УДК 691

**побудова функції належності нечітких оцінок впливу параметрів моделі на прогнозовану міцність бетону**

Ю.С. Бікс

*Розгянуто методику побудови функцій належності для прогнозування міцності бетону з врахуванням кількісних та якісних факторів впливу на прикладі лінгвістичної змінної“вплив тиску”. Отримані кількісні оцінки ступеня впливу тиску та інших кількісних та якісних факторів на міцність бетону на основі теорії нечіткої логіки.*

*Рассмотрен метод построения функций принадлежности для прогнозирования прочности бетона с учётом количественных и качественных факторов влияния на примере лингвистической переменной “влияние давления”. Полученные количественные оценки степени влияния давления и других количественных и качественных факторов на прочность бетона на основании теории нечёткой логики.*

*Building Method of belonging functions for predictable concrete strength by taking into account quantitative and qualitative influence factors on instance of linguistic variable “pressure influence” has been considered. Quantitative value of pressure influence index and other quantitative and qualitative factors for concrete strength based on fuzzy logic has been obtained*.

**Вступ**

Зростання цін на енергоносії потребує від будівельної індустрії при виготовленні бетонів впровадження енерго – та ресурсозберігаючих технологій. На стадії проектування енергоощадних складу та технології виготовлення бетону та бетонних виробів прогнозована міцність може бути забезпечена використанням науково обґрунтованих методик, що базуються на результатах математичного моделювання [1,2,3].

Оскільки на прогнозовану міцність бетону та бетонних виробів впливають фактори, які характеризуються кількісними та якісними параметрами, то для оцінювання технологічних та фізико – механічних факторів впливу запропоновано математичну модель у вигляді ієрархічної системи нечітких логічних рівнянь [4,7]. Для створення експертно – моделювальної системи прогнозування міцності бетону з використанням нечітких логічних рівнянь необхідно встановити аналітичні моделі функцій належності експертних нечітких баз знань прогнозованого впливу кількісних та якісних факторів, що характеризують склад та технологію виготовлення бетону [1].

**Аналітичне обгрунтування та постановка задачі**

При моделюванні прогнозованої міцності бетону в якості джерела інформації використовують експертні оцінки, які мають якісний та кількісний характер, що є доступним для технологів на етапі проектування складу бетону з певною міцністю. Метод, що використовується для побудови функцій належності, передбачає фазифікацію нечітких оцінок факторів впливу. Етап фазифікації включає вибір нечітких термів для лінгвістичної оцінки факторів впливу, що задані на відповідних універсальних множинах. Нечітка множина, за допомогою якої формалізується терм , є сукупність параметрів [5]

(1)

де (*u1, u2,..., un*)=*U* –універсальна множина, на якій задається нечітка множина ;

- ступінь належності елемента до нечіткої множини .

Невідому функцію належності складає сукупність значень для всіх , яку необхідно визначити. Метод розв’язання цієї задачі базується на ідеї розподілу ступеней належності універсальної множини відповідно до їх рангів. Під рангами елемента розуміється число , яке характеризується значимістю цього елемента у формуванні властивості, що описується нечіткими термами . При цьому виконується припущення, що чим вищий ранг елемента ,тим вищий ступінь його належності.

Правило розподілу ступенів належності при умові нормування (=1) задається у вигляді співвідношення [5]

(2)

де *ri=rF(ui); μi=μF(ui); .*

Ступені належності *μF(ui)* елементів до нечіткого терму , якими характеризують технологічні та фізико-механічні параметри бетону, обчислюється за формулами моделювання прогнозованої міцності бетону [7] з використанням функцій належності нечітких оцінок впливу

(3)

Ступені належності *μF(ui)* елементівдо нечіткого терму знаходять за формулами (3) за відносними оцінками рангів *ri/rj=aij*, що створюють матрицю:

(4)

За відомими елементами рядка матриці (4) обчислюють елементи всіх інших рядків. Довільний елемент аij при відомих елементах аkj, певного r- ого рядка, обчислюється як аij= аkj/ аki, . Для експертної оцінки елементів матриці (4) користуються 9-тибальною шкалою Сааті [6].

**Результати досліджень**

При моделюванні прогнозованої міцності бетону побудова функції належності детально розглядається на прикладі фактора *Х11*-“вплив тиску”, відповідно до ієрархічної системи несчітких логічних рівнянь. Для фактора *Х11*-“вплив тиску” універсальною множиною є (Х11)=[0,1…15Мпа]. Для лінгвістичної оцінки фактора *Х11* використовується терм – множина:

Т(Х11)=< низька, середня,висока>.[1,7].

Матриця яка характеризує парні порівняння різних величин тиску з точки зору їх близькості до терму ”високий” може бути подана у вигляді:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | u1 | u2 | u3 |
| u1 | 1 | 5 | 7 |
| u2 | 1/5 | 1 | 7/5 |
| u3 | 1/7 | 5/7 | 1 |

А”високий”(X11) = (5)

Використовуючи формулу (4) до матриці А”низький”(X11), знаходимо окремі належності u1,u2,u3 до терму “високий”:

Відповідно до методики знаходження ступенів належності до терму “низький” знайдено ступені належності до термів “середній”,“високий”. Отримані матриці та ступені належності наведено у таб.1.

Таблиця1 – Матриці парних порівнянь та ступенів належності

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Терми для оцінки | Матриця парних порівнянь | Ступені належності |
| Середній | |  |  |  | | --- | --- | --- | | 1 | 3/7 | 1 | | 7/3 | 1 | 7/3 | | 1 | 3/7 | 1 | |  |
| Низький | |  |  |  | | --- | --- | --- | | 1 | 5/7 | 1/7 | | 7/5 | 1 | 1/5 | | 7 | 5 | 1 | |  |

Обчислені функції належності для різних термів лінгвістичної змінної “вплив тиску” про- нормовані на одиницю шляхом ділення їх на максимальний ступінь належності. В результаті нормування лінгвістична змінна “вплив тиску” подана у вигляді таких нечітких множин:

-вплив тиску “високий” ;

-вплив тиску “середній” ;

-вплив тиску “низький” .

Отримані нечіткі множини свідчать про те, що на прийняття рішення щодо вибору надлишкового тиску для бетонної суміші за оптимальними технологічними та фізико-механічними факторами впливу(ТФМФВ) тиск впливає відповідно за наступним рейтингом[3]:тиск у 10 – 15 МПа на першому місці за впливом, тиск в 5 – 10 МПа на другому місці за впливом , тиск в 0,1 – 5 на третьому місці за впливом. Графічне зображення функції належності для лінгвістичної змінної “ вплив тиску ” наведено на рис.1.

На прикладі побудови функції належності нечіткої оцінки впливу параметру “ вплив тиску ” будуються решта функцій ,що належать моделі ,як то: вплив температури, вплив ущільнення, вплив вологості, вплив пластифікаторів, вплив В/Ц, вплив марки цементу,якість води,вплив типу, фракції поверхні та форми заповнювача [7]. На рис.2 та рис. 3 зображено графіки функцій належності для лінгвістичних змінних відповідно: “ температура ”,“ вологість ”, “ коефіцієнт ущільнення ”, “ осадка конуса ”,“ рН води ”,“ В/Ц ”,“ цемент ”,“ заповнювач ” та “ форма заповнювача ”.

Рис.1 Функції належності для лінгвістичної змінної “ вплив тиску ”,“ температура ” та “ вологість ”

Рис.2 Функції належності для лінгвістичних змінних “ вплив ущільнення ”,“ марка цементу ”,“ рН води ”,“ вплив пластифікатора ”,“В/Ц”,“ вплив форми заповнювача ”

Розглянута методика побудова функцій належності нечітких оцінок впливу параметрів технологічних та фізико – механічних факторів впливу (ТФМФВ) дозволяє виконати моделювання щодо обґрунтування оптимального складу бетону із заданою міцністю з врахуванням кількісних та якісних факторів впливу.

Рис.3 Функції належності для лінгвістичних змінних “ тип поверхні ”,“ тип заповнювача ”,“ модуль крупності піску ”,“ фракція заповнювача ”

**Висновки**

1. Відповідно до запропонованої методики класифікованих параметрів впливу ( вплив температури, вплив ущільнення, вплив вологості, вплив пластифікаторів, вплив В/Ц, вплив марки цементу,якість води,вплив типу, фракції поверхні та форми заповнювача) на прогнозовану міцність бетону, побудовано функції належності лінгвістичних змінних. Детальне використання методики розглянуто на прикладі параметру “вплив тиску”.

2. Побудовані функції належності на основі рівнянь (1-5) є базою для оцінки величини прогнозованого показника міцності бетону за допомогою аналітичної моделі в залежності від технологічних та фізико – механічних факторів впливу, що дає можливість виконати оптимізацію цих чинників на етапі проектування бетону.

**Використана література**

1. Ротштейн А. П. Интеллектуальные технологии идентификации / Ротштейн А. П. –Винница: Універсум – Вінниця, 1999. –320с. – ISBN 966-7199-49-5.
2. Митюшкин Ю.И. Soft Computing: идентификация закономерностей нечёткими базами знаний./ Митюшкин Ю.И., Мокин Б.И., Ротштейн А.П. Винница: УНІВЕРСУМ – Вінниця, 2002. – 145с. – ISBN 966-641-051-6.
3. Дворкин Л. И. Основы бетоноведения /Л. Дворкин, О. Дворкин. – СПб: ООО “Строй- Бетон”, 2006. – 692с. – ISBN 590319702-7.
4. Дворкин Л. И. Проектирование составов бетонов с заданными свойствами / Л. Дворкин, О. Дворкин. – Ровно: Изд-во РГТУ,1999. – 202с.
5. Дудар І.Н. Теоретичні основи технології виробів із пресованих бетонів / Дудар І.Н. – Вінниця: УНІВЕРСУМ – Вінниця, 2006. – 89с. –(Монографія) – ISBN 966-641-163-6.
6. Будівельне матеріалознавство /[Кривенко П.В., Пушкарьова К.К., В.Б. Барановський та ін.]; за ред. П.В. Кривенко. – К.: – ТОВ УВПК “Ексоб”, 2004. – 702 с.
7. Бікс Ю.С. Моделювання прогнозованої міцності бетону з використанням лінгвістичних змінних/ //Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві:Науково-технічний збірник. Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця− 2010. −№3. – С.ХХ-ХХ:

***Бікс Юрій Семенович*** – аспірант кафедри Містобудування та архітектури Вінницького національного технічного університету.