

УДК69:002;69.059

Терентьев Александр Александрович

Кандидат технічних наук, доцент кафедри інформаційних технологій, ORCID: 0000-0001-6995-1419
Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ

Шабала Євгенія Євгенівна

Асистент кафедри інформаційних технологій, ORCID: 0000-0002-0428-9273
Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ

Малина Богдан Сергійович

Аспірант
Національний авіаційний університет, Київ

**ОСНОВИ ОРГАНІЗАЦІЇ НЕЧІТКОГО ВИВЕДЕННЯ
ДЛЯ ЗАДАЧІ ДІАГНОСТИКИ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ БУДІВЕЛЬ**

Анотація. Проаналізовано роботи із застосування нечіткої логіки для діагностики будівельних конструкцій та пошкоджених будівель. Проведено аналіз нечітких систем, які дозволяють розв'язати задачі інформаційної технології для підтримки прийняття рішень щодо діагностики технічного стану будівель. Розв'язання такої задачі може забезпечити значний прогрес у наукових дослідженнях, а також мати важливе прикладне значення для ведення моніторингу технічного стану об'єктів різного призначення (зокрема будівельних), своєчасний правильний аналіз яких дозволить попереджати виникнення небажаних та аварійних ситуацій.

Ключові слова: діагностики будівель та споруд; методи агрегації; правила нечітких продукцій; лінгвістична змінна

Вступ

Держава і уряд приділяють постійну увагу безпеці експлуатації будівель і споруд, посиленню контролю за проектуванням і капітальним ремонтом. Про це свідчить указ Кабінету Міністрів України "Про забезпечення надійності й безпечної експлуатації будівель, споруд та інженерних мереж" від 05 травня 1997 року № 409 та розпорядження Кабінету Міністрів України "Про заходи щодо посилення контролю за проектуванням, новим будівництвом, реконструкцією, капітальним ремонтом та експлуатацією будинків і споруд" № 100-р від 01 березня 2004 р.

Останнім часом значно зростають обсяги робіт, пов'язані з комплексною діагностикою і оцінкою технічного стану будівельних конструкцій, будівель і споруд. Досить часто виникає ситуація, коли виконавці не мають можливості перед обстеженням вивчити технічну документацію на будівлі і споруди, що експлуатуються протягом тривалого часу. Такі роботи виділяються як самостійний напрям будівельного виробництва, що охоплює комплекс питань, пов'язаних із забезпеченням експлуатаційної надійності будинків, проведення ремонтно-відновлювальних робіт, робіт з реконструкцією та розробкою проектної документації.

Одним з напрямів реалізації комплексу завдань щодо безпечної експлуатації будівель і споруд є розробка інформаційної технології діагностики будівель та споруд на рівні нечітких систем.

Розв'язання такої задачі може забезпечити значний прогрес у наукових дослідженнях, а також мати важливе прикладне значення для ведення моніторингу технічного стану об'єктів різного призначення (зокрема будівельних), своєчасний правильний аналіз яких дозволить попереджати виникнення небажаних та аварійних ситуацій [7].

Нечіткі системи дозволяють розв'язувати задачі інформаційної технології для підтримки діагностики технічного стану будівель, розробки бази знань для об'єктів будівництва, розробки системи нечіткого виведення; досліджувати та реалізовувати на основі апарату нечіткої логіки моделі діагностики технічного стану будівель.

Недоліком нечітких систем є суб'єктивність оцінювання технічного стану будівель.

Нечіткий вивід займає центральне місце в нечіткій логіці і системах нечіткого управління. Процес нечіткого виводу являє собою деяку процедуру або алгоритм отримання нечітких висновків на основі нечітких умов або передумов з використанням розглянутих понять нечіткої логіки. Цей процес включає в себе всі основні концепції теорії нечітких множин: функції належності,

лінгвістичні змінні, нечіткі логічні операції, методи нечіткої імплікації і нечіткої композиції.

Системи нечіткого виводу призначені для реалізації процесу нечіткого виводу і служать концептуальним базисом всієї сучасної нечіткої логіки. Системи нечіткого виводу дозволяють вирішувати задачі автоматизованого управління, класифікації даних, розпізнавання образів, ухвалення рішень і багато інших задач. Оскільки розробка та застосування систем нечіткого виводу має міждисциплінарний характер, дана проблематика досліджень тісно взаємозв'язана з цілим рядом інших науково-прикладних напрямів, таких як, нечітке моделювання, нечіткі експертні системи, нечітка асоціативна пам'ять, нечіткі логічні контролери, нечіткі регулятори і просто нечіткі системи.

Базова архітектура систем нечіткого виводу

Системи нечіткого виводу є окремим випадком продукційних нечітких систем або систем нечітких правил продукцій, в яких умови і висновки окремих правил формулюються у формі нечітких висловлювань щодо значень тих або інших лінгвістичних змінних.

Нечіткі лінгвістичні висловлювання

Нечітким лінгвістичним висловлюванням називаються висловлювання таких видів:

1. Висловлювання " $\beta \in \alpha$ ", де β – найменування лінгвістичної змінної, а α – її значення, якому відповідає окремий лінгвістичний терм з базової терм-множини T лінгвістичної змінної β .

2. Висловлювання " $\beta \in \Delta \alpha$ ", де Δ – модифікатор, відповідний таким словам, як: ДУЖЕ, БІЛЬШ АБО МЕНШ, БАГАТО БІЛЬШЕ.

3. Складові висловлювання, утворені з висловлювань виглядів 1 і 2 та нечітких логічних операцій у формі зв'язок І, АБО, ЯКЩО-ТО, НІ.

Оскільки в системах нечіткого виводу нечіткі лінгвістичні висловлювання займають центральне місце їх називають просто – нечіткі висловлювання.

Розглянемо приклади нечіткого висловлювання. Перше з них – "Трищина стіни Наскрізна" являє собою нечітке висловлювання першого вигляду, в рамках якого лінгвістична змінна "Трищина стіни" привласнюється значення "Наскрізна". При цьому передбачається, що на універсальній множині X змінної "Трищина стіни" визначений відповідний лінгвістичний терм "Наскрізна", який задається у формі функції належності деякої нечіткої множини (рис. 1).

Нечітке висловлювання другого вигляду – "Трищина стіни ДУЖЕ Наскрізна" означає, що лінгвістична змінна "Трищина стіни"

привласнюється значення "Наскрізна" з модифікатором ДУЖЕ, який змінює значення відповідного лінгвістичного терма "Наскрізна" на основі використання деякої розрахункової формули, наприклад $\mu(x) = \mu_A(x)^2$, ($\psi x \in X$) для операції концентрації $Con(A)$ нечіткої множини A для терма "Наскрізна".

Нечітке висловлювання другого вигляду – "Трищина стіни БІЛЬШ АБО МЕНШ Наскрізна" означає, що лінгвістичній "Трищина стіни" привласнюється значення "Наскрізна" з модифікатором БІЛЬШ АБО МЕНШ, який змінює значення відповідного лінгвістичного терма "Наскрізна" на основі використання деякої розрахункової формули, наприклад $\mu(x) = \mu_A(x)^{0.5}$, ($\psi x \in X$) для операції розтягування $DIL(A)$ нечіткої множини A для терма "Наскрізна".

На рис. 2 і 3 наведені приклади функцій належності після застосування модифікаторів ДУЖЕ і БІЛЬШ АБО МЕНШ до терма – множини "Ступінчаста" лінгвістичній змінній "Трищина стіни" (рис. 1).

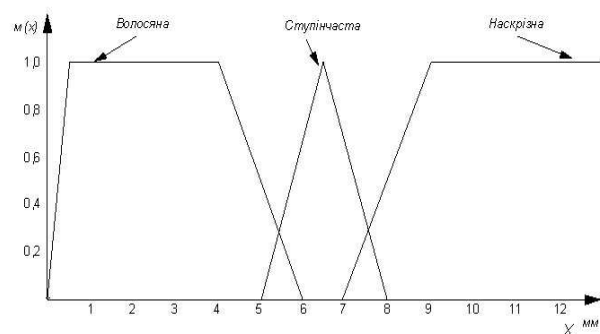


Рисунок 1 – Графіки функцій належності нечіткої множини A_1, A_2, A_3 відповідним нечітким змінним $\alpha_1 =$ "Трищина стіни Волосяна", $\alpha_2 =$ "Трищина стіни Ступінчаста", $\alpha_3 =$ "Трищина стіни Наскрізна" для лінгвістичної змінної $\beta =$ "Трищина стіни"

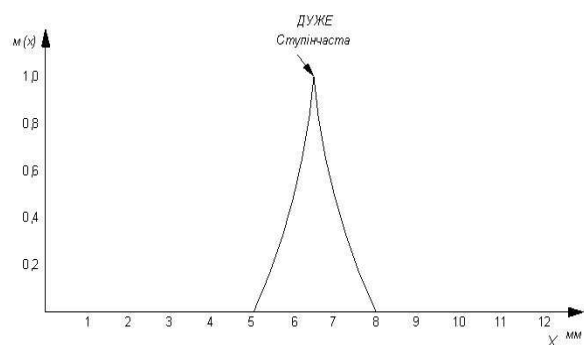


Рисунок 2 – Застосування модифікатора ДУЖЕ до терма "Трищина стіни Ступінчаста"

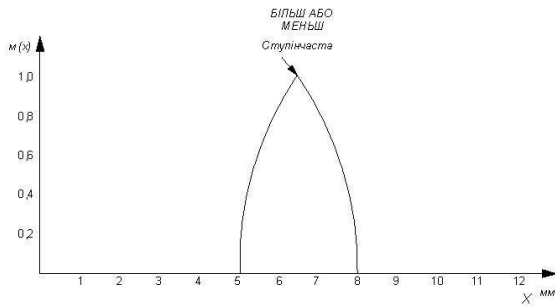


Рисунок 3 – Застосування модифікатора БІЛЬШ АБО МЕНШ до терма "Трищина стіни Ступінчаста"

Нечітке висловлювання третього вигляду – "Трищина стіни Наскрізна і Категорія технічного стану стіни Непридатне до нормальної експлуатації (категорія III)" означає, що одній лінгвістичній змінній "Трищина стіни" привласнюється "Наскрізна", а іншій лінгвістичній змінній "Категорія технічного стану стіни" привласнюється значення "Непридатний до нормальної експлуатації (категорія III)". Ці нечіткі висловлювання першого вигляду з'єднані логічною операцією нечітка кон'юнкція (операцією нечітке І).

Правила нечітких продукцій в системах нечіткого виводу.

Системи нечіткого виводу є окремим випадком продукційних нечітких систем або систем нечітких правил продукцій. Основна особливість нечітких правил, що використовуються в системах нечіткого виводу, умови та висновки окремих нечітких правил формулюються у формі нечіткого висловлювання вигляду 1-3 щодо значень тих або інших лінгвістичних змінних.

Під правилами нечітких продукцій або просто – нечіткою продукцією, розуміють вираз такого вигляду: $(i) : Q; P; A \Rightarrow B, S, F, N$, в якому всі компоненти визначені, за винятком того, що умова ядра (антецедент) A і висновок ядра (консеквент) B являють собою нечіткі лінгвістичні висловлювання вигляду 1 – 3.

Найпростіший варіант правила нечітких продукцій, який найчастіше використовується в системах нечіткого виводу, має вигляд:

ПРАВИЛО <#>: ЯКЩО " $\beta_1 \in \alpha'$ ", ТО " $\beta_2 \in \alpha''$ " (1).

Тут нечітке висловлювання " $\beta_1 \in \alpha'$ " – умова даного правила нечіткої продукції, а нечітке висловлювання " $\beta_2 \in \alpha''$ " – нечіткий висновок даного правила. При цьому вважається, що $\beta_1 \neq \beta_2$.

Система нечітких правил продукцій. Система нечітких правил продукцій (продукційна нечітка система) являє собою деяку злагоджену множину окремих нечітких продукцій або правил нечітких продукцій у формі "ЯКЩО A , ТО B ", де A і B – нечіткі лінгвістичні висловлювання вигляду 1, 2 або 3. Два останні випадки нечіткого висловлювання потребують додаткового пояснення.

Розглянемо варіант використання в якості умови або висновку в деякому правилі нечіткої продукції нечіткого висловлювання вигляду 2, тобто вигляду " $\beta \in \Delta \alpha$ ", де Δ – модифікатор.

Нехай терму α відповідає нечітка множина A . В цьому випадку початкове нечітке висловлювання " $\beta \in \Delta \alpha$ " можна перетворити у вигляд 1 у формі нечіткого висловлювання " $\beta \in \alpha'$ ", де терм α' виходить на основі застосування визначеної операції до нечіткої множини A . Отримане в результаті операції нечіткої множини A' приймається за значення терм – множини α' .

Якщо в якості умови або висновків використовуються складові нечіткі висловлювання, тобто утворені з висловлювань виглядів 1 і 2 та нечітких логічних операцій у формі зв'язок І, АБО, ЯКЩО-ТО, НІ, то ситуація дещо ускладнюється. Оскільки варіант використання нечіткого висловлювання вигляду 2 зводиться до нечітких висловлювань вигляду 1, то достатньо розглянути складні висловлювання, в яких нечіткими логічними операціями сполучені тільки нечіткі висловлювання вигляду 1.

Ця ситуація може відповідати найпростішому випадку, коли нечіткими логічними операціями сполучені нечіткі висловлювання, що відносяться до однієї і тієї ж лінгвістичної змінної, тобто у формі " $\beta \in \alpha' \circ \beta \in \alpha''$ ", де \circ – деяка з бінарних операцій нечіткої кон'юнкції І або нечіткої диз'юнкції АБО.

Нечітка імплікація і нечітка еквівалентність можуть бути виражені через операції нечіткої кон'юнкції і нечіткої диз'юнкції, а нечітке заперечення в даному контексті є модифікатором.

В цьому найпростішому випадку нечітке висловлювання " $\beta \in \alpha' \circ \beta \in \alpha''$ " еквівалентно нечіткому висловлюванню " $\beta \in \alpha^*$ ", де терм – множині α^* відповідає нечітка множина A^* , яка визначається на перетині нечіткої множини $A' \cap A''$, які відповідають термам α' і α'' .

Нечітке висловлювання " $\beta \in \alpha' \circ \beta \in \alpha''$ " АБО " $\beta \in \alpha'' \circ \beta \in \alpha'$ " еквівалентно нечіткому висловлюванню " $\beta \in \alpha^*$ ", де терм – множині α^* відповідає нечітка множина A^* , дорівнює об'єднанню нечіткої множини $A' \cup A''$, які відповідають термам α' і α'' .

Розглянемо складове нечіткого висловлювання вигляду 3: "Трищина стіни Наскрізна і Трищина стіни Ступінчаста". Йому відповідають два нечіткі висловлювання першого вигляду (рис. 4), з'єднані логічною операцією нечіткої кон'юнкції. Тоді початкове нечітке висловлювання еквівалентно нечіткому висловлюванню першого вигляду: "Трищина стіни Наскрізна і Ступінчаста", функція належності терма "Наскрізна і Ступінчаста" представлена на рис. 5, темним фоном результат нечіткої кон'юнкції, визначається за формулою:

$$\mu_e(x) = \min \{ \mu_A(x), \mu_B(x) \}, (V x \in X). \quad (2)$$

Розглянемо аналогічне складове нечіткого висловлювання вигляду 3: "Трищина стіни Наскрізна або Трищина стіни Ступінчаста". Йому також відповідають два нечіткі висловлювання першого вигляду, з'єднані логічною операцією нечіткої диз'юнкції. Початкове нечітке висловлювання еквівалентно нечіткому висловлюванню першого вигляду: "Трищина стіни Наскрізна або Ступінчаста". Функція приналежності терма "Наскрізна або Ступінчаста" представлена на рис. 6, темним фоном результат нечіткої диз'юнкції, визначається за формулою:

$$\mu_e(x) = \max\{\mu_A(x), \mu_B(x)\}, (V x \in X). \quad (3)$$

Ситуація може відповідати складному випадку, коли нечіткими логічними операціями з'єднані нечіткі висловлювання, які належать до різних лінгвістичних змінних в умові правила нечіткої продукції, тобто у формі " $\beta_1 \in a'$ " \circ " $\beta_2 \in a''$ ", де \circ – деяка з бінарних операцій нечіткої кон'юнкції I або нечіткої диз'юнкції АБО, а β_1 і β_2 – різні лінгвістичні змінні.

Правила нечітких продукцій записані у формі:

ПРАВИЛО <#>: ЯКЩО " $\beta_1 \in a'$ "
I " $\beta_2 \in a''$ ",
ТО " $\beta_3 \in v$ ",

або

ПРАВИЛО <#>: ЯКЩО " $\beta_1 \in a'$ "
АБО " $\beta_2 \in a''$ ",
ТО " $\beta_3 \in v$ ". (4)

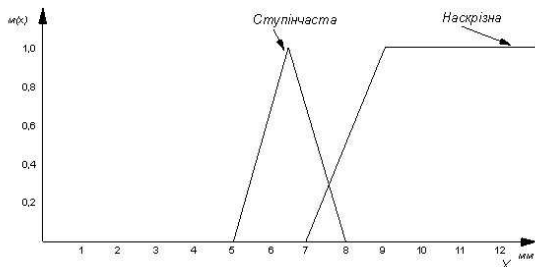


Рисунок 4 – Функції належності, що описують два нечітких висловлювання першого вигляду "Трищина стіни Ступінчаста" і "Трищина стіни Наскрізна"

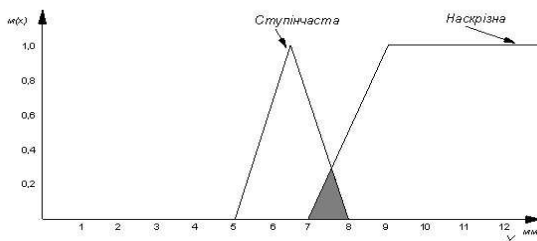


Рисунок 5 – Функція належності терму "Трищина стіни Ступінчаста і Наскрізна"

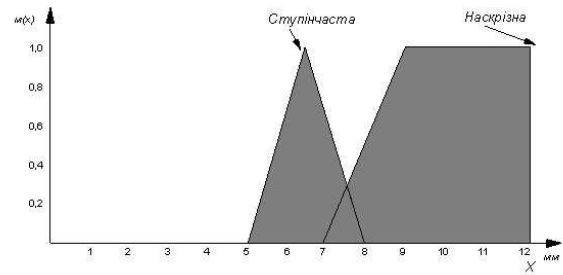


Рисунок 6 – Функція належності терму "Трищина стіни Ступінчаста або Наскрізна"

Тут нечітке висловлювання " $\beta_1 \in a'$ " I " $\beta_2 \in a''$ ", " $\beta_1 \in a'$ " АБО " $\beta_2 \in a''$ " являє собою умови правил нечітких продукцій, а нечітке висловлювання " $\beta_3 \in v$ " – висновок правил. При цьому вважається, що $\beta_1 \neq \beta_2 \neq \beta_3$, а кожне з нечітких " $\beta_1 \in a'$ ", " $\beta_2 \in a''$ " називають підумовами даних правил нечітких продукцій.

У разі правил нечітких продукцій у формі (4) необхідно використовувати один з методів агрегації умов в лівій частині цих правил. Відповідні методи агрегації розглядаються нижче при описі етапу агрегації.

Нечіткими логічними операціями можуть бути з'єднані нечіткі висловлювання, що належать до різних лінгвістичних змінних у висновках правил нечітких продукцій, тобто у формі: " $\beta_1 \in a'$ " \circ " $\beta_2 \in a''$ ", де \circ – деяка з бінарних операцій нечіткої кон'юнкції I або нечіткої диз'юнкції АБО, а β_1 і β_2 – різні лінгвістичні змінні.

Правила нечітких продукцій записані у формі:

ПРАВИЛО <#>: ЯКЩО " $\beta_1 \in a'$ ",
ТО " $\beta_2 \in a''$ "
I " $\beta_3 \in v$ ",

або

ПРАВИЛО <#>: ЯКЩО " $\beta_1 \in a'$ ",
ТО " $\beta_2 \in a''$ "
АБО " $\beta_3 \in v$ ". (5)

Тут нечітке висловлювання " $\beta_1 \in a'$ " являє собою умову правил нечітких продукцій, а нечітке висловлювання " $\beta_2 \in a''$ " I " $\beta_3 \in v$ ", " $\beta_2 \in a''$ " АБО " $\beta_3 \in v$ " – висновки інших правил. При цьому вважається, що $\beta_1 \neq \beta_2 \neq \beta_3$, а кожне з нечітких " $\beta_2 \in a''$ " і " $\beta_3 \in v$ " називають підвисновками даного правила нечітких продукцій.

У випадку правил нечітких продукцій у формі (5) необхідно використовувати один з методів акумуляції висновків у правилах нечітких продукцій. Ці методи розглядаються нижче при описі етапу акумуляції.

Висновки

Проведений аналіз нечітких систем, які дозволяють вирішувати задачі інформаційної технології для підтримки прийняття рішень

щодо діагностики технічного стану будівель, дає змогу досліджувати та реалізовувати в подальшому на основі апарату нечіткої логіки моделі діагностики технічного стану будівель.

Список літератури

1. Борисов В.В. Компьютерная поддержка сложных организационно-технических систем / В.В. Борисов, И.А. Бычков, А.В. Дементьев, А.П. Соловьёв. – М. : Горячая линия – Телеком, 2002. –154 с.
2. Калинин В.М. Оценка технического состояния зданий: учебник / В.М. Калинин, С.Д. Сокова. – М. : ИНФРА – М, 2006. – 268 с.
3. Клименко С.В. Технічна експлуатація та реконструкція будівель і споруд: Навч. посібник / С.В. Клименко. – К.: Центр навчальної літератури, 2004. – 304 с.
4. Нормативні документи з питань обстежень, паспортизації, безпечної та надійної експлуатації виробничих будівель і споруд. – К. : НДІБВ, 2003. – 144 с.
5. Михайленко В.М. Організація та технологія проведення обстеження технічного стану будівель на основі інформаційних технологій / П.М. Яцик, О.О. Терентьев, О.Б. Полторак // – К. : Будівельне виробництво, міжвідомчий науково-технічний журнал, Вип. 50/2009, НДІБВ, 2009. – С. 23-29.
6. Михайленко В.М. Моделі структури властивостей будівлі при проведенні обстеження для вирішення задач діагностики / В.М. Михайленко, О.О. Терентьев // – К. : Будівельне виробництво, міжвідомчий науково-технічний журнал, випуск 50/2009, НДІБВ, 2009. – С. 30-34.
7. Михайленко В. М. Технологія адаптивної фільтрації зображення дефекту типу "тріщина" / В. М. Михайленко, О. В. Горда // Управління розвитком складних систем, 2010. т. Вип. 1. – С. 65.
8. Гайна Г.А. Концепція багатомодельного підходу до розробки інтелектуальних СППР у містобудуванні // Управління розвитком складних систем. – К. : КНУБА, 2010. – № 1. – С. 28.
9. Гайна Г.А., Золотова Н.С. Задачі побудови інформаційної технології навчання системи автоматизованого прийняття рішень // Управління розвитком складних систем. – К. : КНУБА, 2010. – № 2. – С. 20.
10. Гайна Г.А. Інформаційна технологія управління задачами містобудування // Управління розвитком складних систем. – К. : КНУБА, 2010. – № 3. – С. 42.

Стаття надійшла до редколегії 28.03.2015

Рецензент: д-р техн. наук, проф. С.В. Цюцюра, Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ.

Терентьев Александр Александрович

Кандидат технических наук, доцент кафедры информационных технологий, *ORCID: 0000-0001-6995-1419*

Киевский национальный университет строительства и архитектуры, Киев

Шабала Евгения Евгеньевна

Ассистент кафедры информационных технологий, *ORCID: 0000-0002-0428-9273*

Киевский национальный университет строительства и архитектуры, Киев

Малина Богдан Сергеевич

Аспирант

Национальный авиационный университет, Киев

ОСНОВЫ ОРГАНИЗАЦИИ НЕЧЕТКОГО ВЫВОДА ДЛЯ ЗАДАЧИ ДИАГНОСТИКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЗДАНИЙ

Аннотация. Проанализированы работы по применению нечеткой логики для диагностики строительных конструкций и поврежденных зданий. Проведен анализ нечетких систем, которые позволяют решать задачи информационной технологии для поддержки принятия решений по диагностике технического состояния строений. Решение такой задачи может обеспечить значительный прогресс в научных исследованиях, а также иметь важное прикладное значение для ведения мониторинга технического состояния объектов различного назначения (в том числе строительных), своевременный правильный анализ которых позволит предупреждать возникновение нежелательных и аварийных ситуаций.

Ключевые слова: диагностика зданий и сооружений; методы агрегации; правила нечетких продукций; лингвистическая переменная

Terent'ev Alexandr

PhD (Eng.), Associate professor, ORCID: 0000-0001-6995-1419

Kyiv National University of Construction and Architecture, Kiev

Shabala Yevgeniya

Assistant, ORCID: 0000-0002-0428-9273

Kyiv National University of Construction and Architecture, Kiev

Malina Bogdan

Graduate

National Aviation University, Kiev

**FUNDAMENTALS OF FUZZY OUTPUT FOR PROBLEM DIAGNOSTICS
OF TECHNICAL CONDITION OF BUILDINGS**

Abstract. Survey buildings are an important part of the complex work of evaluation of their technical condition. The examination must be set true bearing capacity and serviceability of building structures and foundations in order to use these data in developing plans for maintenance and repair of buildings. One of the directions of the complex challenges of safe operation of buildings and structures is the development of information technology diagnostics of buildings and structures at the level of fuzzy systems. Fuzzy logic is the basis of approximate (fuzzy) considerations in recent years is the most popular tool used in systems of fuzzy logic to solve problems in fuzzy, uncertain conditions. Analyzed with the use of fuzzy logic for the diagnosis of structures and damaged buildings. The analysis of fuzzy systems that address the problem of information technology to support decision-making on technical condition diagnostics budivel. Rozv'yazannya this problem can provide significant progress in research and have important practical significance to monitor the technical condition of different objects (including construction) timely correct analysis which will warn of adverse and emergency situations.

Keywords: diagnostics of buildings and structures; Methods of aggregation; nechetkihproduktsy rules; linguistic variable

References

1. Borisov, V.V., Bichkov, I.A., Dement'ev, A.V. & Solov'ev, A.P. (2002). *Computer Support of complex organizational and technical system*. Moscow, Russia: Goryachaya liniya-Telekom, 154.
2. Kalinin, V.M., Sokova, S.D. (2006). *Evaluation of technical condition of buildings*. Moscow, Russia: INFRA, 268.
3. Klimenko, E.V. (2004). *Technical operation and reconstruction of building*. Kyiv, Ukraine: Centre of Educational Literature, 304.
4. *Regulations on surveys, certification, safe and reliable operation of industrial buildings and structures*. (2003). Kyiv, Ukraine: RIBP, 144.
5. Mihaylenko V.M. (2009). *Organization and technology survey of technical condition of buildings on the basis of information technologies* / V.M. Mihaylenko, P.M. Yatsik, O.O. Terent'ev, O.B. Poltorak // *Construction production, interdepartmental scientific journal*. Kyiv, Ukraine: RIBP, 50, 23-29.
6. Mihaylenko, V.M. (2009). *Model building structure properties during the examination for solving diagnostic problems* // V.M. Mihaylenko, O.O. Terent'ev // *Construction production, interdepartmental scientific journal* Kyiv, Ukraine: RIBP, 50, 30-34.
7. Mihaylenko, V.M. (2010). *The technology of adaptive filtering image defect such as "crack"* / V.M. Mihaylenko, O.V. Gorda // *Management of development of complex systems*, 1, 65.
8. Gayna, G.A. (2010). *Concept of multy-model approach to the development of intelligent systems in urban planning decision rishenb* // *Management of development of complex systems*, 1, 28.
9. Gayna, G.A. (2010). *The tasks of building information technology education computer aided decision making* / G.A. Gayna, N.S. Zolotova // *Management of development of complex systems*, 2, 20.
10. Gayna, G.A. (2010). *Information technology management tasks Urban Development*. *Management of development of complex systems*, 3, 42.

Посилання на публікацію

- APA Terent'ev Alexandr & Shabala Yevgeniya & Malina Bogdan (2015). *Fundamentals of fuzzy output for problem diagnostics of technical condition of buildings*. *Management of Development of Complex Systems*, 22 (1), 138-143.
- ГОСТ Терент'єв О.О. Основи організації нечіткого виведення для задачі діагностики технічного стану будівель [Текст] / О.О. Терент'єв., Є.С. Шабала., Б.С. Малина // *Управління розвитком складних систем*. – 2015. – № 22 (1). – С. 138-143.