УКРАЇНА

(19) UA (11) 153103 (13) U

(51) МПК (2023.01)
H04B 1/00
H04B 3/60 (2006.01)

НАЦІОНАЛЬНИЙ ОРГАН ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ВЛАСНОСТІ ДЕРЖАВНА ОРГАНІЗАЦІЯ "УКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ОФІС ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ВЛАСНОСТІ ТА ІННОВАЦІЙ"

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: **u 2022 00652**

(22) Дата подання заявки: **14.02.2022**

(24) Дата, з якої є чинними права інтелектуальної власності: **25.05.2023**

(46) Публікація відомостей про державну реєстрацію: **24.05.2023, Бюл.№ 21**

(72) Винахідник(и):
Сова Олег Ярославович (UA),
Налапко Олексій Леонідович (UA),
Журавський Юрій Володимирович (UA),
Шишацький Андрій Володимирович (UA),
Гаценко Сергій Станіславович (UA),
Борисов Ігор Володимирович (UA),
Тарасенко Олександр Володимирович (UA),
Сальнікова Ольга Федорівна (UA),
Одарущенко Олена Борисівна (UA),
Дегтярьова Лариса Миколаївна (UA),
Протас Надія Михайлівна (UA),
Іжутова Ірина Володимирівна (UA),
Прощин Ігор Вікторович (UA)

(73) Володілець (володільці):
Сова Олег Ярославович,
вул. Московська, 45/1, м. Київ-11, 01011 (UA),
Налапко Олексій Леонідович,
просп. Повітрофлотський, 28, м. Київ-168, 03168 (UA),
Журавський Юрій Володимирович,
вул. Михайла Грушевського, 6, кв. 6, м. Житомир, 10003 (UA),
Шишацький Андрій Володимирович,
бул. Перова, 44, кв. 16, м. Київ, 02139 (UA),
Гаценко Сергій Станіславович,
просп. Повітрофлотський, 28, м. Київ-168, 03168 (UA),
Борисов Ігор Володимирович,
вул. Юрія Іллєнка, 81, м. Київ, 04050 (UA),
Тарасенко Олександр Володимирович,
просп. Повітрофлотський, 28, м. Київ-168, 03168 (UA),
Сальнікова Ольга Федорівна,
просп. Повітрофлотський, 28, м. Київ-168, 03168 (UA),
Одарущенко Олена Борисівна,
вул. Сковороди, 1/3, м. Полтава, 36003 (UA),
Дегтярьова Лариса Миколаївна,
вул. Сковороди, 1/3, м. Полтава, 36003 (UA),
Протас Надія Михайлівна,
вул. Сковороди, 1/3, м. Полтава, 36003 (UA),
Іжутова Ірина Володимирівна,
просп. Повітрофлотський, 28, м. Київ-168, 03168 (UA),
Прощин Ігор Вікторович,
просп. Повітрофлотський, 28, м. Київ-168, 03168 (UA)

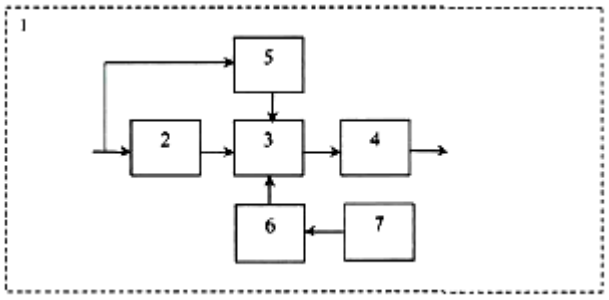
(54) ПРИСТРІЙ ОБРОБКИ РІЗНОТИПНИХ ДАНИХ В СИСТЕМАХ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ З ЕЛЕМЕНТАМИ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

(57) Реферат:

Пристрій обробки різнотипних даних в системах підтримки прийняття рішень з елементами штучного інтелекту містить передавальну частину пристрою обробки різнотипних даних в системах підтримки прийняття рішень з елементами штучного інтелекту та приймальну частину пристрою обробки різнотипних даних в системах підтримки прийняття рішень з елементами штучного інтелекту, причому передавальна частина пристрою обробки різнотипних даних в

UA 153103 U

системах підтримки прийняття рішень з елементами штучного інтелекту та приймальна частина пристрою обробки різнотипних даних в системах підтримки прийняття рішень з елементами штучного інтелекту з'єднані між собою послідовно. Додатково введено блок нейронечіткого експертного прийняття рішень, блок прогнозування, блок навчання баз знань та блок генетичної оптимізації, при цьому приймальна частина пристрою обробки різнотипних даних в системах підтримки прийняття рішень з елементами штучного інтелекту з'єднана послідовно з першим входом блока нейронечіткого експертного прийняття рішень, вихід блока прогнозування з'єднано з другим входом блока нейронечіткого експертного прийняття рішень, вихід блока навчання баз знань з'єднано з третім входом блока нейронечіткого експертного прийняття рішень, вихід блока генетичної оптимізації з'єднано з входом блока навчання баз знань, а вихід блока нейронечіткого експертного прийняття рішень з'єднано з входом передавальної частини пристрою обробки різнотипних даних в системах підтримки прийняття рішень з елементами штучного інтелекту.



Корисна модель належить до галузі спеціальної техніки, зокрема до систем підтримки прийняття рішень. Для системи управління різноманітного призначення є актуальною задачею забезпечення необхідної оперативності та достовірності прийняття рішень.

Відомий пристрій прийняття рішень, що містить блок аналізу та блок прийняття рішень, зв'язані між собою лінією зворотного зв'язку [1].

До недоліків відомого пристрою прийняття рішень належить низька оперативність прийняття рішень.

Найбільш близьким аналогом до корисної моделі є пристрій обробки різнотипних даних в системах підтримки прийняття рішень, що містить передавальну частину пристрою обробки різнотипних даних в системах підтримки прийняття рішень та приймальну частину пристрою обробки різнотипних даних в системах підтримки прийняття рішень, що з'єднані між собою послідовно [2].

Недоліком пристрою обробки різнотипних даних в системах підтримки прийняття рішень, який вибрано за найближчий аналог, є низька ефективність адаптації до динамічної зміни навколишньої обстановки та вхідних даних.

В основу корисної моделі поставлено задачу шляхом додаткового введення до складу пристрою обробки різнотипних даних в системах підтримки прийняття рішень з елементами штучного інтелекту блока нейронечіткого експертного прийняття рішень, блока прогнозування, блока навчання баз знань та блока генетичної оптимізації забезпечити в комплексі підвищення оперативності та достовірності прийняття рішень, можливості адаптації параметрів пристрою обробки різнотипних даних в системах підтримки прийняття рішень з елементами штучного інтелекту до динамічної зміни навколишньої обстановки, забезпечити можливість прогнозування змін навколишньої обстановки та здійснити корегування бази знань систем підтримки прийняття рішень.

Поставлена задача вирішується тим, що в пристрої обробки різнотипних даних в системах підтримки прийняття рішень з елементами штучного інтелекту, що містить передавальну частину пристрою обробки різнотипних даних в системах підтримки прийняття рішень з елементами штучного інтелекту та приймальну частину пристрою обробки різнотипних даних в системах підтримки прийняття рішень з елементами штучного інтелекту, причому передавальна частина пристрою обробки різнотипних даних в системах підтримки прийняття рішень з елементами штучного інтелекту та приймальна частина пристрою обробки різнотипних даних в системах підтримки прийняття рішень з елементами штучного інтелекту з'єднані між собою послідовно, згідно з корисною моделлю, додатково введено блок нейронечіткого експертного прийняття рішень, блок прогнозування, блок навчання баз знань та блок генетичної оптимізації, при цьому приймальна частина пристрою обробки різнотипних даних в системах підтримки прийняття рішень з елементами штучного інтелекту з'єднана послідовно з першим входом блока нейронечіткого експертного прийняття рішень, вихід блока прогнозування з'єднано з другим входом блока нейронечіткого експертного прийняття рішень, вихід блока навчання баз знань з'єднано з третім входом блока нейронечіткого експертного прийняття рішень, вихід блока генетичної оптимізації з'єднано з входом блока навчання баз знань, а вихід блока нейронечіткого експертного прийняття рішень з'єднано з входом передавальної частини пристрою обробки різнотипних даних в системах підтримки прийняття рішень з елементами штучного інтелекту.

Рішення технічної задачі в пристрої обробки різнотипних даних в системах підтримки прийняття рішень з елементами штучного інтелекту (що заявляється), дійсно можливе тому, що:

- введення блока нейронечіткого експертного прийняття рішень дозволяє забезпечити прийняття достовірних рішень з необхідною оперативністю за рахунок зменшення обчислювальної складності;

- введення блока прогнозування дозволяє забезпечити короткострокове прогнозування змін вихідної обстановки з необхідною оперативністю за рахунок представлення зміни оточуючої обстановки в вигляді часових рядів;

- введення блока навчання баз знань дозволить проводити корегування параметрів баз знань та забезпечити необхідну достовірність прийнятих рішень, проводити корегування помилок, що виникають в ході роботи системи підтримки прийняття рішень;

- введення блока генетичної оптимізації дозволить підвищити оперативність навчання баз знань за рахунок використання еволюційних алгоритмів корегування параметрів баз знань.

Суть корисної моделі пояснюється за допомогою креслень, де на кресленні показано блок-схему пристрою обробки різнотипних даних в системах підтримки прийняття рішень з елементами штучного інтелекту, що заявляється.

Пристрій 1 обробки різнотипних даних в системах підтримки прийняття рішень з елементами штучного інтелекту, що заявляється, містить (див. блок-схему на кресл.) приймальну 2 частину пристрою 1 обробки різнотипних даних в системах підтримки прийняття рішень з елементами штучного інтелекту, блок 3 нейронечіткого експертного прийняття рішень пристрою 1 обробки різнотипних даних в системах підтримки прийняття рішень з елементами штучного інтелекту, передавальну 4 частину пристрою 1 обробки різнотипних даних в системах підтримки прийняття рішень з елементами штучного інтелекту та блок 5 прогнозування пристрою 1 обробки різнотипних даних в системах підтримки прийняття рішень з елементами штучного інтелекту, блок 6 навчання баз знань пристрою 1 обробки різнотипних даних в системах підтримки прийняття рішень з елементами штучного інтелекту та блок 7 генетичної оптимізації пристрою 1 обробки різнотипних даних в системах підтримки прийняття рішень з елементами штучного інтелекту.

При цьому в пристрої 1 обробки різнотипних даних в системах підтримки прийняття рішень з елементами штучного інтелекту конструктивні елементи з'єднано між собою таким чином:

- вихід приймальної 2 частини пристрою 1 обробки різнотипних даних в системах підтримки прийняття рішень з елементами штучного інтелекту з'єднано з першим входом блока 3 нейронечіткого експертного прийняття рішень пристрою 1 обробки різнотипних даних в системах підтримки прийняття рішень з елементами штучного інтелекту;
- вихід блока 5 прогнозування пристрою 1 обробки різнотипних даних в системах підтримки прийняття рішень з елементами штучного інтелекту з'єднано з другим входом блока 3 нейронечіткого експертного прийняття рішень пристрою 1 обробки різнотипних даних в системах підтримки прийняття рішень з елементами штучного інтелекту;
- вихід блока 3 нейронечіткого експертного прийняття рішень пристрою 1 обробки різнотипних даних в системах підтримки прийняття рішень з елементами штучного інтелекту з'єднано з входом передавальної 4 частини пристрою 1 обробки різнотипних даних в системах підтримки прийняття рішень з елементами штучного інтелекту;
- вихід блока 6 навчання баз знань пристрою 1 обробки різнотипних даних в системах підтримки прийняття рішень з елементами штучного інтелекту з'єднано з третім входом блока 3 нейронечіткого експертного прийняття рішень пристрою 1 обробки різнотипних даних в системах підтримки прийняття рішень з елементами штучного інтелекту;
- вихід блока 7 генетичної оптимізації пристрою 1 обробки різнотипних даних в системах підтримки прийняття рішень з елементами штучного інтелекту з'єднано з входом блока 6 навчання баз знань пристрою 1 обробки різнотипних даних в системах підтримки прийняття рішень з елементами штучного інтелекту.

Пристрій 1 обробки різнотипних даних в системах підтримки прийняття рішень з елементами штучного інтелекту, (що заявляється) працює таким чином.

На вхід приймальної 2 частини пристрою 1 обробки різнотипних даних в системах підтримки прийняття рішень з елементами штучного інтелекту надходить інформація, яку необхідно обробити, а також ця інформація надходить на вхід блока 5 прогнозування пристрою 1 обробки різнотипних даних в системах підтримки прийняття рішень з елементами штучного інтелекту. З виходу приймальної 2 частини пристрою 1 обробки різнотипних даних в системах підтримки прийняття рішень з елементами штучного інтелекту інформація для обробки надходить на перший вхід блока 3 нейронечіткого експертного прийняття рішень пристрою 1 обробки різнотипних даних в системах підтримки прийняття рішень з елементами штучного інтелекту, а з виходу блока 5 прогнозування пристрою 1 обробки різнотипних даних в системах підтримки прийняття рішень з елементами штучного інтелекту результати прогнозу надходять на другий вхід блока 3 нейронечіткого експертного прийняття рішень пристрою 1 обробки різнотипних даних в системах підтримки прийняття рішень з елементами штучного інтелекту.

Суть прогнозування, що відбувається в блоці 5 прогнозування пристрою 1 обробки різнотипних даних в системах підтримки прийняття рішень з елементами штучного інтелекту, полягає в представленні динаміки зміни оточуючої обстановки в вигляді часових рядів, а також відповідної екстраполяції зміни оточуючої обстановки на певну кількість часових інтервалів вперед.

Основою для роботи блока 3 нейронечіткого експертного прийняття рішень пристрою 1 обробки різнотипних даних в системах підтримки прийняття рішень з елементами штучного інтелекту вибрано 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 нейронечіткого експертного прийняття рішень пристрою 1 обробки різнотипних даних в системах підтримки прийняття рішень з елементами штучного інтелекту має наступну послідовність.

Дія 1. Введення вихідних даних.

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

Формальна модель нейронечіткої бази правил буде мати вигляд (1)

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

де Rule - правило нейронечіткої експертної системи. Кожне правило визначається наступним чином (2)

$Rule =<C \rightarrow S>$, (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):

$C=<C_l,R,C_r>$, (3)

де C_l - лівий вузол умови правила, R - відношення між вузлами правил, C_r - правий вузол умови правила.

Далі розглянемо наведені параметри.

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

$C_r=FC_r||Null||C$, (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.

$FC_l=<L,Z,W>$, (6)

$FC_r=<L,Z,W>$, (7)

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

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

де L - лінгвістична змінна, V- фіксоване значення (9).

$V=T_i||const$, (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 вузловими вершинами $R \subset (C_l \times C_r)$ або $R:C_l \rightarrow C_r$.

Аналогічно параметру C визначається параметр S - наслідок правила.

$S=<S_l,R,S_r>$, (10)

де S_l - лівий вузол наслідку правила, R - відношення між вузлами наслідку правила, S_r - правий вузол наслідку правила.

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

$S_r=FS_r||Null||S$, (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.

$FS_l=<L,Op,W>$, (13)

$FS_r=<L,Op,W>$, (14)

де L- лінгвістична змінна, Op - операція, Op = {:=}, W – значення наслідку.

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

На даному етапі роботи 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 нейронечітких експертних систем, в зазначеній нейронечіткій експертній системі як штучної нейронної мережі пропонується використовувати нейронечітку 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

Крок 3.2. Якщо i>m, то до кроку 3.10.

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

Крок 3.4. Вибрати FC_i. Встановити j=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_t, п FC_j, кінцеву тройку, 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.

З виходу блока 6 навчання баз знань пристрою 1 обробки різнотипних даних в системах підтримки прийняття рішень з елементами штучного інтелекту на третій вхід блока 3 нейронечіткого експертного прийняття рішень пристрою 1 обробки різнотипних даних в системах підтримки прийняття рішень з елементами штучного інтелекту надходить корегувальна послідовність. Основним функціональним призначенням блока 6 навчання баз знань пристрою 1 обробки різнотипних даних в системах підтримки прийняття рішень з елементами штучного інтелекту є корегування синаптичних ваг ШНМ, виду та параметрів функції належності, а також архітектури ШНМ, що покладена в основу функціонування блока 3 нейронечіткого експертного прийняття рішень пристрою 1 обробки різнотипних даних в системах підтримки прийняття рішень.

Разом з тим, для підвищення оперативності навчання баз знань використовується управляюча інформація з виходу блока 7 генетичної оптимізації пристрою 1 обробки різнотипних даних в системах підтримки прийняття рішень з елементами штучного інтелекту.

Розглянемо принцип роботи блока 7 генетичної оптимізації пристрою 1 обробки різнотипних даних в системах підтримки прийняття рішень з елементами штучного інтелекту.

Дія 1. Введення початкових даних: $s(x^{(k)})$ - ненормовані інтервальні часткові критерії альтернатив; s_{min} та s_{max} - значення мінімальної і максимальної альтернатив; kol - кількість ітерацій; d – позиція кроссинговера; q - позиція мутації; w_j - інтервальний коефіцієнт відносної важливості j-го часткового критерію альтернатив, а також визначення початкового розміру популяції P=2p.

Дія 2. Визначення необхідних умов оптимізації:

Дія 3. Формування початкової популяції - особин-батьків (чотири варіанти векторів стану об'єкту аналізу для кожної k-ї альтернативи стану об'єкта) з використанням генератора випадкових чисел:

$$s_1^P\left(x^{(1)}\right)=\left(s_1^{P(1)},s_2^{P(1)},s_3^{P(1)},s_4^{P(1)}\right),s_2^P\left(x^{(2)}\right)=\left(s_1^{P(2)},s_2^{P(2)},s_3^{P(2)},s_4^{P(2)}\right)$$

$$s_1^P\left(x^{(1)}\right)=\left(s_1^{P(1)},s_2^{P(1)},s_3^{P(1)},s_4^{P(1)}\right),s_2^P\left(x^{(2)}\right)=\left(s_1^{P(2)},s_2^{P(2)},s_3^{P(2)},s_4^{P(2)}\right),$$

Формування початкової популяції, в якій хромосоми закодовані в вигляді 8-розрядних наборів значень. Даний вид хромосом дозволяє залишати гени розташованими послідовно після застосування оператора мутації. Збереження безперервного розташування генів дає можливість генетичному оператору схрещування копіювати в дочірню хромосому безперервні ділянки оперативної пам'яті батьківських хромосом, що дозволяє прискорити схрещування.

Дія 4. Перевірка виконання умови. Якщо умова для особин-батьків дотримується, то перехід до дії 8; якщо умова не дотримується, то перехід до дії 3.

Дія 5. Розрахунок ресурсоємності отриманих значень і перевірка умов на неперевищення $res_{доп}$ для кожної особини в початковій популяції:

$$res_i=f(U_{eff}), \quad (15)$$

де U_{eff} - ключові показники ефективності.

Дія 6. Розрахунок функції належності рівня досягнення цілі $s_1^P\left(x^{(1)}\right)=\left(s_1^{P(1)},s_2^{P(1)},s_3^{P(1)},s_4^{P(1)}\right),s_2^P\left(x^{(2)}\right)=\left(s_1^{P(2)},s_2^{P(2)},s_3^{P(2)},s_4^{P(2)}\right)$, що полягає в реалізації ітераційної процедури перерахунку цільових показників на основі розробленої нечіткої когнітивної моделі:

$$s_1^P\left(x^{(1)}\right)=\left(s_1^{P(1)},s_2^{P(1)},s_3^{P(1)},s_4^{P(1)}\right),s_2^P\left(x^{(2)}\right)=\left(s_1^{P(2)},s_2^{P(2)},s_3^{P(2)},s_4^{P(2)}\right). \quad (16)$$

Дія 7. Розрахунок параметра зупинки алгоритму на основі мінімального відхилення рівня досягнення цілі щодо необхідного значення:

$$\Delta\Lambda_{ij}^{targ} = \Lambda_{ij}^{targ} - \Lambda_{iнеоб}^{targ}$$

$$\Delta\Lambda = \min_i \min_j \Delta\Lambda_{ij}^{targ}, \quad (17)$$

Дія 8. Додавання вектора $s_k^P\left(x^{(k)}\right)$ в популяцію.

Дія 9. Здійснення операції однокрапкового кросинговеру над отриманими варіантами векторів k-ої альтернативи $s^P\left(x^{(k)}\right)$ (точка кросинговеру d<4). Вибір особин і формування пар для схрещування відповідно до їх функції придатності. Запропонована в даній роботі процедура відбору реалізована за допомогою механізму адаптації параметрів алгоритму оптимізації.

Якщо ж протягом декількох поколінь більш краща хромосома знадиться, то дисперсія зменшується, в найпростішому випадку, пропорційно числу поколінь:

$D=D_{max}$-ß×g, (18)

де D_{max} - максимальне значення дисперсії; β - коефіцієнт, що визначає швидкість збіжності алгоритму; g - число "невдалих" поколінь.

Математичне сподівання функції розподілу дорівнює значенню функції F_{max}. Випадкова величина X_i є безперервною, на відміну від дискретних значень F_k, k=1,2,…,M, і необхідно вибрати таке значення F_k функції придатності, відстань від якого до F_{max} було б найближче до відстані від X_i до F_{max}:

$$k = \arg\min \left\| F_{max} - X \right| - \left| F_{max} - X \right\|. \quad (19)$$

В даному випадку цим значенням буде F_i. У наступних циклах відбору необхідно враховувати при розгляді значення функції придатності, відповідні особинам, вже відібраним на попередніх циклах. Це забезпечить різноманітність складу популяції.

Описаний механізм формує передумови для елітного відбору, зберігає найкращу зі знайдених хромосом популяції, і використовується в трьох випадках:

- перед етапом кросинговеру для вибору схрещуваних особин;
- перед етапом мутації для вибору особин, що мутують;
- після застосування всіх операторів генетичного алгоритму для відбору найбільш придатних особин в наступне покоління. В результаті операції кросинговеру виходить 12 особин-нащадків:

$$s_1^{\Pi}\left(x^{(1)}\right) = \left(s_1^{P(1)}, s_d^{P(1)}, s_{d+1}^{P(4)}, s_4^{P(4)}\right), s_2^{\Pi}\left(x^{(2)}\right) = \left(s_1^{P(2)}, s_d^{P(2)}, s_{d+1}^{P(3)}, s_4^{P(3)}\right),$$

$$s_3^{\Pi}\left(x^{(1)}\right) = \left(s_1^{P(1)}, s_d^{P(1)}, s_{d+1}^{P(3)}, s_4^{P(3)}\right), s_4^{\Pi}\left(x^{(2)}\right) = \left(s_1^{P(3)}, s_d^{P(3)}, s_{d+1}^{P(1)}, s_4^{P(1)}\right),$$

$$s_5^{\Pi}\left(x^{(1)}\right) = \left(s_1^{P(1)}, s_d^{P(1)}, s_{d+1}^{P(4)}, s_4^{P(4)}\right), s_6^{\Pi}\left(x^{(4)}\right) = \left(s_1^{P(4)}, s_d^{P(4)}, s_{d+1}^{P(1)}, s_4^{P(1)}\right),$$

$$s_7^{\Pi}\left(x^{(2)}\right) = \left(s_1^{P(2)}, s_d^{P(2)}, s_{d+1}^{P(3)}, s_4^{P(3)}\right), s_8^{\Pi}\left(x^{(3)}\right) = \left(s_1^{P(3)}, s_d^{P(3)}, s_{d+1}^{P(2)}, s_4^{P(2)}\right),$$

$$s_9^{\Pi}\left(x^{(2)}\right) = \left(s_1^{P(2)}, s_d^{P(2)}, s_{d+1}^{P(4)}, s_4^{P(4)}\right), s_{10}^{\Pi}\left(x^{(4)}\right) = \left(s_1^{P(4)}, s_d^{P(4)}, s_{d+1}^{P(2)}, s_4^{P(2)}\right),$$

$$s_{11}^{\Pi}\left(x^{(3)}\right) = \left(s_1^{P(3)}, s_d^{P(3)}, s_{d+1}^{P(4)}, s_4^{P(4)}\right), s_{12}^{\Pi}\left(x^{(4)}\right) = \left(s_1^{P(4)}, s_d^{P(4)}, s_{d+1}^{P(3)}, s_4^{P(3)}\right). \quad (20)$$

Оператор кросинговеру (кросовера, схрещування) дозволяє на основі схрещування хромосом батьків створювати хромосоми нащадків. Одноточкове схрещування полягає в розрізуванні хромосом батьків в обраній випадковим чином спільній точці розрізу (розриву) і обмін правими частинами ("хвостами" хромосом).

Дія 10. Додавання вектора $s_h^{\Pi}\left(x^{(k)}\right)$, h = 1,…,12 в популяцію.

Дія 11. Здійснення операції одноточкової мутації отриманих 12 особин-нащадків (точка мутації q < 4). З приходом особи-нащадка шляхом мутації виходить нова особина-нащадок з мутованими генами $s_1^{M}\left(x^{(1)}\right) = \left(s_1^{M}, s_q^{M}, s_{q+1}^{M}, s_4^{M}\right)$. Аналогічним чином дана операція проводиться і над іншими особинами-нащадками. Оператор мутації дозволяє випадково вносити зміни в особини, які згодом набувають нових властивостей.

Дія 12. Здійснення нормування часткових критеріїв $p_j^{норм}\left(x^{(k)}\right)$, в тому числі і очікувана вартість альтернатив для кожної k-ї альтернативи оцінювання стану об'єкта за формулою:

$$c_j\left(x^{(k)}\right) = \left[c_{j1}\left(x^{(k)}\right), c_{j2}\left(x^{(k)}\right), c_{j3}\left(x^{(k)}\right), c_{j4}\left(x^{(k)}\right)\right],$$

$$p_j^{норм}\left(x^{(k)}\right)=\left[\frac{c_{j1}\left(x^{(k)}\right)}{c_j^{max}},\frac{c_{j2}\left(x^{(k)}\right)}{c_j^{max}},\frac{c_{j3}\left(x^{(k)}\right)}{c_j^{max}},\frac{c_{j4}\left(x^{(k)}\right)}{c_j^{max}}\right],c_j^{max}=\max_{1\le k\le m}\left\{c_{j4}^{(k)}\right\}, \quad (21)$$

де $c_{j1}\left(x^{(k)}\right)$, $c_{j4}\left(x^{(k)}\right)$ - песимістична та оптимістична оцінки границь інтервалів, $c_{j2}\left(x^{(k)}\right)$, $c_{j3}\left(x^{(k)}\right)$ - інтервал найбільш очікуваних значень.

Розрахунок інтервальних коефіцієнтів $w_j^{норм}$ відносної важливості часткових критеріїв за формулою: $w_j^{норм}=\frac{w_j}{\sum_{j=1}^{n}w_j}, j=\overline{1,n}$ (22)

де w_j - інтервальний коефіцієнт відносної важливості j-го частки критерію, який може бути представлений у вигляді інтервалів, нечітких трикутних, трапецієподібних чисел та багатогранноподібних чисел.

Дія 13. Розрахунок значень цільової функції для всіх особин популяції, а саме - для всіх варіантів векторів очікуваної стану об'єкта.

Дія 14. Відбір чотирьох особин (чотирьох векторів) з 12 можливих з найбільшими значеннями цільової функції, які будуть батьками для наступної ітерації (покоління), або ж у разі виконання всіх ітерації - результатом обчислень.

Оскільки в запропонованому завданні розглядаються чотири альтернативи оцінки стану об'єкта, то відбирається всього чотири вектори очікуваного стану. Відбір особин виробляється рангових методом, тобто особини популяції ранжуються за значенням їх функції пристосованості (ранжування проводиться по зростанню величин). Так як оцінки узагальненої корисності $P\left(x^{(k)}\right)$ представлені в вигляді трапецієподібних нечітких чисел, то для вибору прийнятної альтернативи стану об'єкта застосовується метод Чію-Парку.

Дія 15. Збереження отриманих результатів.

Дія 16. Перевірка виконання умови. Якщо умова виконання $N_{it}\ge N_{itдоп}$ кількості ітерацій дотримується, то перехід до дії 17; якщо умова не дотримується, то перехід до дії 8.

Дія 17. Вивід результатів (вектори альтернатив $s\left(x^{(k)}\right)$ і багатокритеріальної оцінки $Cp\left(P\left(x^{(k)}\right)\right)$ для кожної k-ї альтернативи).

Дія 18. Вибір прийнятної альтернативи. Прийнятною альтернативою вважається та, у якій узагальнена корисність є найбільшою. Кінець алгоритму.

Оброблена інформація з виходу блока 3 нейронечіткого експертного прийняття рішень пристрою 1 обробки різнотипних даних в системах підтримки прийняття рішень з елементами штучного інтелекту надходить на вхід передавальної 4 частини пристрою 1 обробки різнотипних даних в системах підтримки прийняття рішень з елементами штучного інтелекту для подальшої передачі споживачу.

Підвищення оперативності та достовірності прийняття рішень, можливість прогнозування змін оточуючої обстановки досягається за рахунок введення блока нейронечіткого експертного прийняття рішень пристрою обробки різнотипних даних в системах підтримки прийняття рішень, блока навчання баз знань пристрою обробки різнотипних даних в системах підтримки прийняття рішень, блока генетичної оптимізації пристрою обробки різнотипних даних в системах підтримки прийняття рішень та блока прогнозування пристрою обробки різнотипних даних в системах підтримки прийняття рішень.

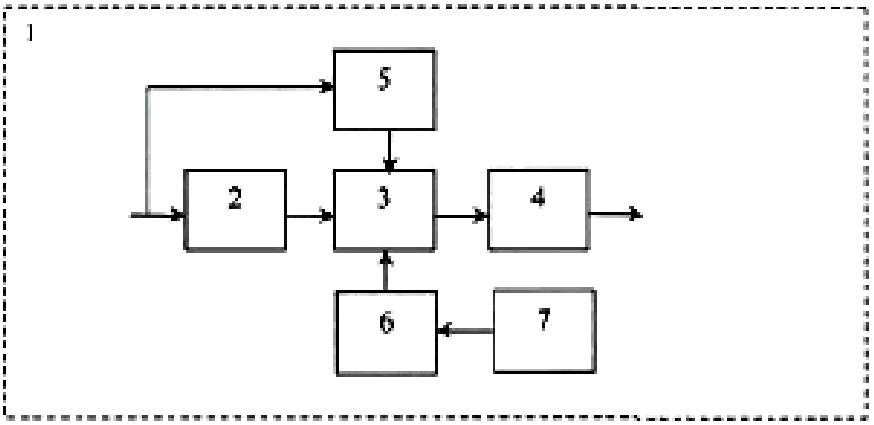
Джерела інформації:

1. Патент РФ "Устройство принятия решений для ориентации слепых и глухих" №166374 від 20.11.2016, бюл. № 32. Режим доступу: https://patentimages.storage.googleapis.com/52/ff/5e/98e92985a973af/RU166374U1.pdf - аналог.

2. A. Koshlan, O. Salnikova, M. Chekhovska, R. Zhyvotovskyi, 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. 16-27. DPI: https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.180197. - найближчий аналог.

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Пристрій обробки різнотипних даних в системах підтримки прийняття рішень з елементами штучного інтелекту, що містить передавальну частину пристрою обробки різнотипних даних в системах підтримки прийняття рішень з елементами штучного інтелекту та приймальну частину пристрою обробки різнотипних даних в системах підтримки прийняття рішень з елементами штучного інтелекту, причому передавальна частина пристрою обробки різнотипних даних в системах підтримки прийняття рішень з елементами штучного інтелекту та приймальна частина пристрою обробки різнотипних даних в системах підтримки прийняття рішень з елементами штучного інтелекту з'єднані між собою послідовно, який **відрізняється** тим, що додатково введено блок нейронечіткого експертного прийняття рішень, блок прогнозування, блок навчання баз знань та блок генетичної оптимізації, при цьому приймальна частина пристрою обробки різнотипних даних в системах підтримки прийняття рішень з елементами штучного інтелекту з'єднана послідовно з першим входом блока нейронечіткого експертного прийняття рішень, вихід блока прогнозування з'єднано з другим входом блока нейронечіткого експертного прийняття рішень, вихід блока навчання баз знань з'єднано з третім входом блока нейронечіткого експертного прийняття рішень, вихід блока генетичної оптимізації з'єднано з входом блока навчання баз знань, а вихід блока нейронечіткого експертного прийняття рішень з'єднано з входом передавальної частини пристрою обробки різнотипних даних в системах підтримки прийняття рішень з елементами штучного інтелекту.



Комп'ютерна верстка М. Мацело

ДО "Український національний офіс інтелектуальної власності та інновацій", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601