Константинов И.С., Яцынюк Д.А., Лескин К.А.

Применение нечеткого подхода при создании композиционных материалов на примере серного бетона

*Белгородский государственный национальный исследовательский университет
(Россия, Белгород)*

doi: 10.18411/lj-06-2020-81

idsp: ljjournal-06-2020-81

Аннотация

В данной работе предлагается использовать нечеткий подход для определения свойств композиционного материала на примере серного бетона, а также для определения его состава по заданным характеристикам. Реализована нечеткая система с использованием инструментов Matlab Fuzzy Logic Toolbox. В результате показана эффективность применения предложенной математической модели, и предложены дальнейшие пути улучшения нечеткой системы с учетом увеличения числа характеристик материала.

Ключевые слова: нечеткая логика, состав композиционных материалов, свойства композиционных материалов, методы дефазификации, серный бетон, классификация бетона.

Abstract

In this paper, it is proposed to use a fuzzy approach to determine the properties of a composite material using sulfur concrete as an example, as well as to determine its composition by given characteristics. Implemented a fuzzy system using the Matlab Fuzzy Logic Toolbox. As a result, the effectiveness of the proposed mathematical model is shown, and further ways to improve the fuzzy system are proposed taking into account the increase in the number of material characteristics.

Keywords: fuzzy logic, composition of composite materials, properties of composite materials, dephasing methods, sulfur concrete, concrete classification.

Введение

В связи с активным развитием новых отраслей и технологий, повышаются требования к материалам различных конструкций. Наиболее эффективными являются композиции, полученные путем объединения различных веществ.

Исследования и разработка новых материалов в строительной промышленности являются довольно затратными и длительными, в связи с практической направленностью отрасли.

Существующие математические модели не позволяют точно определить свойства композиционного материала, как и не позволяют подобрать корректный состав для получения смеси с необходимыми свойствами, что увеличивает затраты на каждый эксперимент, а вычисления более точных результатов занимают много времени, поскольку их невозможно перенести в автоматизированные вычислительные системы. Видится необходимым создание некой модели которая бы позволила уменьшить расходы на эксперименты, а также автоматизировать определение приблизительных свойств смесей. Данная проблема требует применения другого математического аппарата, например, нечеткая логика. В рамках данной работы предлагается использовать математическую модель, основанную на нечеткой логике, для определения свойств композиционных материалов на примере серного бетона, а также исследовать возможность применения нечеткой логики для получения состава по заданным свойствам.

Постановка задачи

Рассмотрим основные составляющие серного бетона. Структурно серный бетон состоит из связующего, наполнителя, заполнителя, модифицирующих и дисперсно-

упрочняющих добавок. В работе [1] в качестве связующего была выбрана техническая сера.

В качестве наполнителя были выбраны барит, ферроборовый шлак и оксид свинца. Выбор этих материалов обосновывается их эффективным химическим составом и относительно высокой средней плотностью. В рамках данной работы рассматривается барит.

Свинцовая дробь выступает в качестве заполнителя. Модифицирующие и дисперсно-упрочняющие добавки представлены следующими материалами: парафин, стеариновая кислота и прочие.

В рамках данной работы рассматривается степень влияния парафина и стеариновой кислоты, в совокупности с баритом, на среднюю плотность.

Определим входные данные реализуемой нечеткой системы. Входные данные определяются объемом 3 веществ – барит, парафин и стеариновая кислота. Для более удобного представления возьмем объем каждого вещества в процентном соотношении $[0\%;100\%]$. В работе [1] барит(Б) изменяется в рамках диапазона $[0\%;60\%]$, а парафин(П) и стеариновая кислота(С) принадлежат диапазону $[0\%;8\%]$. Остальные используемые компоненты примем константами равными 0.

В данной работе предлагается использовать статистические исследования проведенные в работе [1] для формулировки правил нечеткой логики. Анализируя результаты экспериментов можно заметить функциональные зависимости значений средней плотности серного бетона от объема составляющих.

Бетонные смеси по средней плотности можно разделить на 5 групп: особо легкие, легкие, облегченные, тяжелые и особо тяжелые бетоны. В рамках данной работы предлагается провести исследование диапазона тяжелых бетонов – $[1500\text{кг}/\text{м}^3; 3000\text{кг}/\text{м}^3]$.

Каждый компонент выбранный для серной смеси обладает собственной достаточно высокой средней плотностью. В сочетании друг с другом они только усиливают её. Основное влияние оказывает объем заполнителя. Увеличение объема заполнителя приводит к значительному повышению средней плотности.

Увеличение парафина также повышает среднюю плотность. В то же время больший объем стеариновой кислоты приводит к значительному уменьшению данного показателя.

Увеличение объема наполнителя в виде баррита не приводит к большому приросту показателя средней плотности, однако стоит заметить, что в сочетании с модифицирующими добавками можно получить хорошие показатели в результирующей серной смеси.

Для анализа возможности применения нечеткой логики при решении обратной задачи, предлагается разработать систему определения необходимого количества барита для получения заданной средней плотности. Таким образом, входные данные представлены показателем средней плотности в диапазоне $[1500\text{кг}/\text{м}^3; 3000\text{кг}/\text{м}^3]$, а выходные данные – требуемый объем барита в рамках $[0\%;60\%]$.

Для решения поставленных задач необходимо разработать математическую модель основанную на нечеткой логике с использованием указанных выше входных и выходных данных.

Разработка нечеткой системы

Для решения поставленной задачи был выбран нечеткий логический вывод по алгоритму Мамдани, поскольку вход и выход системы являются нечеткими множествами. Система имеет 3 переменных и 1 выходное значение. В качестве входных данных используется объем барита, парафина и стеариновая кислота, в качестве выходных – величина средней плотности. Необходимо определить функции принадлежности для каждой лингвистической переменной.

Нечеткие понятия «Объем барита» и «Объем парафина» содержат следующее базовое терм-множество: «Мало», «Средне», «Много», однако имеют различные диапазоны. Рассмотрим нечеткое понятие «Объем барита». Для него нечеткая переменная «Мало» характеризуется объемом до $30 \pm 10\%$. «Средне» - $[30 \pm 10\%; 60 \pm 10\%]$. «Много» - свыше $60 \pm 10\%$. Таким образом, необходимо определить 3 функции принадлежности для каждой нечеткой переменной. Предлагается использовать стандартные функции матлаба, среди которых Гауссова функция. В данной работе предлагается её использовать для всех понятий, поскольку Гауссова функция достаточно гибкая для настройки степени принадлежности переменной.

Графическое представление конечной функций принадлежности для переменных понятия «Объем барита» представлено на рис.1.

Рис. 1. Функция принадлежности для «Объема барита»

Такое распределение обусловлено зависимостью представленной в работе [1] — переменные «Мало» и «Много» соответствуют средним показателям средней плотности, а переменная «Средне» соответствует пику средней плотности для объема барита в данном диапазоне.

Для нечеткого понятия «Объем парафина» содержат 3 переменные, такие же как и у предыдущего понятия, однако находятся в диапазоне $[0\%; 8\%]$. Графическое представление результирующей функций принадлежности для переменных понятия «Объем барита» представлено на рис.2.

Рис. 2. Функция принадлежности для «Объема парафина»

Парафин является добавкой к бариту. Как правило, добавки не дают существенного изменения основного свойства, однако могут оказать существенное влияние на границе классификации.

Нечеткое понятие «Объем стеариновой кислоты» имеет 2 переменные — «Мало» и «Много», поскольку стеариновая кислота при увеличении объема уменьшает показатель средней плотности, но с разной скоростью. Функции принадлежности представлены на рис.3.

Рис. 3. Функция принадлежности для «Объем стеариновой кислоты»

Для переменной «Мало» была выбрана треугольная функция, поскольку в работе [1] показано стремительное уменьшение средней плотности при увеличении объема до 2%.

Рассмотрим нечеткий вывод «Средняя плотность». Данное нечеткое понятие находится в рамках множества $[1500; 3000]$ кг/м³. Нечеткое понятие «Средняя плотность» содержит 3 переменных: «Мало», «Средне», «Много».

В качестве функций принадлежности для всех переменных была выбрана гауссиана.

Графическое представление функции принадлежности для нечеткого вывода «Средняя плотность» изображено на рис.4.

Рис. 4. Функции принадлежности для нечеткого вывода «Средняя плотность»

После описания всех нечетких переменных и выводов необходимо описать правила нечеткой логики сформулированные на основе анализа закономерностей выявленных в работе [1].

Вышеописанные функции принадлежности были получены в ходе экспериментов приведенных на рис.5.

Рис. 5. Результаты экспериментов определения средней плотности

Каждый полученный график сравнивался с эталонными значениями из работы [1]. Функция 1 и Функция 2 содержат эксперименты с операциями нечеткой логики, а именно с функцией агрегации. Функция 1 соответствует операции максимума, а Функция 2 – сумме. Как видно на графиках, использование максимума не дает корректного результата, а сумма имеет лучшее приближение. Дальнейшие эксперименты проводились с оптимизацией функций принадлежности. Таким образом были получены оптимальные функции с минимальным отклонением от эталонных значений.

Анализ возможности использования нечеткой системы при решении обратной задачи

Особый интерес вызывает обратная задача – получение состава для заданных свойств. Для решения данной задачи предлагается использовать разработанную систему для решения прямой задачи. Необходимо получить объем барита нужный для получения определенной величины средней плотности. Таким образом система имеет 1 входной параметр(средняя плотность) и 1 выходной параметр(барит). Все переменные остаются те же, что и для прямой задачи. Результаты экспериментов приведены на рис.6.

Рис. 6. Результаты определения состава для заданных свойств
Fig.6. Composition results for specified properties

Как можно заметить прямое отображение не дало необходимых результатов – увеличение средней плотности происходит за счет увеличения объема барита, однако эталонные значения показывают, что увеличение объема барита на больше 50% приводит к уменьшению средней плотности. Таким образом необходимо корректировать функции принадлежности и веса правил. Наиболее эффективным оказалось изменение функции принадлежности входного параметра. Функции принадлежности нечеткого понятия «Средняя плотность» представлены на рис.7.

Рис.7. Функции принадлежности понятия «Средняя плотность»

Сравнивая графики на рис.7 и рис.4 можно заметить, что они являются зеркальными относительно оси Ох. Таким образом зная функции принадлежности для прямой задачи, можно решить обратную задачу, изменив зеркально входные данные.

Заключение

В статье приводится исследование возможности использования нечеткой логики для решения задачи определения свойств бетона по заданному составу, а также определения состава по заданным свойствам. В ходе анализа были определены компоненты оказывающие основное влияние на результирующие свойства бетонных смесей, а также сформулированы зависимости свойства от объема составляющих. Это позволило предложить новую математическую модель для получения свойств бетона по заданному составу, основанную на нечетком подходе. Была разработана нечеткая система в основе которой лежит формирование функций принадлежности по эмпирическим данным. Результаты тестирования реализованной системы показали, что данный подход имеет недостатки в точности вычислений, однако является достаточно перспективным и позволяет изучить степень влияния объема веществ на свойства смесей, а также позволяет решить обратную задачу.

1. Болтышев С.А., 2003. Структура и свойства сверхтяжелых бетонов для защиты от радиации: диссертация кандидата технических наук. Пензенский государственный университет архитектуры и строительства, Пенза.
2. Баженов Ю.М., Гарькина И.А., Данилов А.М., Королев Е.В., 2012. Системный анализ в строительном материаловедении; М-во образования и науки Росс. Федерации, ФГБОУ ВПО «Моск. гос. строит.ун-т». Москва : МГСУ, 2012. — 432 с. (Библиотека научных разработок и проектов МГСУ).
3. Константинов И.С., Филатов А.Г., Касьянов Ю.В. Принципы построения интеллектуальных автоматизированных систем управления с нечетким регулированием на базе логико-лингвистических моделей представления знаний // Сборник трудов Седьмых Академических чтений РААСН “Современные проблемы строительного материаловедения”.-Белгород.-2001.С.154-158
4. Борисов А.Н., Крумберг О.А., Федоров И.П. Принятие решений на основе нечетких моделей.— Рига: Зинатне, 1990.—184 с.
5. Яхьяева, Г.Э. Нечеткие множества и нейронные сети / Г.Э. Яхьяева. - М.: Интернет-университет информационных технологий, 2014. - 320 с.

Корнюшко В.Ф., Абушайхова С.Э., Боридко В.С., Разливинская С.В., Науменко Э.В.

Цифровизация логистических систем управления поставкой лекарственных средств и медицинских материалов для аптекных организаций

*МИРЭА-Российский технологический университет
(Россия, Москва)*

doi: 10.18411/lj-06-2020-82

idsp: ljournal-06-2020-82

Аннотация

В статье рассмотрены особенности работы логистических систем управления запасами лекарственных средств и медицинских материалов и оборудования в период пандемии COVID-19. Показано, что в период пандемии в условиях изоляции населения происходит “стихийная” цифровизация всей сферы услуг, включая поставки лекарственных средств и медицинских препаратов. Рассмотрена система поставок, начиная от производителя до конечного потребителя, на основе сети мониторинга движения лекарственных препаратов (ФГИС МДЛП).

Ключевые слова: управление аптечной сетью, логистика, аптека, заказ лекарств, система мониторинга, цепочка поставок, пандемия, коронавирус.