

УДК 006: 69: 004.048

## **РОЗРОБКА АЛГОРИТМУ ОБРОБКИ ДАНИХ З ТЕХНІЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ В БУДІВНИЦТВІ В УМОВАХ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ**

Ісаєнко Д.В., к.н.держ.упр.

*Конфедерація будівельників України (м. Київ, Україна)*

*В статті вирішуються питання виявлення і вилучення невизначеності, що пов'язана з наявністю надлишкової інформації. Такий тип невизначеності може спричиняти неузгодженість чи конфлікти правил для визначення параметрів нормування. Проблема виникає при трансформації організаційно-технічної системи технічного регулювання в будівництві, що пов'язана зі змінами в системах нормування та стандартизації. Матеріалом дослідження є інформація, що міститься в нормативній документації, згідно з якою здійснюється технічне регулювання архітектурно-будівельної галузі України. Основна мета роботи полягає в розробці алгоритму обробки такої інформації системою підтримки прийняття рішень з технічного регулювання в будівництві, що здатна функціонувати в умовах невизначеності. Особлива увага приділяється невизначеності, що спричинена існуванням різних вказівок або декількох способів визначення одного параметра технічного регулювання більш, ніж в одному нормативному документі. Автоматичне виявлення і вилучення невизначеності суттєво спрощує розробку проектної документації та експертних оцінок технічного стану унікальних об'єктів. Проте автоматизація процесу обробки даних потребує відповідного представлення, систематизації і структурування текстової інформації. Цю задачу пропонується розв'язувати методами нечіткої математики. Застосування моделей і методів нечіткої математики при формалізації норм і правил технічного регулювання спрямоване на реалізацію та впровадження штучного інтелекту в системи нормування та стандартизації. Практична цінність роботи полягає в наданні науково обґрунтованої підтримки прийняття рішень при законодавчому регулюванні діяльності в будівельній галузі в умовах трансформацій, що спрямовані на вдосконалення містобудівної діяльності. Проте, використання алгоритму надає можливість суттєво підвищити швидкість і надійність роботи інших систем документообігу в подібних умовах.*

*Ключові слова: будівництво, конфлікт правил, організаційно-технічна система, параметри технічного регулювання.*

**Постановка проблеми.** Однією з найбільш гострих проблем технічного регулювання у будівництві та архітектурі є наявність конфліктів у вказівках і правилах для визначення розрахункових параметрів. Така проблема виникає при трансформації організаційно-технічної системи технічного регулювання, що пов'язана зі змінами в системах нормування, стандартизації і регулювання дозвільно-погоджувальних процедур у будівництві відповідно до світових стандартів [1, 2].

Накопиченню проблем, сприяє [3]:

- зростання попиту на унікальні будівлі і споруди;
- зміна бази сировини для будівельних матеріалів;
- зміна вимог до формування життєвого середовища;
- розвиток технологій проектування та будівництва;
- внесення змін до деяких законодавчих актів.

При цьому, може виникати невизначеність різного характеру, що призводить до необхідності створення додаткових нормативних документів. Накопичення документів, що розробляються для роз'яснення порядку дій в різних умовах, ускладнює автоматизацію процесу технічного регулювання в цілому і може призвести до конфліктів правил, згідно з якими формується вектор параметрів регулювання.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Проведений в [4] аналітичний огляд світового досвіду технічного регулювання в будівництві показав, що будівельна діяльність характеризується невизначеністю та ризиками різного характеру. Причини виникнення та математичні моделі і методи, на основі яких розробляються алгоритми роботи систем підтримки прийняття рішень в умовах невизначеності можуть бути різними і залежать від характеру невизначеності [5]. При цьому, однією з найбільш ефективних математичних теорій, що спрямовані на обробку текстової інформації та моделювання процесів різного характеру в нечітких умовах і умовах невизначеності різного характеру, є теорія нечітких множин.

Моделі і методи нечіткої математики, що застосовуються в інтелектуальних системах різного призначення, досліджені в [6 – 8].

В [9] запропоновано модель інтелектуальної системи підтримки прийняття рішень з технічного регулювання в будівництві, що призначена для підвищення надійності та швидкості процедури узгодження будівельних норм і стандартів будівельної галузі. Проте в [9] основна увага приділялась розв'язанню задачі пошуку і співставлення правил з тотожними умовами і різними висновками

**Формування цілей статті.** Основною метою даної роботи є розробка алгоритму обробки даних для інтелектуальної системи підтримки прийняття рішень з технічного регулювання в будівництві,

що здатна функціонувати в умовах невизначеності, що пов'язана з існуванням надлишкової інформації.

**Основна частина.** Розробка алгоритму обробки даних для інтелектуальної системи, що здатна виявляти конфліктні норми і правила при формуванні проектної документації, супроводі будівництва та експлуатації об'єктів, в першу чергу потребує формалізації, систематизації і структурування документації.

Для вирішення задачі адекватного представлення текстової інформації кожен елемент множини документів, що призначені для технічного регулювання певного напрямку діяльності будівельної галузі, формалізується в вигляді вектора:

$$\{A\}^T = \{A_j\} = \{A_1, A_2, \dots, A_n\}. \quad (1)$$

Кожна координата  $A_j$  ( $j=1, \dots, n$ ) вектора  $\{A\}$  в  $n$ -вимірному просторі нормативних документів відповідає одному документу;  $T$  – операція транспонування.

Потім, із множини формалізованих документів відбирається множина конфліктних норм і правил, які підлягають обробці.

Для реалізації процедури відбору множини неузгоджених або конфліктних норм і правил системою, що описана в [9], параметри регулювання задаються у вигляді вектора  $\{B\}$ , кожен елемент якого відповідає одному параметру:

$$\{B\}^T = \{B_i\} = \{B_1, B_2, \dots, B_m\}, \quad (2)$$

де  $m$  – кількість параметрів;  $i=1, \dots, m$ .

Для реалізації алгоритмів пошуку надлишкової інформації, що проявляються в наявності різних вказівок до визначення параметрів регулювання, дані (1), (2) структуруються в таблиці 1.

Таблиця 1

Відповідність параметрів технічного регулювання нормативним документам

$D$	$A_1$	$A_1$	...	$A_n$
$B_1$	$B_1 \vee 0$	$B_1 \vee 0$	...	$B_1 \vee 0$
$B_2$	$B_2 \vee 0$	$B_2 \vee 0$	...	$B_2 \vee 0$
...	...	...	...	...
$B_m$	$B_m \vee 0$	$B_m \vee 0$	...	$B_m \vee 0$

В кожному рядку таблиці 1 міститься один параметр  $B_i$  певного напрямку, а кожен стовпець  $A_j$  відповідає нормативному документу, що включає набір параметрів  $B_i$ ; символ « $\vee$ » означає операцію диз'юнкції – «або».

Інформація систематизується на основі пріоритетності  $PA_j$  правила чи методики визначення параметру  $B_i$  в документах  $A_j$  [10]:

$$PA_{i,1} < \dots < PA_{i,a-1} < PA_{i,a}, \text{ або } PA_{i,1} > PA_{i,2} > \dots > PA_{i,a}. \quad (3)$$

Якщо, при цьому, документи мають однаковий пріоритет, то до ранжування залучають експертів.

Інформацію, що міститься в таблиці 1 можна відобразити матрицею ( $K$ ), кожний елемент якої знаходиться згідно з:

$$K_{i,j} = \begin{cases} 1 \rightarrow D_{i,j} = B_j \\ 0 \rightarrow D_{i,j} = 0 \end{cases} \quad (i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n). \quad (4)$$

Якщо нормативна база, що відповідає за технічне регулювання, є досконалою, то для ( $K$ ):

$$K = \begin{pmatrix} K_{1,1} & \dots & K_{1,n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ K_{m,1} & \dots & K_{m,n} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 \vee 0 & \dots & 1 \vee 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 \vee 0 & \dots & 1 \vee 0 \end{pmatrix}, \quad (5)$$

мають виконуватися умови:

1. Сума елементів кожного рядка ( $K$ ) не перевищує 1:

$$a = \sum_{j=1}^n K_{i,j} \leq 1, \quad (i = 1, 2, \dots, m). \quad (6)$$

2. Сума елементів кожного стовпця ( $K$ ) не перевищує кількості параметрів технічного регулювання  $m$ :

$$b = \sum_{i=1}^m K_{i,j} \leq m, \quad (j = 1, 2, \dots, n). \quad (7)$$

3. Сума усіх елементів ( $K$ ) не перевищує кількості параметрів технічного регулювання  $m$ :

$$c = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n K_{i,j} \leq m. \quad (8)$$

Якщо хоч одна з умов (6) – (8) не виконується, то множина нормативних документів містить конфлікти, які можуть призвести до проблем і помилок при вирішенні задач технічного та юридичного характеру.

Одним із основним індикаторів невизначеності, що пов'язана з існуванням надлишкової інформації, є порушення умови (6). Саме ця умова вказує на наявність декількох незалежних способів призначення або розрахунку параметра технічного регулювання, що визначаються більш, ніж одним нормативним документом.

Автоматичне виявлення та узгодження конфліктної інформації інтелектуальною системою підтримки прийняття рішень з технічного регулювання передбачає реалізацію алгоритму:

1. Встановити пріоритетність документів  $A_j$ , згідно з якими знаходиться параметр  $B_i$ .

2. Відобразити пріоритетності параметрів у вигляді залежності:

$$B_i = f(B_1, B_2, \dots, B_{j-1}, B_j, B_{j+1}, \dots, B_r), \quad (j \neq i; j = 1, 2, \dots, r_{i,j}).$$

3. Залучити експертів до ранжування документів, що мають однаковий пріоритет.

4. Структурувати дані у вигляді таблиці 2, яка містить приклад відображення пріоритетності ранжування документів ( $PD$ ), що визначена в п. 1 за правилом (3). Стрілками показано послідовність визначення параметрів технічного регулювання і конфлікт правил, що виявляється при визначенні параметра  $B_5$ .

5. Вирішити конфлікт шляхом зміни чи узгодження процедури визначення конфліктного параметра. При вирішенні конфлікту для визначення параметра вибирається найбільш пріоритетний документ.

Таблиця 2

Приклад таблиці відображення пріоритетності ранжування

$PD$	$A_1$	$A_2$	$A_3$
$B_1$	$B_1 = \text{const}_1$	0	0
$B_2$	$B_2 = f(B_1)$	0	0
$B_3$	0	0	$B_3 = f(B_1, B_2, B_4)$
$B_4$	0	$B_4 = \text{const}_4$	0
$B_5$	$B_5 = \text{const}_5$	0	$B_5 = f(B_1, B_2, B_3, B_4)$ → Конфлікт!

На даному етапі досліджень рішення щодо зміни, чи узгодження процедури визначення конфліктного параметра (п. 5) лишається за експертами, проте узагальнений експертний досвід вирішення конфліктів накопичується в базі знань системи, що описана в [9].

В подальшому узагальнений формалізований експертний досвід може бути використаним при навчанні штучних нейронних мереж, які виконують роль експертів в інтелектуальних системах підтримки прийняття рішень.

### **Висновки:**

1. Використання моделей і методів нечіткої математики при формалізації документів надає можливість удосконалити роботу організаційно-технічної системи технічного регулювання за рахунок автоматизації процесів нормування та стандартизації.

2. Запропонована матрична структура даних значно спрощує процедури виявлення невизначеності, що спричинена наявністю надлишкової інформації в системі документообігу.

3. Виявлення та узгодження конфліктів в системі технічного регулювання передбачає ранжування текстових документів. Саме тому, подальші дослідження планується присвятити аналізу алгоритмів пошуку і сортування текстової інформації.

### **Література**

1. Regulation (EU) No 305/2011 of the European Parliament and of the Council of 9 March 2011 laying down harmonised conditions for the

- marketing of construction products and repealing Council Directive 89/106/EEC (Text with EEA relevance) // [Електронний ресурс] Official Journal of the European Union – 2011. – 4.4.2011 – С. 5-43.
2. Непомнящий О.М. Регулювання дозвільно-погоджувальних процедур у будівництві відповідно до світових стандартів / О.М. Непомнящий, Д.В. Ісаєнко // Публічне урядування: збірник – К., 2016. – №1(2). – С. 49-60.
  3. Ісаєнко Д.В. Законодавче регулювання діяльності в будівельній галузі. Особливості світового досвіду та Європейського підходу для визначення пріоритетів при формуванні життєвого середовища / Д.В. Ісаєнко // Будівельне виробництво. – К.: НДІБВ, 2017. – № 63/2/2017. – С. 11-15.
  4. Техническое регулирование в строительстве. Аналитический обзор мирового опыта: Snip Innovative Technologies / [рук. Серых А.]. – Чикаго: SNIP, 2010. – 889 с.
  5. Terenchuk S. Application of fuzzy mathematics methods to processing geometric parameters of degradation of building structures / S. Terenchuk, V. Yeremenko, S. Kartavykh, O. Nasikovskiy // [Електронний ресурс] Eureka: physics and engineering. – Таллін, 2018. – no. 1. – С. 56-62. DOI: 10.21303/24614262.2018.00468554
  6. Zaitseva E. Importance analysis based on logical differential calculus and binary decision diagram / E. Zaitseva, V. Levashenko, J. Kostolny // [Електронний ресурс] Reliability engineering and system safety. – Elsevier, 2015. – Vol. 138. – С. 135-144.
  7. Hammah R. Fuzzy cluster algorithm for the automatic identification of joint sets / R. Hammah, J. Curran // [Електронний ресурс] International Journal of Rock Mechanics and Mining Science, 2010. Vol. 35, Issue 7. – С. 889-905.
  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, V. Yeremenko, T. Sorotuyk // [Електронний ресурс] Eastern European Journal of Enterprise Technologies, 2010. –Vol. 5/3(83). – С. 30-39.
  9. Ісаєнко Д. В. Формування нечіткої бази знань системи підтримки прийняття рішень з технічного регулювання в будівництві / Д.В. Ісаєнко, В.О. Плоский, С.А. Теренчук // Управління розвитком складних систем. – К.: КНУБА, 2018. – Вип. 35. – С. 168-174.
  10. Skochko V. Determination of support reactions of rod constructions obtained by morphogenesis / V. Skochko // [Електронний ресурс] USEFUL online journal, 2018. – Vol. 2, no. 3, С. 29-42. DOI: <https://doi.org/10.32557/useful-2-3-2018-0005>.

## **РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ОБРАБОТКИ ДАННЫХ ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ**

Исаенко Д.В.

*В статье решаются вопросы выявления и разрешения неопределенности, связанной с наличием избыточной информации. Неопределенность такого типа может вызвать несогласованность и конфликты в системе норм и правил, которые используется для определения параметров нормирования. Проблемы, возникающие из-за трансформации организационно-технической системы технического регулирования в строительстве, связаны с изменениями в системах нормирования и стандартизации. Материалом исследования является информация, содержащаяся в документации, согласно которой осуществляется техническое регулирование архитектурно-строительной отрасли Украины. Основная цель работы заключается в разработке алгоритма обработки этой информации системой поддержки принятия решений по техническому регулированию в строительстве, которая способна функционировать в условиях неопределенности. Особое внимание уделяется неопределенности, возникающей вследствие существования различных нормативных документов или нескольких способов определения одного параметра более чем в одном нормативном документе. Автоматическое выявление и разрешение такой неопределенности существенно упрощает разработку проектной документации и экспертных оценок технического состояния уникальных объектов. Однако автоматизация процесса обработки данных требует соответствующего представления, систематизации и структурирования текстовой информации. Эту задачу предлагается решать методами нечеткой математики. Применение моделей и методов нечеткой математики к задаче формализации норм и правил технического регулирования направлено на реализацию и внедрение искусственного интеллекта в системы нормирования и стандартизации. Практическая ценность исследования заключается в предоставлении надежной поддержки принятия решений при законодательном регулировании деятельности в строительной отрасли в условиях трансформаций, направленных на совершенствование градостроительной деятельности. Однако, использование алгоритма позволяет существенно повысить скорость и надежность работы других систем документооборота в подобных условиях.*

*Ключевые слова: строительство, конфликт правил, организационно-техническая система, параметры технического регулирования.*

## **DEVELOPMENT OF AN ALGORITHM OF DATA PROCESSING WITH TECHNICAL REGULATION IN CONSTRUCTION UNDER CONDITIONS OF UNCERTAINTY**

Isaienko D.

*The article addresses the issues of identifying and removing uncertainty associated with the presence of redundant information. Uncertainty of this type can cause inconsistencies and conflicts in the system of rules and regulations, which are used to determine the parameters of regulation. The problems arising from the transformation of the organizational-technical system of technical regulation in construction are associated with changes in the systems of valuation and standardization. The research material is the regulatory documentation, according to which the technical regulation of the construction industry of Ukraine is carried out. The main objective of the work is to develop an algorithm for processing data by an intelligent decision-making support system for technical regulation in construction, which is able to function in conditions of uncertainty. Particular attention is paid to the uncertainty caused by the existence of various instructions or several ways of determining one technical regulation parameter in more than one regulatory document. Automatic detection and removal of such uncertainty greatly simplifies the development of project documentation and expert assessments of the technical condition of unique objects. However, the automation of data processing requires the proper presentation, systematization and structuring of textual information. This problem is proposed to be solved by methods of fuzzy mathematics. The use of models and methods of fuzzy mathematics in the formalization of the norms and rules of technical regulation is aimed at the implementation and introduction of artificial intelligence in the systems of rationing and standardization. The practical value of the work is to provide scientifically-based decision-making support in the legislative regulation of activities in the construction industry in the context of transformations aimed at improving urban planning. However, the use of the algorithm can significantly increase the speed and reliability of other workflow systems in similar conditions.*

*Keywords: construction, conflict of rules, organizational and technical system, parameters of technical regulation.*