

Куліков Петро Мусійович

Доктор економічних наук, професор, ректор, orcid.org/0000-0002-7379-7968

Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ

Пасько Роман Миколайович

Завідувач лабораторії інженерно-технічних видів досліджень, orcid.org/0000-0002-3313-0368

Київський науково-дослідний інститут судових експертиз Міністерства юстиції України, Київ

Плоский Віталій Олексійович

Доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри архітектурних конструкцій,

orcid.org/0000-0002-2632-8085

Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ

Теренчук Світлана Анатоліївна

Кандидат фізико-математичних наук, доцент кафедри інформаційних технологій проектування та

прикладної математики, orcid.org/0000-0001-6527-4123

Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ

ЗАСТОСУВАННЯ ШТУЧНИХ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ В СИСТЕМАХ ПІДТРИМКИ СУДОВИХ БУДІВЕЛЬНО-ТЕХНІЧНИХ ЕКСПЕРТИЗ

***Анотація.** Проведено аналіз порядку проведення судових будівельно-технічних експертиз і експертних досліджень зі встановлення причин погіршення технічного стану приміщень, поряд з якими виконувались ремонтно-будівельні роботи. Роботу спрямовано на вирішення проблемних питань судових будівельно-технічних експертиз шляхом розробки інтелектуальної системи підтримки прийняття експертних рішень. При дослідженні системи основна увага приділяється аналізу штучних нейронних мереж, впровадження яких в підсистему нечіткого виводу надасть можливість скоротити час проведення судових будівельно-технічних експертиз. Надано приклад типового нечіткого правила, що відображає експертні знання у вигляді формалізованої текстової інформації. Обґрунтовано доцільність застосування в подібних інтелектуальних системах нечітких нейронних мереж адаптивної резонансної теорії категорії Cascade ARTMAP. Показано схему формування системи нечіткого виводу та схему формування бази правил в Cascade ARTMAP.*

***Ключові слова:** експертний висновок; можливий зв'язок; нейронна мережа; нечітке правило; технічний стан*

Вступ

Судові будівельно-технічні експертизи (СБТЕ) і експертні дослідження зі встановлення причин погіршення технічного стану (ТС) приміщень, поряд з якими виконувались ремонтно-будівельні роботи (РБР), надають можливість судам та органам досудового розслідування визначити з чієї вини відбулися певні ушкодження чи дефекти існуючих конструкцій будинку.

В подальшому висновок СБТЕ є основою для встановлення особи, відповідальної за нанесену шкоду та визначення величини відшкодування матеріального збитку постраждалій стороні.

Для вирішення вищезазначених питань у процесі виконання СБТЕ і експертних досліджень, зазвичай, проводиться візуальне обстеження з використанням необхідних приладів та візуальна оцінка будинку, що надає першу вихідну інформацію

про ТС конструкцій, які стали предметом СБТЕ.

При цьому необхідно проводити обстеження [1]:

- приміщень, в яких виконувались РБР;
- суміжних приміщень, в яких були виявлені дефекти і пошкодження;
- приміщень, на ТС конструктивних елементів яких не вплинули РБР, які не стали предметом СБТЕ.

Згідно з [1] обстежуються приміщення, що розташовані на одному поверсі з приміщеннями, в яких були проведені РБР, приміщення на нижніх і верхніх поверхах та в інших секціях будинку.

Ці обстеження будинків, споруд і будівельних конструкцій містять у собі методи контролю поточного стану та контролю якості виготовлення і монтажу елементів будівельних конструкцій. Такий контроль дозволяє встановити відповідність об'єкта проєктним значенням, визначити ступінь фізичного зносу елементів конструкції і відображає дійсний технічний стан будинку, його конструктивних

елементів і матеріалів, з яких вони виготовлені, а також інженерних мереж [2].

Результатом зіставлення ТС приміщень, що мають різне місцезнаходження, є експертний висновок про можливий зв'язок між появою дефектів і пошкоджень з [2; 3]:

- проведенням РБР в суміжних приміщеннях;
- негативними змінами в процесі експлуатації;
- іншими факторами впливу техногенного чи природного характеру.

На додаток до вищезазначеного, як правило, необхідно обстежувати основу будинку чи споруди, оскільки саме осідання основи часто є причиною дефектів несучих конструкцій будинку [4; 5].

До основних проблемних питань, з якими стикаються фахівці при проведенні СБТЕ зі встановлення причин погіршення ТС приміщень, поряд з якими проводились РБР, відносять [1; 2; 5]:

- неповноту або ненадання всіх необхідних вихідних даних;
- незабезпечення доступу до всіх приміщень будівлі, її конструкцій та інженерних мереж при обстеженні.

Досвідчені експерти здатні встановлювати причинно-наслідкові зв'язки між погіршенням ТС об'єктів і факторами впливу, що спричинили це погіршення. Проте значне зростання обсягів РБР в умовах ущільненої міської забудови, призводить до того, що експертні дослідження зі встановлення причин погіршення технічного стану приміщень, набувають масового характеру. Це, своєю чергою, є причиною затягування термінів виконання СБТЕ.

Саме тому, комп'ютеризація експертних систем підтримки прийняття рішень щодо оцінки впливу ремонтно-будівельних робіт на технічний стан об'єктів, які знаходяться в зоні впливу цих робіт, є актуальною та своєчасною задачею.

Мета статті

Метою роботи є дослідження можливості застосування штучних нейронних мереж в системах

підтримки прийняття рішень, що приймаються при проведенні СБТЕ із встановлення причин погіршення ТС приміщень, поряд з якими виконувались РБР.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Раніше, в роботі [6], була запропонована модель інтелектуальної системи підтримки експертних рішень (ІСПЕР) щодо оцінки впливу РБР на ТС об'єктів (рис. 1).

Об'єктами в [6] і далі називаються конструктивні елементи житлових і громадських будівель та їх опорядження, на ТС та умови експлуатації яких вплинуло проведення РБР в частині існуючих приміщень.

ІСПЕР, що розробляється, взаємодіє з [6; 7]:

- базою даних;
- програмними комплексами, в яких може здійснюватись побудова інформаційної моделі будівлі (ВІМ);
- бібліотеками даних СБТЕ.

Дані законодавчої та нормативно-технічної документації, що потрібні для СБТЕ, завантажуються з бази даних через модуль імпорту параметрів інформаційної моделі будівлі. При цьому експерти можуть отримувати інформацію та проводити обчислювальні експерименти із застосуванням будь-якої системи автоматизації проєктувальних робіт, в якій виконується побудова ВІМ і проводиться розрахунок навантажень на окремі конструкції. Такі розрахунки можуть різною мірою вирішувати питання невизначеності, що пов'язана з неповнотою даних [2; 7].

Основою ІСПЕР є нечітка база знань, що містить в собі сукупність нечітких правил, які визначають взаємозв'язок між даними про пошкодження чи дефекти досліджуваного об'єкта та впливом на нього різних факторів [4; 8].

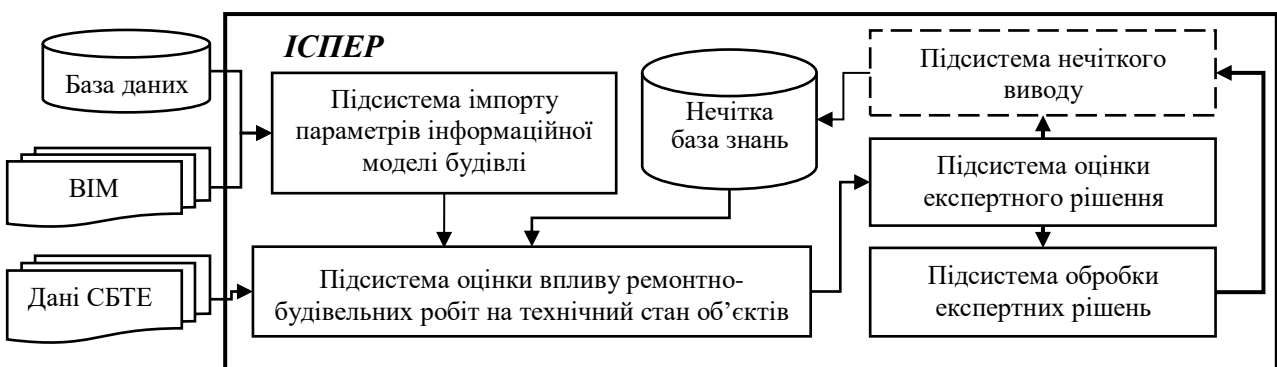


Рисунок 1 – Модель інтелектуальної системи підтримки експертних рішень щодо оцінки впливу ремонтно-будівельних робіт на технічний стан об'єктів

У базі знань також зберігаються [7 – 9]:

– класифікаційні ознаки категорій ТС об'єктів з переліком відповідних лінгвістичних термів та можливих причин і наслідків їх руйнування;

– атлас зразків пошкоджень і дефектів з описанням умов і причин їх появи.

Нині функціонування всіх підсистем ІСПЕР щодо оцінки впливу РБР на ТС об'єктів, поряд з якими виконувались ці роботи, потребує експертної підтримки. Проте в подальшому така модель передбачає використання штучних нейронних мереж (ШНМ) в кожній з підсистем.

У цьому дослідженні основна увага приділяється дослідженню нейромереж, застосування яких в підсистемі нечіткого виводу, надасть можливість значно скоротити час проведення СБТЕ.

Підсистема нечіткого виводу ІСПЕР являє собою систему, що призначена для отримання нечітких висновків на основі нечітких початкових даних і використовує основні операції нечіткої логіки.

Підсистема нечіткого виводу включає [10]:

– множину нечітких лінгвістичних змінних, що описують стан будівельних конструкцій;

– правила над нечіткими змінними;

– входи та виходи системи.

Вхідні параметрами задаються у вигляді вектора, координатами якого можуть бути геометричні параметри дефектів і пошкоджень такі, як: довжина чи ширина тріщини або форма і характер площі руйнування. Кожному вхідному параметру відповідає лінгвістична змінна, що містить множину термів. Кожен терм є нечіткою множиною.

Виходом правила теж є лінгвістична змінна, що характеризується певною множиною термів [10].

Множина правил являє собою знання експертів, які представлені у вигляді нечіткої імплікації, що задана на декартовому добутку носіїв вхідних і вихідних даних. Істинність нечіткої імплікації може набувати значень, що визначається за формулами, які наведені в [11; 12], або експертним методом.

Приклади нечітких імплікацій, в основу яких покладено експертні оцінки ТС різних будівельних конструкцій, що побудовані на основі моделей Мамдані та Сугено, опубліковані в [10]. Також в [10] надано приклад експертного оцінювання ТС конструкцій на основі моделей Мамдані та Сугено.

Приклади експертної підтримки роботи системи нечіткого виводу за допомогою пакету Fuzzy Logic Toolbox середовища Matlab надано в [7].

Схема формування системи нечіткого виводу показана на рис. 2 і детально описана в [10].

Алгоритм нечіткого виводу, що застосовувався в [7 – 10] дає змогу будувати нечіткі імплікації на базі

правил, що задаються нечіткими геометричними параметрами деградації конструкцій [11].

Проте всі ці дослідження, що спрямовані на розробку інтелектуальних систем оцінки ТС конструкцій із застосуванням нечіткої логіки, не містять дослідження причин погіршення ТС об'єктів, які пов'язані з РБР, які проводяться поряд, а саме ці причини найчастіше стають предметом СБТЕ.

Виклад основного матеріалу

На першому етапі розробки підсистеми нечіткого виводу ІСПЕР щодо оцінки впливу РБР на ТС об'єктів, що розташовані поряд, здійснюється формалізація експертних знань у вигляді системи нечітких правил [9; 11].

Нечіткі правила складаються з умови, в якій перелічуються вид і характеристика дефекту чи пошкодження, та висновку, в якому зазначаються ймовірні причини погіршення ТС об'єкта і необхідна супутня інформація. Типове нечітке правило має вигляд:

якщо

«вид дефекту = *тріщина*

i

характеристика = *повздожня*

i

ширина розкриття = *велика*

i

довжина = *критична*

i

глибина = *критична*

i

місце розташування = *вздож арматури*»

то

<стан = *аварійний*

i

ймовірна причина = *вплив вібрацій, що відбувались внаслідок ремонтно-будівельних робіт (вид, час та тривалість робіт) в приміщенні (адреса)*

або

осідання основи будинку

i

ймовірна причина = *зміна напружено-деформованого стану ґрунтової основи внаслідок влаштування котлованів нового будівництва (адреса, час та тривалість робіт)*>.

На цьому етапі умови правил формується згідно з результатами візуального обстеження та візуальної оцінки ТС об'єктів, які стали предметом СБТЕ. Таким чином, умова правила відображає першу вихідну інформацію. Висновок правил (1) містить перелік можливих причин і оцінку ймовірностей появи пошкоджень та дефектів конструкцій будинків і їх опорядження внаслідок кожної з причин. Оцінка ймовірностей здійснюється експертним методом.

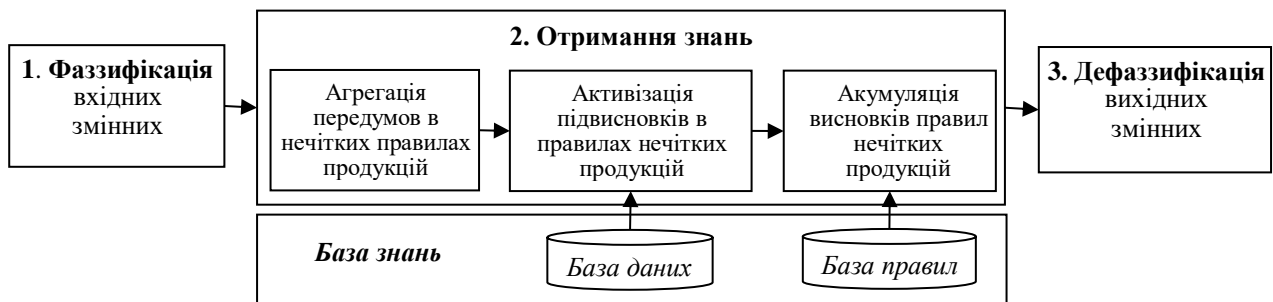


Рисунок 2 – Схема формування системи нечіткого виводу

На наступному етапі нечітке причинно-наслідкове відношення (1) представляється у вигляді нечіткої імплікації «*if* $x \in A$, *then* $y \in B$ », де:

x – вхідна змінна, що задана на області визначення нечіткого правила – X ;

y – вихідна змінна, що задана на області визначення виведення – Y ;

A і B – висловлювання, що визначені на X і Y з мірами належності $\mu_A(x): X \rightarrow [0,1]$ і $\mu_B(y): Y \rightarrow [0,1]$.

При цьому слід зазначити, що початкові вихідні дані можуть характеризуватись невизначеністю, яка пов'язана з неповнотою вихідних даних, зокрема:

- проектною документації;
- документації житлово-експлуатаційної організації (журналів експлуатації, журналів спостережень, актів обстеження, документів про проведені роботи тощо);
- документації на будівлю та приміщення щодо технічної інвентаризації;
- висновків, звітів й інших документів, що були складені комісіями відповідних проектно-вишукувальних інститутів та експертних підрозділів відповідних установ і організацій;
- звітної, виконавчої і виробничої документації (актів виконаних робіт, загального журналу робіт, спеціальних журналів з окремих видів робіт, актів проміжного прийняття відповідальних конструкцій, актів на закриття прихованих робіт, дефектних актів).

Вивчення вищезазначеної документації щодо досліджуваних об'єктів здійснюється з метою надання відповідей на питання щодо [1]:

- відповідності виконаних ремонтно-будівельних робіт, окремих елементів і конструкцій проектній документації та вимогам нормативних документів у галузі будівництва;
- початку та періоду будівництва (ремонт, реконструкції);
- зміни технологічних процесів або характеру експлуатації об'єкта;
- дат аварій або серйозних порушень умов експлуатації, які могли призвести до погіршення ТС приміщень, поряд з якими проводились РБР;
- аварій, що пов'язані з підйомом ґрунтових вод, затопленням фундаментів, тощо.

Проте такий порядок проведення експертизи призводить до того, що апріорна база нечітких правил змінюється у процесі експертних досліджень і СБТЕ.

Наслідком цих змін є необхідність коригування апріорної бази знань, а саме:

- редагування правил;
- додавання правил;
- видалення правил.

Така маніпуляція нечіткими даними та нечіткими правилами здійснюється підсистемою нечіткого виводу після оцінки та обробки (рис. 1) експертних рішень щодо можливості впливу тих чи інших РБР в сусідніх приміщеннях на ТС об'єктів.

Саме ця особливість предметної області передусім враховувалась при виборі штучних нейромереж для застосування в підсистемі нечіткого виводу ІСПЕР, що розробляється.

Аналіз ШНМ різної архітектури, що проведений в роботах [13 – 15], виявив такі переваги та можливості нейромереж теорії адаптивного резонансу (Adaptive Resonance Theory – ART), як [15]:

- здатність формувати асоціативні пари;
- еволюційна пластичність (коригування знань в процесі навчання);
- еволюційна стабільність (збереження знань).

Здатність ART формувати асоціативні пари дозволяє відображати правила нечітких експертних висновків (1) на карту пам'яті мережі.

На основі досліджень різних ART, встановлено, що найкраще для розв'язання задачі нечіткого виводу підходять нечіткі ШНМ адаптивної резонансної теорії категорії Cascade ARTMAP.

Властивість еволюційної пластичності, Cascade ARTMAP надає змогу реалізувати процедуру оптимізації бази знань шляхом коригування правил [16; 17]. Окрім того, структура цих ШНМ сумісна з представленням знань в експертних системах.

Ця еволюційна властивість спадкування Cascade ARTMAP надає їй значну перевагу при формуванні нечіткої бази знань ІСПЕР, яка полягає в можливості відображати нечіткі апріорні правила виводу на топологію мережі ще до початку навчання (рис. 3).

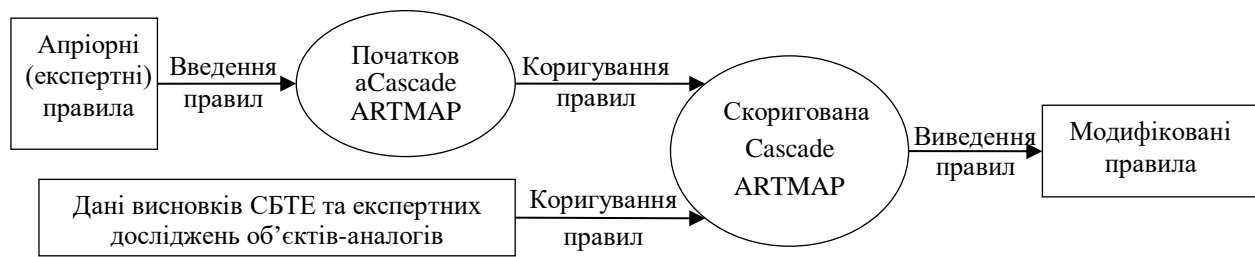


Рисунок 3 – Схема формування правил Cascade ARTMAP

До того ж здатність мережі навчатись в режимі реального часу на етапі роботи як «з учителем», так і «без учителя» надає можливість модифікувати апріорну базу правил і, таким чином, урахувати вхідні дані, що з'являються в процесі експертних досліджень. При цьому мережа здатна зберігати набуті знання [15; 16].

Висновки

Аналіз характеру проведення СБТЕ і експертних досліджень зі встановлення причин погіршення ТС приміщень, поряд з якими виконувались РБР та специфіки вхідних даних,

показав, що для виведення правил, згідно з якими обґрунтовується експертний висновок про причини погіршення ТС приміщень, найкраще підходять штучні нейронні мережі категорії Cascade ARTMAP.

Подальші дослідження будуть спрямовані на:

- формування нечіткої бази знань, що включає в себе геометричні параметри деградації об'єктів;
- адаптацію нейромережі Cascade ARTMAP до задачі встановлення причин погіршення технічного стану приміщень, поряд з якими проводились РБР.

При цьому відповідальність за обґрунтування експертних висновків лишається за експертами.

Список літератури

1. Настанова щодо обстеження будівель і споруд для визначення та оцінки їх технічного стану: ДСТУ-Н Б В.1.2-18:2016. – [Чинний від 2017-04-01]. – [Режим доступу до тексту: Програмне забезпечення «Норматив™ PRO», на базі якого функціонує професійна нормативно-правова бібліотека].
2. Настанова про затвердження Інструкції про призначення та проведення судових експертиз та експертних досліджень та Науково-методичних рекомендацій з питань підготовки та призначення судових експертиз та експертних досліджень. Наказ 08.10.98 № 53/5 Міністерства юстиції України [Режим доступу до тексту: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0705-98>].
3. Аналіз впливу ремонтно-будівельних робіт в приміщенні на технічний стан суміжних приміщень: звіт про НДР (заключний) / КНДІСЕ; керівник: Д. Псярнецький, викон.: С. Асаулюк, Н. Фіщук, Р. Пасько. Київ, 2006, 39 с.
4. Методичні рекомендації з визначення фізичного зносу нежитлових будівель: звіт про НДР (заключний) / КНДІСЕ; керівник: О. Буратевич, викон.: Н. Сенік, В. Харченко, О. Чайка, Р. Пасько, Д. Псярнецький, О. Сверида, В. Буднік, Н. Арабулі, О. Лисак, І. Чалюк. 0114U000706. Київ, 2015, 177 с.
5. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Навантаження і впливи. Норми проектування: ДБН В.1.2-2:2006. – [Чинний від 2007-01-01]. – Київ: Сталь. 2007. – 60 с. – (Державні буд. норми України) / <http://www.dbn.at.ua>. Назва з екрана. – Перевірено: 22.09.2017.
6. Снитюк В.Є. Задача вибору оптимальної альтернативи в умовах композиційної невизначеності // Черкаси: Вісник ЧПІ. – 2000, № 2. – С. 140-145.
7. Пасько Р.М., Теренчук С.А. Моделювання інтелектуальної системи підтримки судових будівельно-технічних експертиз. Актуальні питання судової експертизи криміналістики та кримінального процесу: мат. міжн. наук.-практ. конф. (м. Київ, 05.11.2019). – К.: КНДІСЕ Мінюста України, 2019. С. 429-432.
8. Terenchuk S. Implementation of Intelligent Information Technology for the Assessment of Technology for Condition of Building Structures in the Process of Diagnosis / S. Terenchuk, B. Yeremenko, T. Sorotuyk // Eastern European Journal of Enterprise Technologies, Vol. 5/3(83), P. – 30-39.
9. Єременко Б.М. Проектування інтелектуальної системи для діагностики технічного стану об'єктів будівництва. Технологічний аудит і резерви виробництва, 1(2), 2015. с. 44-48.
10. Єременко Б.М. Застосування експертних знань для формування бази знань системи оцінювання технічного стану будівельних конструкцій / Б.М. Єременко, С.А. Теренчук, С.М. Картавих, О.В. Насіковський // Наука та будівництво. – 2017'4. – С. 63-69.
11. Теренчук С.А. Оцінювання технічного стану будівельних конструкцій на основі нечіткого виведення / С.А. Теренчук, Б.М. Єременко, А.О. Пашко // Будівельне виробництво. – 2017. – № 61/2017. – С. 23-31.
12. Osowski S. "Sieci neuronowe do przetwarzania informacji", Warszawa, 2000, p 342. (in Polish).
13. Terenchuk, S., Yeremenko, B., Kartavykh, S., Nasikovskiy, O. (2018). Application of fuzzy mathematics methods to processing geometric parameters of degradation of building structures. «Eureka: physics and engineering», 1, 56-62. Doi: 10.21303/2461-4262.2018.00468554

14. Теренчук С.А. Аналіз здатності штучних неймереж до розв'язання задач оцінювання технічного стану будівельних конструкцій / С.А. Теренчук, Н.І. Полтораченко, Ю.В. Кошарна // Будівельне виробництво. – 2016. – № 63/2017. – С. 85-90.
15. Arutiunian A. "Fuzzy Neural Network Sorter", *Technological Systems*, Kiev, 2009, vol.1(45), pp. 54– 57.
16. G.A. Carpenter, S. Grossberg, J.H. Reynolds "ARTMAP: Supervised Real-Time Learning and Classification of Nonstationary Data by a Self-Organizing Neural Network", *Neural Networks*, 4, 1991.
17. Tan A.H. "Cascade ARTMAP: Integrating Neural Computation and Symbolic Knowledge Processing", *IEEE Trans, Neural Networks*, 1997, vol. 8, n.2.
18. Domanetska I., Khaddad A., Krasovska H., Yermenko B. *Corporate System Users Identification by the Keyboard Handwriting based on Neural Networks International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering (IJITEE)* ISSN: 2278-3075, vol. 9 Issue-1, November 2019. P. 4156 – 4161.

Стаття надійшла до редколегії 11.11.2019

Куликов Петр Моисеевич

Доктор экономических наук, профессор, ректор, orcid.org/0000-0002-7379-7968

Киевский национальный университет строительства и архитектуры, Киев

Пасько Роман Николаевич

Заведующий лабораторией инженерно-технических видов исследований, orcid.org/0000-0002-3313-0368

Киевский научно-исследовательский институт судебных экспертиз Министерства юстиции Украины, Киев

Плюский Виталий Алексеевич

Доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой архитектурных конструкций, orcid.org/0000-0002-2632-8085

Киевский национальный университет строительства и архитектуры, Киев

Теренчук Светлана Анатольевна

Кандидат физико-математических наук, доцент кафедры информационных технологий проектирования и прикладной

математики, orcid.org/0000-0001-6527-4123

Киевский национальный университет строительства и архитектуры, Киев

ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ В СИСТЕМАХ ПОДДЕРЖКИ СУДЕБНЫХ СТРОИТЕЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКИХ ЭКСПЕРТИЗ

Аннотация. В статье проведен анализ порядка проведения судебных строительно-технических экспертиз и экспертных исследований по установлению причин ухудшения технического состояния помещений, рядом с которыми выполнялись ремонтно-строительные работы. Работа направлена на решение проблемных вопросов судебных строительно-технических экспертиз путем разработки интеллектуальной системы поддержки принятия экспертных решений. При исследовании системы основное внимание уделяется анализу искусственных нейронных сетей, внедрение которых в подсистему нечеткого вывода позволит сократить время проведения судебных строительно-технических экспертиз. Предоставлен пример типичного нечеткого правила, который отражает экспертные знания в виде формализованной текстовой информации. Обоснована целесообразность применения в подобных интеллектуальных системах нечетких нейронных сетей адаптивной резонансной теории категории Cascade ARTMAP. Показана схема формирования системы нечеткого вывода и схема формирования базы правил в Cascade ARTMAP.

Ключевые слова: экспертное заключение; возможная связь; нейронная сеть; нечеткое правило; техническое состояние

Kulikov Petro

DSc., Professor, orcid.org/0000-0002-7379-7968

Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv

Pasko Roman

Head of the lab of engineering-technical investigations, orcid.org/0000-0002-3313-0368

Kyiv scientific-research institute of judge expertizes, Ministry of Justice of Ukraine, Kyiv

Ploskyi Vitalii

DSc., Professor, orcid.org/0000-0002-2632-8085

Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv

Terenchuk Svitlana

PhD, Associate Professor, orcid.org/0000-0001-6527-4123

Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv

APPLICATION OF ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS IN SYSTEMS FOR SUPPORT OF FORENSIC BUILDING-TECHNICAL EXPERTISE

Abstract. The article deals with the procedure for conducting forensic construction and technical examinations and expert research in order to determine the reasons for the deterioration of the technical condition of the premises, along with which the repair and construction works were performed. The paper is aimed at solving the problematic issues of forensic construction and technical examinations by developing an intelligent system for supporting the adoption of expert decisions. The support intelligent system model of expert decisions concerning an estimation of repair and construction works influence on the technical condition of objects is described. The research of the system focuses on the analysis of artificial neural networks, the introduction of which

in the fuzzy inference subsystem, will allow to reduce the time of forensic construction and technical expertise. An example of a typical fuzzy rule is provided that reflect examination in formalized textual information. The feasibility of using fuzzy neural networks of adaptive resonance theory of the Cascade ARTMAP category in such intelligent systems is substantiated. The scheme of fuzzy output system formation and the rule base formation scheme in Cascade ARTMAP are shown. Further research will focus on the formation of a fuzzy knowledge base, which includes geometric parameters of object degradation and the Cascade ARTMAP neural network adaptation to the task of identifying the causes of the deterioration of the premises technical condition.

Keywords: expert conclusion; fuzzy rule; possible connection; neural network; technical condition

References

1. Instruction on approval of the Instruction on the appointment and conduct of forensics and expert studies and scientific and methodological recommendations on the preparation and assignment of forensics and expert studies. Order 08.10.98 № 53/5 of the Ministry of Justice of Ukraine [Text access mode: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0705-98>].
2. Guidelines for inspection of buildings and structures to determine and evaluate their technical condition: DSTU-N B B.1.2-18: 2016. – [Effective 2017-04-01]. – [Text Access Mode: Normative™ PRO software, based on which a professional regulatory library operates].
3. Asauliuk, S., Fishchuk, N., Pasko, R. (2006). Analysis of the impact of repair and construction work in the premises on the technical condition of adjacent premises: report on the GDR (final). KNISE; 39.
4. Buratevich, O. (2015). Guidelines for the Determination of Physical Demolition of Non-Residential Buildings: R&D Report (Final) / CISIS; executors: N. Senik, V. Kharchenko, O. Chaika, R. Pasko, D. Psyarnetsky, O. Sverida, V. Budnik, N. Arabuli, O. Lisak, & I. Chalyuk. 0114U000706. Kyiv, 177.
5. System for ensuring the reliability and safety of construction sites. Loads and impacts. Design rules: DBN. V. 1.2.-2: 2006. - [Valid from 2007-01-01]. – Kyiv: Steel. 2007. – 60 p. – (State building norms of Ukraine) / <http://www.dbn.at.ua>. The name from the screen. – Checked: 22/09/2017
6. Snityuk, V. (2000). The problem of choosing the optimal alternative in the conditions of compositional uncertainty. Cherkasy: ChITI Bulletin, 2, 140 – 145.
7. Pasko, R., & Terenchuk, S. (2019). Modeling of Intellectual Support System for Forensic Construction Expertise. Topical Issues of Forensics and Criminal Proceedings: Mat. international Research Practice Conf. K.: KNISE of the Ministry of Justice of Ukraine. P. 429 – 432.
8. Terenchuk, S., Yeremenko B., & Sorotuyk T. (2016). Implementation of Intelligent Information Technology for the Assessment of Technology for Condition of Building Structures in the Diagnosis Process. Eastern European Journal of Enterprise Technologies, 3 (83), 30 – 39.
9. Eremenko, B. (2015). Designing an intelligent system for diagnosing the technical condition of construction objects. Technology audit and production reserves, 1 (2), 44 – 48.
10. Eremenko, B., Terenchuk, S., Kartavikh, S., Nasikovskiy, O. (2017). Applying Expertise to Forming a Knowledge Base for the Assessment System for the Technical Condition of Building Structures. Science and Construction, 4, 63 – 69.
11. Terenchuk, S., Yeremenko, B., Pashko A. (2017). Assessment of the technical condition of building structures based on fuzzy inference. Construction, 61, 23 – 31.
12. Osowski (2000). “Sieci neuronowe do przetwarzania informacji”, Warszawa, p. 342. (in Polish).
13. Terenchuk, S., Yeremenko, B., Kartavikh, S., & Nasikovskiy, O. (2018). Application of fuzzy mathematics methods to processing geometric parameters of degradation of building structures. Eureka: Physics and Engineering, 1, 56-62. DOI: 10.21303 / 2461-4262.2018.00468554
14. Terenchuk, S., Poltorachenko, N., & Kosharna, Yu. (2016). Analysis of the ability of artificial neural networks to solve the problems of assessing the technical condition of building structures. Construction, Vol. 63. P. 85 – 90.
15. Arutiunian A. (2009). “Fuzzy Neural Network Sorter”, Technological Systems, Kiev, vol.1 (45), pp. 54–57.
16. Carpenter G.A., Grossberg S., & Reynolds J.H. (1991). “ARTMAP: Supervised Real-Time Learning and Classification of Nonstationary Data by a Self-Organizing Neural Network”, Neural Networks, 4.
17. Tan A.H. (1997). “Cascade ARTMAP: Integrating Neural Computation and Symbolic Knowledge Processing”, IEEE Trans, Neural Networks, 1997, vol. 8, n.2.
18. Domanetska I., Khaddad A., Krasovska H., & Yeremenko B. (2019). Corporate System Users Identification by the Keyboard Handwriting based on Neural Networks International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering (IJITEE) ISSN: 2278-3075, vol. 9 Issue-1, November. – P. 4156-4161

Посилання на публікацію

- APA Kulikov, P., Pasko, R., Ploskyi, V., & Terenchuk, S., (2019). Application of artificial neural networks in expert systems for support of vessels. Management of Development of Complex Systems, 40, 40, 118 – 124; [dx.doi.org\10.6084/m9.figshare.11969058](https://doi.org/10.6084/m9.figshare.11969058).
- ДСТУ Куліков, П.М. Застосування штучних нейронних мереж в експертних системах підтримки судових будівельно-технічних експертиз [Текст] / П.М. Куліков, Р.М. Пасько, В.О. Плоский, С.А. Теренчук // Управління розвитком складних систем. – 2019. – №40. – С. 118 – 124; [dx.doi.org\10.6084/m9.figshare.11969058](https://doi.org/10.6084/m9.figshare.11969058).