

Оценка качества строительства при обследовании технического состояния строительных конструкций

Тур В.В., Яловая Ю.С.

УО «Брестский государственный технический университет»,
г. Брест, Беларусь

Реферат

Разработана экспертная система, которая реализуется в виде системы нечеткого вывода и позволяет оценить качество строительства при обследовании технического состояния конструкции на основе субъективных оценок эксперта: прогибов, ширины раскрытия трещин и уровня коррозионного повреждения арматуры, выраженного потерей площади сечения стержня.

Ключевые слова: качество строительства, нечеткая логика, дефект, техническое состояние, конструкция, категория, рейтинговая система, прогиб, ширина раскрытия трещин, коррозия стали.

Введение

Визуальный осмотр конструкций может оказаться особенно полезным, если инструментальный подход технического состояния зданий и сооружений затруднен в связи с большой трудоемкостью и длительностью его проведения во времени, а также при неполноте и неточности необходимых для анализа данных.

Еще более сложной является задача определения категорий технического состояния конструкций, так как недостаточно просто дать оценку некоторой конструкции при визуальном обследовании: необходимо правильно и достоверно определить факторы, влияющие на техническое состояние конструкции и позволяющие определить ее категорию. Таким образом, можно говорить о наличии задачи оценки и отнесение к категории технического состояния конструкцию в условиях неопределенности.

Один из современных подходов, используемых в различных задачах принятия решений в условиях неопределенности, основан на применении инструментария теории нечетких множеств,

основоположником которой является Л.А. Заде (1965 г.). Применение теории нечетких множеств и её приложений позволяет строить формальные схемы решения задач, характеризующиеся той или иной степенью неопределенности, которая может быть обусловлена неполнотой, внутренней противоречивостью, неоднозначностью и размытостью исходных данных, представляющих собой приближенные количественные или качественные оценки параметров объектов. Эта неопределенность является систематической, так как обусловлена сложностью задач, дефицитом информации, лимитом времени на принятие решений, особенностями восприятия и т.п.

Неполнота и неточность информации могут заключаться в принципиальной невозможности полного сбора и учета информации об анализируемой конструкции, некоторой недостоверности и недостаточности исходной информации и др. Кроме того работы, связанные с усилием и ремонтом строительных конструкций, в значительной мере зависят от того, насколько объективно и квалифицированно проведены натурные обследования экспертом с точки зрения достоверности имеющихся дефектов. Следовательно, можно говорить о наличии «субъективного» человеческого фактора в задачах определения технического состояния конструкции.

Методика исследования

В качестве программной среды для создания системы нечеткого логического вывода и нечеткой классификации был использован пакет Fuzzy Logic Toolbox в рамках среды MatLab. Данная программа осуществляет обмен информацией между пользователем и экспертной системой через достаточно простой графический интерфейс, что обеспечивает возможность ее использования инженерами без специальной подготовки в области нечетких множеств и компьютерных наук.

В качестве входных параметров системы нечеткого вывода нами были предложены 3 нечеткие лингвистические переменные: «прогиб», «трещины» и «коррозия», а в качестве выходных параметров – нечеткая лингвистическая переменная «категория» (рисунки 1).

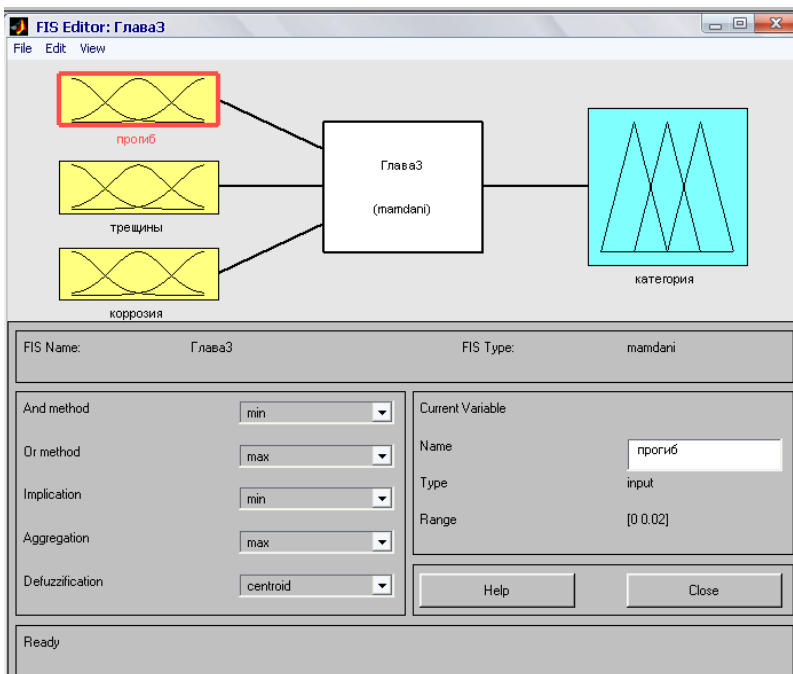


Рисунок 1 – Вид редактора FIS с принятыми входными и выходными параметрами

В качестве терм-множества лингвистической переменной «прогиб» было использовано множество $T_1 = \{\text{«малый»}, \text{«средний»}, \text{«большой»}\}$. При этом границы терма соответствовали: для «малый» – $[0; 1/600 (0,0017)]$, для «средний» – $[1/600 (0,0017); 1/300 (0,0033)]$, для «большой» – $[1/300 (0,0033); 1/50 (0,02)]$ (рисунок 2). Данные значения границ выражены в десятичных дробях и измеряются от пролета, приняты по результатам обзора нормативно-технических документов различных стран по оцениванию технического состояния конструкции.

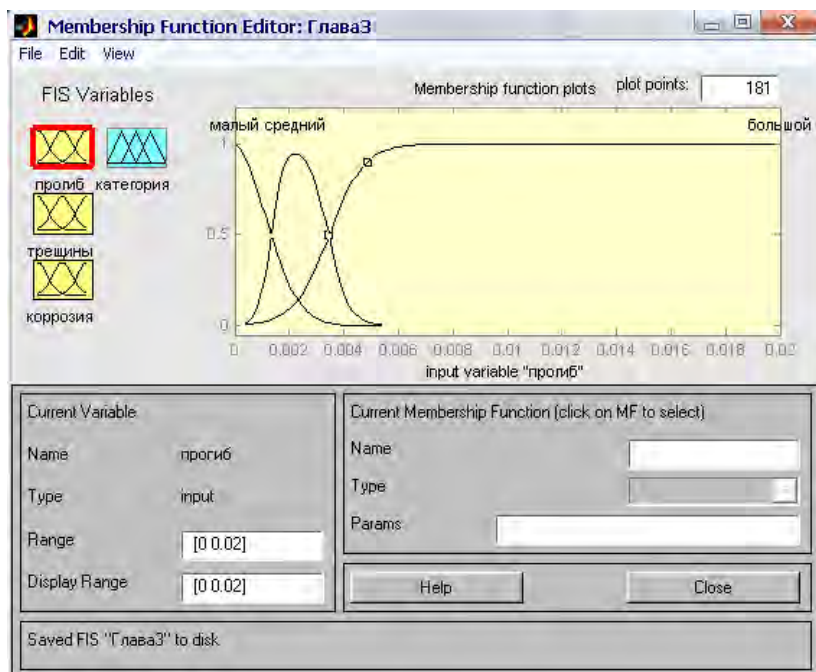


Рисунок 2 – Вид редактора функций принадлежности с принятыми названиями термов и типами их функций принадлежности для входной переменной «прогиб»

В качестве терм-множества лингвистической переменной «трещины» было использовано множество $T_2 = \{\text{«незначительные»}, \text{«допустимые»}, \text{«недопустимые»}\}$. При этом каждому из термов первой входной переменной соответствуют определенные границы: для «незначительные» соответствует $[0,05; 0,1]$, для «допустимые» соответствует $[0,1; 0,3]$, для «недопустимые» соответствует $[0,3; 1]$ (рисунок 3). Данные границы измеряются в мм и приняты в соответствии с рекомендациями [1].

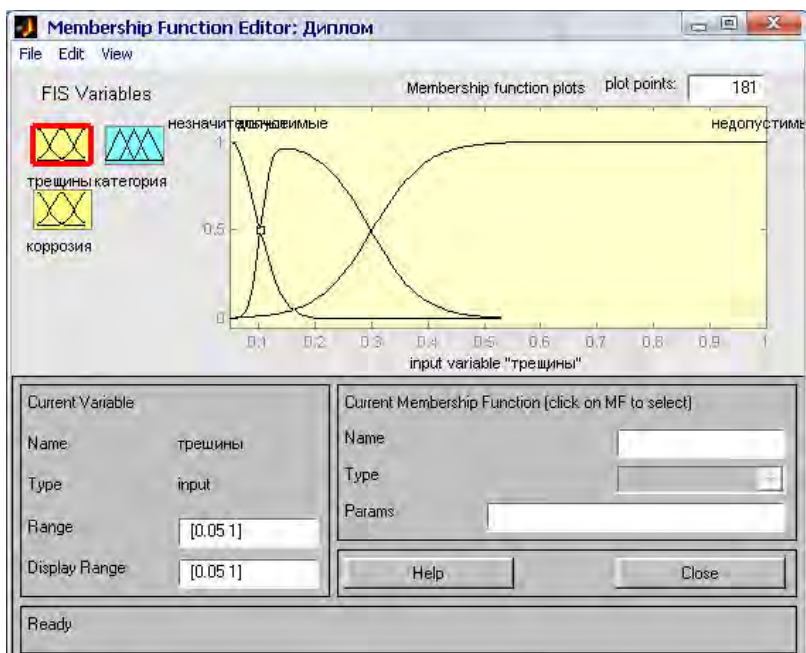


Рисунок 3 – Вид редактора функций принадлежности с принятыми названиями термов и типами их функций принадлежности для входной переменной «трешины»

В качестве терм-множества лингвистической переменной «коррозия» использовано множество $T_3 = \{\text{«слабая»}, \text{«средняя»}, \text{«сильная»}\}$. При этом каждому из термов второй входной переменной соответствуют определенные границы: для «слабая» соответствует $[0; 10]$, для «допустимые» соответствует $[10; 20]$, для «недопустимые» соответствует $[20; 40]$ (рисунок 4). Данные границы выражены в %, приняты по результатам обзора нормативно-технических документов различных стран по оцениванию технического состояния конструкции.

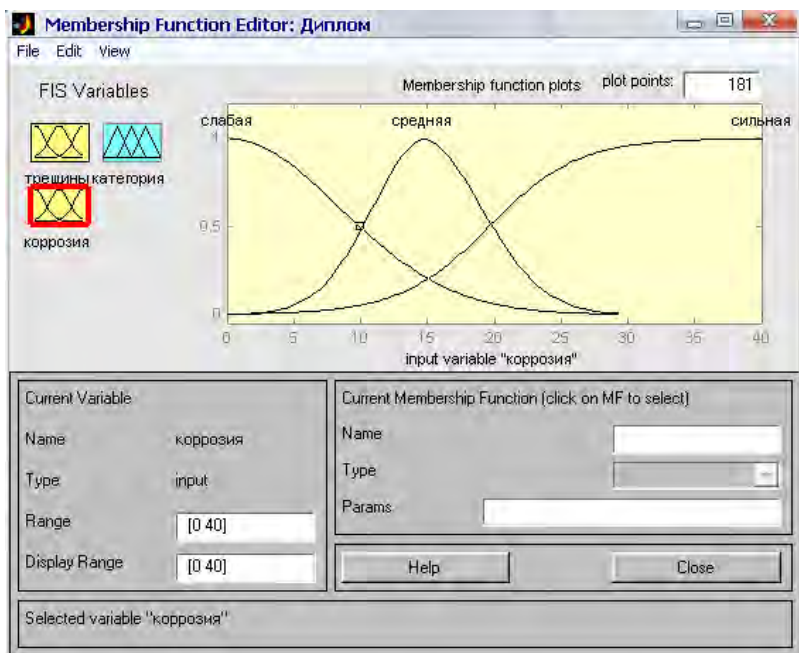


Рисунок 4 – Вид редактора функций принадлежности с принятыми названиями термов и типами их функций принадлежности для входной переменной «коррозия»

В качестве терм-множества выходной лингвистической переменной «категория» использовано множество $T_4 = \{«1», «2», «3»\}$. При этом каждому из термов выходной переменной соответствуют определенные границы: для «1» соответствует $[0; 1,8]$, для «2» соответствует $[1,2; 2,8]$, для «3» соответствует $[2,2; 3]$ (рисунок 5). Данные границы приняты по результатам обзора рейтинговых систем оценки дефектов строительных конструкций зданий и сооружений различных стран.

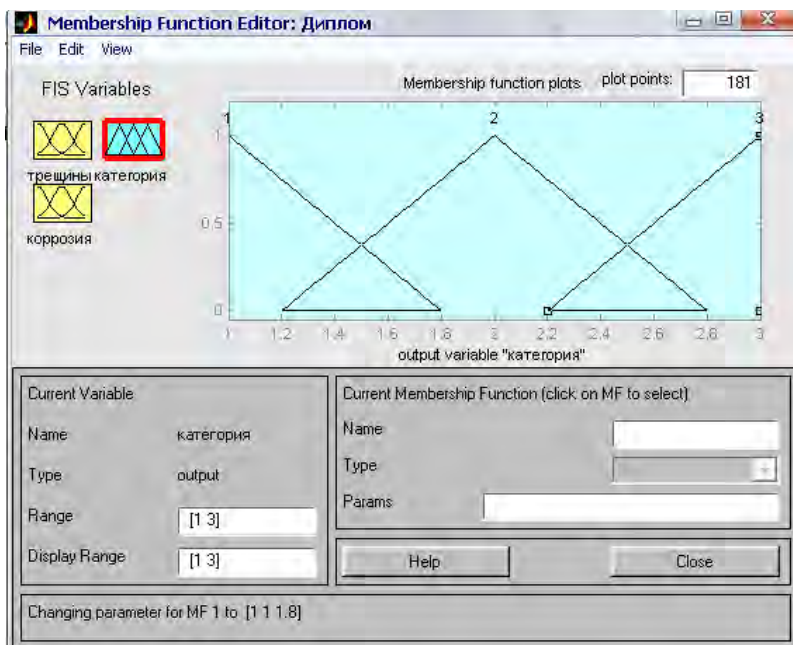


Рисунок 5 – Вид редактора функций принадлежности с принятыми названиями термов и типами их функций принадлежности для выходной переменной «категория»

Для каждого термина нами были определены типы функций принадлежности, таким образом, чтобы при пересечении двух функций они пересекались в точке 0,5 по оси ординат, но и соответствовали границам по оси абсцисс.

После задания 24-х правил нечеткого вывода (рисунок 6) выдается результат нечеткого вывода (значение выходной переменной) для конкретных значений входных переменных. По умолчанию для входных переменных предложены средние значения из интервала их допустимых значений. Это означает, что при прогибе 1/100 пролета, ширине раскрытия трещин 0,5 мм и при коррозии арматуры 20 % значениям входных переменных соответствует категория 2,68 (рисунок 7), используя правила округления, получаем 3-ью категорию состояния конструкции.

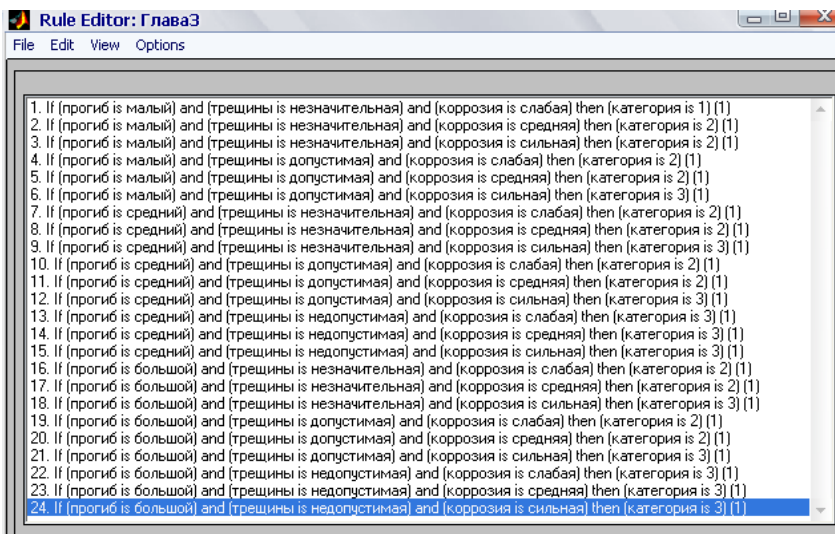


Рисунок 6 – Вид редактора правил нечеткого вывода после их определения

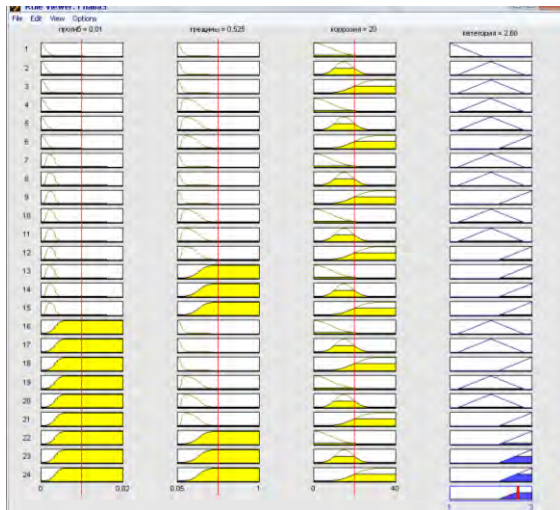


Рисунок 7 – Вид программы просмотра правил нечеткого вывода

Таким образом, в зависимости от имеющихся повреждений, техническое состояние конструкции может быть классифицировано по 3-м категориям:

Категория 1 – исправное состояние – дефекты устраняются в процессе технического обслуживания и текущего ремонта.

Категория 2 – ограниченное работоспособное состояние – опасность обрушения отсутствует. Необходимо соблюдение всех эксплуатационных требований. Возможны ограничения некоторых параметров эксплуатации. Требуется ремонт.

Категория 3 – неработоспособное состояние – необходимо срочное ограничение нагрузок. Требуется капитальный ремонт, усиление или замена элементов.

Результаты исследований

Используя разработанную методику, нами было проведено оценивание технического состояния конструкции по характерным дефектам для реального строительного объекта: «Гальванический цех ОАО «Гомельский радиозавод» и были выявлены следующие дефекты и повреждения:

- ширина раскрытия продольных трещин по рёбрам – 3..5 мм;
- остаточный диаметр стержней вследствие коррозии – 22..23 мм (плиты армированы стержневой арматурой диаметром 25 мм). Следовательно, уровень коррозионного повреждения арматуры составляет 12%.

По результатам обследования с помощью полученной конечной функции принадлежности при прогибе $1/400$ пролета, ширине раскрытия трещин >1 мм, коррозии арматуры 12% имеем категорию 2,73 (рисунок 8), используя правила округления, получаем 3 категорию технического состояния. Это означает, что покрытия цеха с данными значениями факторов имеют неработоспособное состояние и требуют капитального ремонта.

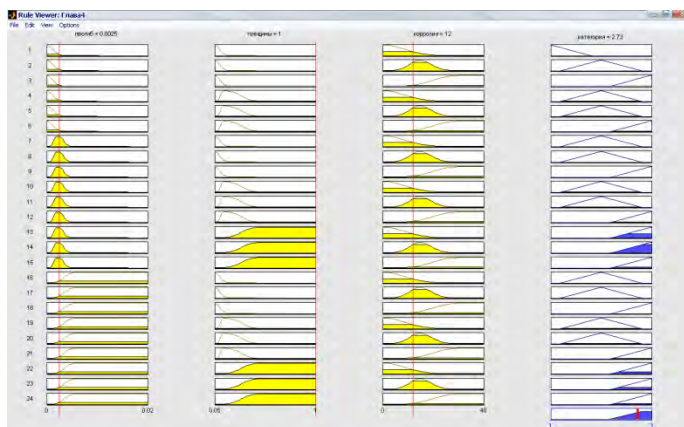


Рисунок 8 – Результат правил нечеткого вывода для покрытий гальванического цеха

Заключение

Разработанная экспертная система нечеткого вывода позволяет оценить качество строительства при обследовании технического состояния строительной конструкции на основе 3-х имеющихся факторов – прогиба, ширины раскрытия трещин и уровня коррозионного повреждения арматуры, выраженного потерей площади сечения стержня, на базе пакета Fuzzy Logic Toolbox в рамках среды MatLab, что было подтверждено в оценивании реальных строительных конструкций.

Список использованных источников

1. Рекомендации по оценке надежности железобетонных конструкций эксплуатируемых и реконструируемых зданий и сооружений : Р 1.03.0.42.07. – Брест : БрГТУ, 2007. – 60 с.
2. Леоненков, А.В. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH / А.В. Леоненков. – СПб. : БХВ-Петербург, 2005. – 736 с.
3. Штовба, С.Д. Введение в теорию нечетких множеств и нечеткую логику / С.Д. Штовба. – Винница : Издательство винницкого государственного технического университета, 2001. – 198 с.