УДК 657.922:624.04

ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ В ОЦЕНИВАНИИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Ю. С. ДОРДЮК, Н. П. ЯЛОВАЯ
Брестский государственный технический университет
Брест, Беларусь

Практическое применение теории нечетких множеств при оценивании строительных конструкций непрерывно растет, о чем свидетельствуют отечественные и зарубежные публикации. Так, в [1] японскими учеными представлена модель оценки железобетонных мостов в г. Тайбэе. Оценивание повреждений проводилось с использованием двухслойного нечеткого синтеза, а полученные результаты являлись основой для дальнейших работ по ремонту и усилению существующих железобетонных конструкций мостов.

В [2] представлены математические модели для идентификации категории технического состояния строительных конструкций на основе нечеткой логики. В качестве предмета исследования была принята оценка технического состояния железобетонных изгибаемых элементов. Предложена структурная модель перспективной комплексной интеллектуальной системы обследования строительных объектов массового строительства, включающая несколько экспертных систем. Приведение знаний о техническом состоянии к виду, позволяющему установить математические и логические отношения между ними, предлагается осуществлять на основе методики построения компьютерных онтологий. Оценивание производится установлением базовых понятий онтологий категориального уровня и их ранжированием по четырем уровням [3].

В описании качественных признаков технического состояния, таких как *цвет бетона*, описание результатов *визуального осмотра арматуры* (для выявления повреждений коррозией), *упрощенного метода исследования бетона* (простукивание) и др., было принято сочетание метода Т. Саати с приемом P. J. M. Laarhoven и W. A. Pedrycz, который позволяет на этапе извлечения эвристических знаний экспертов учесть нечеткость в ответах и получить более точное и адекватное отражение экспертной информации в описании качественных признаков.

Метод идентификации категории технического состояния строительных конструкций на основе нечетких баз знаний реализован в программной среде Microsoft Excel. В формализованном виде описание навигационной структуры приложения представляет собой файл в формате XML, что позволяет обрабатывать, изменять данные в любых других системах вне зависимости от клиентской платформы или операционной системы. Программа включает 91 контролируемый параметр железобетонного изгибаемого элемента (большая часть из

которых представлена лингвистическими переменными), а нечеткая база знаний содержит более 5 000 правил.

Оценка эффективности решений, выдаваемых программой, производилась на основе моделирования сценариев различных повреждений и их сочетаний у железобетонных изгибаемых конструкций, а также анализа данных технических отчетов по результатам обследования существующих конструкций зданий и сооружений [2].

В [4] представлен пример применения теории нечетких множеств с использованием пакета Fuzzy Toolbox в рамках среды MATLAB к оцениванию технического состояния строительных конструкций. Были выделены рабочие фазы, для которых была определена логическая и временная последовательность отдельных операций.

В соответствии с рекомендациями, изложенными в [4], анализ технического состояния здания должен включать три последовательных этапа, на каждом из которых выполняются промежуточные оценки, которые в конечном итоге являются элементами алгоритма нечеткого финального оценивания фазы *А*. Углубленное исследование для фазы *Б* является более продолжительным, включает детальное обследование, инструментальные испытания (лабораторные испытания материалов, включая разрушающие; прямые испытания нагружением отдельных конструктивных элементов и системы в целом). Финальная диагностика осуществляется после оценивания всех типов конструкций на отдельном этаже, а далее – всего здания в целом.

Обобщая рассмотренные работы по применению нечеткой логики при оценивании строительных конструкций, можно сделать вывод, что данный метод имеет большие перспективы в промышленном и гражданском строительстве. Однако представленные работы полностью не решают поставленную перед собой задачу уменьшения неопределенностей при определении категории технического состояния конструкции.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Liang, M. T.** Applying fuzzy mathematics to evaluating the membership of existing reinforced concrete bridges in Taipei / M. T. Liang, J. H. Wu, C. H. Liang // Journal of Marine Science and Technology. – 2000. – Vol. 8, № 1. – P. 16–29.

2. **Тонков, Ю. Л.** Математические модели для идентификации категории технического состояния строительных конструкций на основе нечеткой логики : дис. … канд. техн. наук : 05.13.18 / Тонков Ю. Л. – Пермь, 2018. – 208 л.

3. Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния : ГОСТ 31937–2011. – Введ. 01.01.2014. – М. : Стандартинформ, 2014. – 54 с.

4. **Mezzina, M.** Decisional trees and fuzzy logic in the structural safety assessment of damaged R. C. buildings / M. Mezzina, G. Uva, R. Greco // 13th World Conference on Earthquake Engineering, Vancouver, 1–6 August 2004. – Vancouver, 2004. – P. 149–159.