

Г. А. Плехова¹, М. В. Костікова², С. М. Неронов³, С. О. Кашкевич⁴¹ХНАДУ, м. Харків, Україна, plehovaanna1@gmail.com, ORCID iD: 0000-0002-6912-6520²ХНАДУ, м. Харків, Україна, kmv_topaz@ukr.net, ORCID iD: 0000-0001-5197-7389³ХНАДУ, м. Харків, Україна, sernikner@gmail.com, ORCID iD: 0000-0003-2381-1271⁴НАУ, м. Київ, Україна, svitlana.kashkevych@npp.nau.edu.ua, ORCID iD: 0000-0002-4448-3839

ОБРОБКА РІЗНОТИПНИХ ДАНИХ В ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМАХ ЗА ДОПОМОГОЮ ЗАСОБУ УЛЬТРАКОРОТКОХВИЛЬОВОГО РАДІОЗВ'ЯЗКУ

У роботі запропоновано пристрій обробки різнотипних даних в геоінформаційних системах. Запропонований пристрій містить передавальну частину, що реалізована на базі передавачу засобу ультракотрохвильового радіозв'язку та приймальну частину пристрою обробки різнотипних даних в геоінформаційних системах, що реалізована на базі приймачу засобу ультракотрохвильового радіозв'язку. Доскладу пристрою додатково введено блок нейро-нечіткого прийняття рішень, який реалізований на базі персональної електронно-обчислювальної машини, при цьому приймальна частина пристрою обробки різнотипних даних в геоінформаційних системах, що реалізована на базі приймачу засобу ультракотрохвильового радіозв'язку з'єднана послідовно з входом блоку нейро-нечіткого прийняття рішень, який реалізований на базі персональної електронно-обчислювальної машини, а вихід блоку нейро-нечіткого прийняття рішень, який реалізований на базі персональної електронно-обчислювальної машини з'єднано з входом передавальної частини пристрою обробки різнотипних даних в геоінформаційних системах, що реалізована на базі передавачу засобу ультракотрохвильового радіозв'язку. Технічним результатом є забезпечення в комплексі підвищення оперативності та достовірності прийняття рішень на 20%, можливості адаптації параметрів пристрою обробки різнотипних даних в геоінформаційних системах до динамічної зміни оперативної обстановки.

РІЗНОТИПНІ ДАНІ, ГЕОІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ, УЛЬТРАКОРОТКОХВИЛЬОВИЙ РАДІОЗВ'ЯЗОК, МЕТОД РЕТЕ, ОПЕРАТИВНІСТЬ, ДОСТОВІРНІСТЬ

G. A. Pliekhova, M. V. Kostikova, S. M. Neronov, S. O. Kashkevych. **Processing of various types of data in geoinformation systems using the means of ultra-short-wave radio communication.** The paper proposes a device for processing various types of data in geoinformation systems. The proposed device includes a transmitting part implemented on the basis of a transmitter of ultra-short-wave radio communication and a receiving part of a device for processing various types of data in geo-information systems, implemented on the basis of a receiver of ultra-short-wave radio communication. The device additionally includes a block of neuro-fuzzy decision-making, which is implemented on the basis of a personal electronic computer, while the receiving part of the device for processing various types of data in geoinformation systems, which is implemented on the basis of a receiver of an ultra-short-wave radio communication device, is connected in series with the input block of neuro-fuzzy decision-making, which is implemented on the basis of a personal computer, and the output of the block of neuro-fuzzy decision-making, which is implemented on the basis of a personal electronic computer connected to the input of the transmission part of the device for processing various types of data in geoinformation systems, which is implemented on the basis of a transmitter of an ultra-short-wave radio communication device. The technical result is the provision of a 20% increase in the efficiency and reliability of decision-making in the complex, the possibility of adapting the parameters of the device for processing various types of data in geoinformation systems to the dynamic change of the operational situation.

VARIOUS DATA, GEOINFORMATION SYSTEMS, ULTRASHORT WAVE RADIO COMMUNICATION, RETE METHOD, OPERATIONALITY, RELIABILITY

Вступ

Організаційно-технічною основою управління військами є система управління військами, для якої є актуальною задача забезпечення необхідної оперативності та достовірності прийняття рішень. Процес цілеспрямованого впливу командувачів, штабів на війська, що здійснюється для підтримки готовності військ до виконання завдань за призначенням, їх підготовки та успішного виконання ними завдань у ході ведення операції (бойових дій) потребує використання спеціальної техніки, зокрема, систем підтримки прийняття рішень — комп'ютерних автоматизованих систем, метою яких є допомога людям, які приймають рішення у складних умовах для повного та об'єктивного аналізу предметної діяльності.

Виклад основного матеріалу

Відомий пристрій прийняття рішень, що містить блок аналізу та блок прийняття рішень, зв'язані між собою лінією зворотнього зв'язку [1]. До недоліків відомого пристрою прийняття рішень відноситься низька оперативність прийняття рішень.

Найбільш близьким технічним рішенням, як за суттю, так і задачею, що вирішується, яке обрано за найближчий аналог, є пристрій обробки різнотипних даних в геоінформаційних системах, що містить передавальну частину пристрою обробки різнотипних даних в геоінформаційних системах, що реалізована на базі передавачу засобу ультракотрохвильового радіозв'язку та приймальну частину пристрою обробки різнотипних даних в геоінформаційних системах,

що реалізована на базі приймачу засобу ультракотрохвильового радіозв'язку, що з'єднані між собою послідовно [2].

Недоліком пристрою обробки різнотипних даних в геоінформаційних системах, який обрано за найближчий аналог, є низька ефективність адаптації до динамічної зміни оперативної обстановки.

В основу моделі покладено задачу шляхом додаткового введення до складу пристрою обробки різнотипних даних в геоінформаційних системах блоку нейро-нечіткого прийняття рішень забезпечити в комплексі підвищення оперативності та достовірності прийняття рішень на 20 %, можливості адаптації параметрів пристрою обробки різнотипних даних в геоінформаційних системах до динамічної зміни оперативної обстановки.

Суть пристрою обробки різнотипних даних в геоінформаційних системах, що містить передавальну частину пристрою обробки різнотипних даних в геоінформаційних системах, що реалізована на базі передавачу засобу ультракотрохвильового радіозв'язку та приймальну частину пристрою обробки різнотипних даних в геоінформаційних системах, що реалізована на базі приймачу засобу ультракотрохвильового радіозв'язку. Передавальна частина пристрою та приймальна частина пристрою обробки різнотипних даних в геоінформаційних системах з'єднані між собою послідовно. До складу пристрою обробки різнотипних даних в геоінформаційних системах додатково введено блок нейро-нечіткого прийняття рішень, який реалізований на базі персональної електронно-обчислювальної машини. Приймальна частина пристрою обробки різнотипних даних в геоінформаційних системах, що реалізована на базі приймачу засобу ультракотрохвильового радіозв'язку з'єднана послідовно з входом блоку нейро-нечіткого прийняття рішень, який реалізований на базі персональної електронно-обчислювальної машини, а вихід блоку нейро-нечіткого прийняття рішень, який реалізований на базі персональної електронно-обчислювальної машини з'єднано з входом передавальної частини пристрою обробки різнотипних даних в геоінформаційних системах, що реалізована на базі передавачу засобу ультракотрохвильового радіозв'язку.

Рішення технічної задачі в пристрої обробки різнотипних даних в геоінформаційних системах, дійсно можливе тому, що введення блоку нейро-нечіткого прийняття рішень, що реалізований на персональній електронно-обчислювальній машині дозволяє забезпечити в комплексі підвищення оперативності та достовірності прийняття рішень на 20%, можливості адаптації параметрів пристрою обробки різнотипних даних в геоінформаційних системах до динамічної зміни оперативної обстановки.

Суть моделі пояснюється за допомогою креслень, де на рис. 1 показано блок-схему пристрою обробки різнотипних даних в геоінформаційних системах.

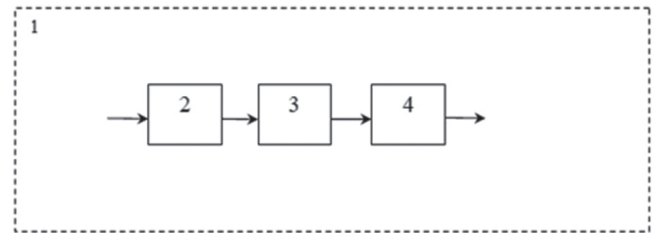


Рис. 1. Блок-схема пристрою обробки різнотипних даних в геоінформаційних системах

Пристрій 1 обробки різнотипних даних в геоінформаційних системах містить (див. блок-схему на рис. 1) приймальну 2 частину пристрою 1 обробки різнотипних даних в геоінформаційних системах, що реалізована на базі приймачу засобу ультракотрохвильового радіозв'язку, блок 3 нейро-нечіткого прийняття рішень пристрою 1 пристрою обробки різнотипних даних в геоінформаційних системах, що реалізований на базі електронно-обчислювальної машини, передавальну 4 частину пристрою 1 обробки різнотипних даних в геоінформаційних системах, що реалізована на базі передавача засобу ультракотрохвильового радіозв'язку.

При цьому у пристрої 1 обробки різнотипних даних в геоінформаційних системах конструктивні елементи з'єднано між собою таким чином:

- вихід приймальної 2 частини 1 пристрою обробки різнотипних даних в геоінформаційних системах, що реалізована на базі приймачу засобу ультракотрохвильового радіозв'язку з'єднано з входом блоку 3 нейро-нечіткого прийняття рішень пристрою 1 обробки різнотипних даних в геоінформаційних системах, що реалізований на базі електронно-обчислювальної машини;

- вихід блоку 3 нейро-нечіткого прийняття рішень 1 пристрою обробки різнотипних даних в геоінформаційних системах, що реалізований на базі електронно-обчислювальної машини з'єднано з входом передавальної 4 частини пристрою 1 обробки різнотипних даних в геоінформаційних системах, що реалізована на базі передавача засобу ультракотрохвильового радіозв'язку.

Пристрій 1 обробки різнотипних даних в геоінформаційних системах працює таким чином.

На вхід приймальної 2 частини пристрою 1 обробки різнотипних даних в геоінформаційних системах, що реалізована на базі приймачу засобу ультракотрохвильового радіозв'язку надходить інформація, яку необхідно обробити. З виходу приймальної 2 частини пристрою 1 для обробки надходить на вхід блоку 3 нейро-нечіткого прийняття рішень пристрою 1 обробки різнотипних даних в геоінформаційних

системах, що реалізований на базі електронно-обчислювальної машини.

Основою для роботи блоку 3 нейро-нечіткого прийняття рішень пристрою 1 обробки різнотипних даних в геоінформаційних системах, що реалізований на базі електронно-обчислювальної машини обрано метод Rete. Основним недоліком методу Rete є його робота тільки з чіткими продукціями, що не дозволяє його використовувати при обробці різнотипних даних.

Обробка інформації в блоці 3 нейро-нечіткого прийняття рішень пристрою 1 обробки різнотипних даних в геоінформаційних системах, що реалізований на базі електронно-обчислювальної машини має наступну послідовність.

Дія 1. Введення вихідних даних.

Дія 2. Формування бази знань (БЗ) з урахуванням невизначеності.

Формальна модель нейро-нечіткої бази правил буде мати вигляд (1).

$$\{P_n\} = \{Rule\}, \quad (1)$$

де *Rule* – правило нейро-нечіткої експертної системи. Кожне правило визначається наступним чином (2).

$$Rule = \langle C \rightarrow S \rangle, \quad (2)$$

де *C* – умова правила; *S* – наслідок правила.

Оскільки модель повинна забезпечувати подання граматичної структури правил з різного виду вкладеними умовами, буде використаний рекурсивний механізм опису вузлів і кінцевих вершин дерева умови правила. Параметр *C* визначається наступним чином (3):

$$C = \langle C_l, R, C_r \rangle, \quad (3)$$

де *C_l* – лівий вузол умови правила; *R* – відношення між вузлами правил; *C_r* – правий вузол умови правила.

Далі розглянемо наведені параметри.

$$C_l = FC_l \| Null \| C, \quad (4)$$

$$C_r = FC_r \| Null \| C, \quad (5)$$

де *FC_l* – ліва кінцева трійка умови правила; *FC_r* – права кінцева трійка умови правила. Формули (4) та (5) дозволяють описати умови з різним ступенем вкладеності.

$$FC_l = \langle L, Z, W \rangle, \quad (6)$$

$$FC_r = \langle L, Z, W \rangle, \quad (7)$$

де *L* – лінгвістична змінна; *Z* – знак умови, $Z = \{<, >, <=, >=, =, !=\}$; *W* – значення умови, яке визначається наступним чином (8):

$$W = L \| V, \quad (8)$$

де *L* – лінгвістична змінна; *V* – фіксоване значення (9).

$$V = T_i \| const, \quad (9)$$

де *T_i* – значення нечіткої змінної з терм-множин лінгвістичної змінної; *const* – константа. Зазначена

модель допускає використання не тільки лінгвістичних змінних, але й класичних змінних. В цьому випадку їх значення може порівнюватися також з константами.

R – множина відношень між вузовими вершинами. $R \subset (C_l \times C_r)$ або $R: C_l \rightarrow C_r$.

Аналогічно параметру *C* визначається параметр *S* – наслідок правила.

$$S = \langle S_l, R, S_r \rangle, \quad (10)$$

де *S_l* – лівий вузол наслідку правила; *R* – відношення між вузлами наслідку правила; *S_r* – правий вузол наслідку правила.

$$S_l = FS_l \| Null \| S, \quad (11)$$

$$S_r = FS_r \| Null \| S, \quad (12)$$

де *FS_l* – ліва кінцева трійка наслідку правила, *FS_r* – права кінцева трійка наслідку правила. Формули (11) та (12) дозволяють описати наслідки з різним ступенем вкладеності.

$$FS_l = \langle L, Op, W \rangle, \quad (13)$$

$$FS_r = \langle L, Op, W \rangle, \quad (14)$$

де *L* – лінгвістична змінна; *Op* – операція, $Op = \{:=\}$; *W* – значення наслідку.

Дія 3. Пошук кінцевих трійок та навчання штучних нейронних мереж (ШНМ).

На даному етапі роботи по методу Rete виконується пошук близьких кінцевих трійок у всіх правилах продукційної бази знань. Знайдені відповідності між кінцевими трійками позначаються. У правилах встановлюються посилання такі кінцеві трійки для забезпечення їх одноразової обробки. На відміну від класичних нейро-нечітких експертних систем, в зазначеній нейро-нечіткій експертній системі в якості штучної нейронної мережі пропонується використовувати нейро-нечітку еволюційну мережу. Також на зазначеному етапі відбувається навчання параметрів та архітектури штучної нейронної мережі.

Розглянемо алгоритм пошуку відповідностей кінцевих трійок дерева рішення.

Вхідні дані: *Rule* – база правил, представлена у вигляді дерева рішень.

Вихідні дані: *Rule'* – скорочена база правил, представлена у вигляді дерева рішень. Проміжні дані: *FC_i* та *FC_j* – поточні кінцеві трійки.

Крок 3.1. Спочатку роботи алгоритму всі кінцеві трійки не помічені (не перевірені), *m* – кількість кінцевих трійок. Встановити початкове значення *i* = 1.

Крок 3.2. Якщо *i* > *m*, то до кроку 3.11.

Крок 3.3. Якщо *FC_i* помічена, то *i* = *i* + 1 та до кроку 3.2.

Крок 3.4. Вибрати *FC_j*. Встановити *j* = 1.

Крок 3.5. Якщо *j* > *m*, то помітити *FC_i*, як проглянуту кінцеву трійку та перейти до кроку 3.2.

Крок 3.6. Якщо FC_j помічена, то $j = j + 1$ та до кроку 3.5.

Крок 3.7. Обрати FC_j . Виконати процедуру перевірки близькості кінцевих вузлів та кінцевих трійок FC_i та FC_j .

Крок 3.8. Якщо результат успішний, то додати FC_j в список відповідностей для FC_i , FC_j , кінцеву трійку, що була перевірена.

Крок 3.9. Визначення помилки навчання. Прийняття рішення щодо навчання ШНМ з урахуванням типу невизначеності.

Крок 3.10. Перейти до кроку 3.2.

Крок 3.11. Кінець.

Дія 4. Укрупнення відповідностей та навчання ШНМ.

На даному етапі виконується рекурсивна процедура перевірки близькості проміжних вузлів дерев рішень. Дана процедура забезпечує укрупнення відповідностей між умовами в правилах бази знань. Також на зазначеному етапі відбувається навчання архітектури та параметрів ШНМ.

Далі розглянемо алгоритм пошуку укрупнення знайдених відповідностей.

Вхідні данні: *Rule'* – скорочена база правил, представлена у вигляді дерева рішень, з об'єднаними однаковими кінцевими трійками.

S_p – список кінцевих трійок, для яких знайдені відповідності; k – кількість елементів у списку S_p . S_{pi} – список кінцевий трійки FC_i , що містить відповідні їй кінцеві трійки з індексами; k_i – кількість елементів у списку S_{pi} .

Вихідні данні: *Rule*" – скорочена база правил, в якій об'єднані всі однакові умови.

Проміжні дані: FC_i та FC_j – поточні кінцеві трійки, C_i та C_j – батьківські вузли для FC_i та FC_j .

Крок 4.1. Встановити $i = 1$.

Крок 4.2. Вибрати в дереві рішень FC_i , що знаходиться на i -му місці в списку S_d .

Крок 4.3. Встановити $j=1$.

Крок 4.4. Обрати зі списку S_{pi} кінцеву трійку FC_j , що знаходиться на j -му місці. Вилучити батьківські вузли C_i та C_j для FC_i та FC_j .

Крок 4.5. Виконати рекурсивну процедуру перевірки проміжних вузлів C_i та C_j .

Крок 4.6. Якщо результат функції успішний, встановити відповідність між вузлами C_i та C_j , інакше перейти до кроку 4.7.

Крок 4.7. $j = j + 1$. Якщо $j > k_i$, то до кроку 4.8, інакше до кроку 4.4.

Крок 4.8. $i=i+1$. Якщо $i > k$, то до кроку 4.10, інакше до кроку 4.2.

Крок 4.9. Визначення помилки навчання. Прийняття рішення щодо навчання ШНМ з урахуванням типу невизначеності.

Крок 4.10. Кінець.

Дія 5. Перевірка метрики оцінки близькості та визначення помилки навчання ШНМ.

На зазначеному етапі відбувається визначення метрики близькості отриманих рішень та визначення помилки навчання з метою прийняття управлінських рішень. Оброблена інформація з виходу блоку 3 нейро-нечіткого прийняття рішень пристрою 1 обробки різнотипних даних в геоінформаційних системах, що реалізований на базі електронно-обчислювальної машини надходить на вхід передавальної 4 частини пристрою 1 обробки різнотипних даних в геоінформаційних системах, що реалізована на базі передавачу засобу ультракороткохвильового радіозв'язку для подальшої передачі споживачу.

Висновки

Забезпечення в комплексі підвищення опера-
тивності та достовірності прийняття рішень на 20%,
можливості адаптації параметрів пристрою обробки
різнотипних даних в геоінформаційних системах до
динамічної зміни оперативної обстановки за рахунок
додаткового введення блоку нейро-нечіткого при-
йняття рішень пристрою 1 обробки різнотипних да-
них в геоінформаційних системах.

Список літератури

- [1] Kashkevich, S., Dmytriieva, O., Trotsko, O., Shknaï, O., Shyshatskyi, A.. Mathematical model of information conflict of information networks. *ScienceRise*, 2024, No. 1 (88), pp. 3–13. DOI: <http://doi.org/10.21303/2313-8416.2024.003395>.
- [2] A. Koshlan, O. Salnikova, M. Chekhovska, R. Zhyvotovskiy, Y. Prokopenko, T. Hurskyi, A. Yefymenko, Y. Kalashnikov, S. Petruk, A. Shyshatskyi. Development of an algorithm for complex processing of geospatial data in the special-purpose geoinformation system in conditions of diversity and uncertainty of data. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. Vol. 5. No. 9 (101). 2019. pp. 35–45. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.180197>.

Надійшла до редколегії 15.11.2024