетких переменных, входящих в лингвистическую переменную β .

Определим шкалу оценок технического состояния отдельного конструктивного элемента исследуемого объекта недвижимости (табл. 1), содержащую различные уровни качества, в виде терм-множества

$$T = \{ "OB", "B", "BC", "C", "HC", "H" \}.$$

Таблица 2

Оценочная шкала степени физического износа элемента конструкции

Рейтинговая оценка	Степень износа элемента конструкции
ОВ	Очень высокая
В	Высокая
ВС	Выше средней
С	Средняя
НС	Ниже средней
Н	Низкая

Исходя из принятой оценочной шкалы, нечеткие переменные, формирующие универсальное множество $D(\beta)$, определяются кортежем $\langle \alpha, X, A \rangle$, где α – название нечеткой переменной – «Степень выраженности износа конструкции»; $X = \{x\}$ – область определения нечеткой переменной; $A = \{x, \mu_A(x)\}$ – нечеткое множество на X , описывающее ограничения на возможные значения нечеткой переменной α , где $\mu_A(x)$ – функция принадлежности нечеткой переменной.

Выявляя для каждой нечеткой переменной α_p соответствующее нечеткое множество A_p в виде отрезка $[a_p, b_p]$, можно сделать предположение об их возможном пересечении. Учитывая данный факт, отобразим все множество $\bigcup_p A_p$ на множество $\bigcup_i L_i$, для которого выполняются условия:

$$\bigcap_i L_i = \emptyset, \quad (1)$$

$$\exists^{i,p} L_i \subset A_p, \quad (2)$$

$$\bigcup_i L_i \subset \bigcup_p A_p. \quad (3)$$

Таким образом, принимая число экспертов равным Q ($q=1..Q$), получаем

$$\forall^{L_i \subset A_p} \mu_q(x, L_i) = \begin{cases} 1, & \text{если } x \in [a_i, b_i] \\ 0, & \text{если } x \notin [a_i, b_i] \end{cases} \quad (4)$$

способ представления функции принадлежности нечеткой переменной α на множестве $\bigcup_i L_i$.

Согласно условиям формирования нечеткого множества $\bigcup_i L_i$, отрезки L_i представляют собой интервалы толерантности рассматриваемой не-

четкости. Однако, для общего случая высказывание $\bigcup_i A_p \subset \bigcup_p L_i$ ложно, а следовательно, необходимо доопределить функцию принадлежности нечеткой переменной α на множестве A .

Для лингвистической переменной используем трапецевидный вид функции принадлежности (рис. 1), где верхнее основание трапеции определяет область полной уверенности эксперта (интервал толерантности L_i), а зоны его неуверенности формируются автоматически, исходя из определения A_p .

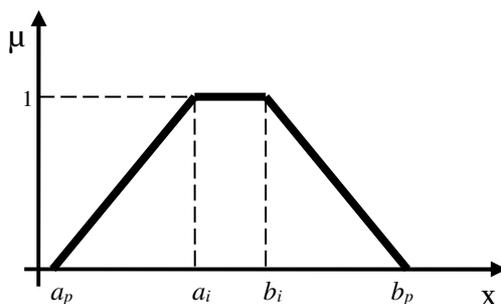


Рис. 1. Трапецевидный вид функции принадлежности

Исходя из предположения о том, что накопление физического износа объекта недвижимости происходит линейно, определим функцию принадлежности соответствия его величины множеству D_β (табл. 2).

Таблица 2

Степень принадлежности полученного значения I_k области D_β

№ элемента	Наименование конструктивного элемента	$D_\beta = [a; b]$	$\mu_\beta(x)$
1	Фундаменты	[0; 80]	$\mu(x; a, b) = \begin{cases} 0, & \text{если } x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a}, & \text{если } a \leq x \leq b \\ 1, & \text{если } x \geq b \end{cases}$
2	Перекрытия		
3	Стены		
4	Крыша, кровля		
5	Перегородки		
6	Окна, двери		
7	Полы		
8	Отделочные покрытия		
9	Внутренние сантехнические и электротехнические устройства		
10	Прочее (лестницы, балконы, лоджии)		

Поскольку для лингвистической переменной β используется трапецевидный вид функции принадлежности (рис. 1), а интервалы толерантности L_i определяются из условий (1)–(3), то зоны неуверенности эксперта формируются исходя из определения A_p (табл. 3).

Таблица 3

Лингвистическая градация степени выраженности физического износа отдельного конструктивного элемента

α_p	$A_p = [a; b]$	$\mu_A(x)$
ОВ	[0,7; 0,8]	$\mu(x; a, b) = \begin{cases} 0, & \text{если } x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a}, & \text{если } a \leq x \leq b \\ 1, & \text{если } x \geq b \end{cases}$
В	[0,55; 0,8]	$\mu(x; a, b; a_1, b_1) = \begin{cases} 0, & \text{если } x \leq a \\ \frac{x-a}{a_1-a}, & \text{если } a \leq x \leq a_1 \\ 1, & \text{если } a_1 \leq x \leq b_1 \\ \frac{b-x}{b-b_1}, & \text{если } b_1 \leq x \leq b \\ 0, & \text{если } x \geq b \end{cases},$ <p>где $a_1 = \frac{2b+3a}{5}$, $b_1 = \frac{3b+2a}{5}$</p>
ВС	[0,4; 0,65]	
С	[0,25; 0,5]	
НС	[0,1; 0,35]	
Н	[0,1; 0,2]	$\mu(x; a, b) = \begin{cases} 1, & \text{если } x \leq a \\ \frac{b-x}{b-a}, & \text{если } a \leq x \leq b \\ 0, & \text{если } x \geq b \end{cases}$

Общий вид графика функции принадлежности для всех α_p , определяющих универсальное множество $D(\beta)$ нечетких переменных, входящих в лингвистическую переменную β , представлен на рис. 2.

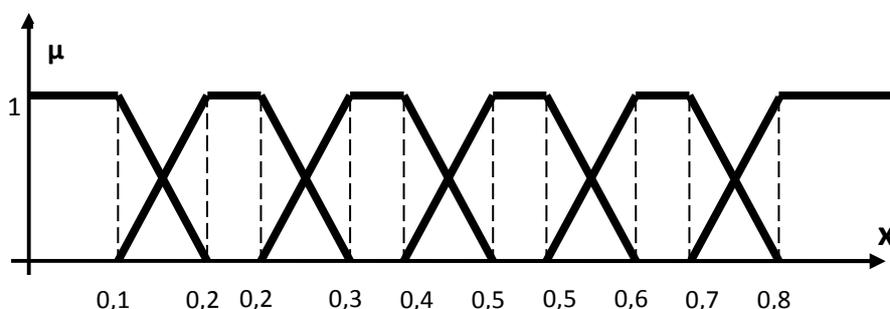


Рис. 2. График функции принадлежности

На основе полученных качественных оценок формируется матрица количественной оценки физического износа конструктивных элементов:

$$M = (L_{k,q}) = \begin{bmatrix} L_{1,1} & L_{1,2} & \dots & L_{1,Q} \\ L_{2,1} & L_{2,2} & \dots & L_{2,Q} \\ \dots & \dots & L_{k,q} & \dots \\ L_{n,1} & L_{n,2} & \dots & L_{n,Q} \end{bmatrix}, \quad (5)$$

где $L_{k,q}$ – количественная оценка величины физического износа отдельно взятой k -ой конструкции q -тым экспертом, Q – общее число экспертов, n – количество конструктивных элементов объекта, учитываемых при оценке технического состояния объекта.

Далее необходимо построить групповое решение (центроид) системы векторов. Центроид находится внутри области, ограниченной «крайними мнениями», а фактическое его местонахождение зависит от выбора меры или критерия расстояния между векторами.

Классической мерой близости является квадрат отклонения. Поэтому наиболее распространенный метод построения центроида есть нахождение вектора-столбца, такого, что

$$\Delta(L^0) = \sum_{k=1}^n \sum_{q=1}^Q (L_k^0 - L_{k,q})^2 = \min_{L^0} \Delta(L^0), \quad \text{где } L^0 = \begin{pmatrix} L_1^0 \\ \dots \\ L_k^0 \\ \dots \\ L_n^0 \end{pmatrix}. \quad (6)$$

Известно, что это выполняется тогда и только тогда, когда

$$L_k^0 = \frac{1}{Q} \sum_{q=1}^Q L_{k,q} \quad (k = 1..n), \quad (7)$$

т. е. L_k^0 является средним арифметическим оценок экспертов.

Для агрегирования показателей по отдельным конструктивным элементам в комплексный показатель величины физического износа объекта в целом используем аддитивную функцию свертки.

Представленная методика обработки результатов независимых экспертов по оценке технического состояния объекта недвижимости позволяет в процентном выражении определить степень физического износа отдельных конструктивных элементов и здания в целом [8, 9].

Список литературы

1. Свинцов В. Я., Садчиков П. Н. Моделирование структуры инвестиций в воспроизводство жилищного фонда // Известия ВолгГТУ. Сер. «Актуальные проблемы управления, вычислительной техники и информатики в технических системах». 2008. Т. 4. № 2 (40). С. 80–83
2. Садчиков П. Н. Оптимизация структуры инвестиций в ветхий и аварийный жилищный фонд // Современное градостроительство : материалы Международной науч.-метод. конференции. Пенза : Общество «Знание» России ; Приволжский дом знаний, 2007. С. 64–66.

3. Дормидонтова Т. В., Евдокимов С. В. Комплексное применение методов оценки надежности и мониторинга строительных конструкций и сооружений : монография. Самара : СГАСУ, 2012. 128 с.

4. Байбурин А. Х., Иванов А. Е., Байбурин Д. А. Некоторые аспекты оценки остаточного ресурса строительных конструкций // Предотвращение аварий зданий и сооружений : сб. науч. трудов. Вып. 10. М. : МДП, 2011. С. 140–150.

5. Ханухов Х. М. Нормативное обеспечение безопасной эксплуатации зданий и сооружений и мониторинг их технического состояния // Предотвращение аварий зданий и сооружений : сб. науч. трудов. Вып. 8. М. : МДП, 2009. С. 146–165.

6. Уткин В. С., Уткин Л. В. Экспертный метод определения физического износа зданий // Промышленное и гражданское строительство. 2000. № 1. С. 48–49.

7. Ильченко А. Н. Экономико-математические методы : учеб. пособие. М. : Финансы и статистика, 2006. 288 с.

8. Золина Т. В., Садчиков П. Н. Прогнозирование надежности здания при исследовании динамики его напряженно-деформированного состояния // Вестник МГСУ. 2015. № 10. С. 20–31.

9. Zolina T. V., Sadchikov P. N. Revisiting the reliability assessment of frame constructions of industrial building // Applied Mechanics and Materials. 2015. Vol. 752. P. 1218.

УДК 681.518.22

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ КОНЦЕПТУАЛЬНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ БИОСЕНСОРОВ

В. М. Зарипова, О. И. Евдошенко**,
Ю. А. Лежнина*, И. Ю. Петрова**

**Астраханский государственный
архитектурно-строительный университет (Россия)*

***Астраханский государственный университет (Россия)*

В настоящей статье рассмотрена модель автоматизированной системы поддержки концептуального проектирования биосенсоров на основе энергоинформационного метода. Разработана архитектура такой системы, в которой предусмотрено создание следующих баз знаний: база знаний об иммобилизованных биологических тест-объектах; база знаний об известных физических эффектах и явлениях на основе энергоинформационных моделей цепей (ЭИМЦ) разной физической природы. Полученное решение может быть использовано как скелетная конструкция для создания новых биосенсоров, либо усовершенствовано с помощью базы знаний по приемам улучшения технических и эксплуатационных характеристик физико-технических эффектов.

Ключевые слова: датчики, биосенсоры, концептуальное проектирование, энергоинформационный метод цепей, база знаний.

In this article the model of the automated system support for conceptual design of biosensors based on the energy-information method is considered. The architecture of such a system is developed, which provides for the creation of the following knowledge bases: a knowledge base on immobilized biological test objects; the knowledge base on known physical effects and phenomena on the basis of method of energy-information chains (EIMC) of different physical nature. The resulting solution can be used as a skeletal design for the development of