

## ТЕХНОЛОГІЯ ЗАХИСТУ СИСТЕМ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ТА СХЕМ РЕГУЛЮВАННЯ

Захисту від виходу змінних за дозволені межі потребують, наприклад, системи керування складними технічними об'єктами та технологічними процесами, автоматизовані системи управління підприємством (АСУП), системи автоматичного та автоматизованого регулювання електроприводом, системи штучного інтелекту з дистанційною безпроводною передачею даних, наприклад, з датчиками у вигляді браслетів для нагляду за хворими, дітьми, людьми похилого віку, інвалідами тощо всі керуючі системи штучного інтелекту та схеми регулювання з вхідним вектором числових змінних  $X=(x_1, x_2, \dots, x_j, \dots, x_n)$  при його відомих дозволених верхніх  $X^B=(x^B_1, x^B_2, \dots, x^B_j, \dots, x^B_n)$ , середніх  $X^0=(x^0_1, x^0_2, \dots, x^0_j, \dots, x^0_n)$  та нижніх  $X^H=(x^H_1, x^H_2, \dots, x^H_j, \dots, x^H_n)$  значеннях змінних, які по кожній осі координат  $x_j$  змінюються у межах двох заданих експертом діапазонів  $x_j = x^H_j \dots x^0_j$  та  $x_j = x^0_j \dots x^B_j$ , для яких  $(x^H_j \leq x^0_j \leq x^B_j)$ ,  $j = 1, 2, \dots, n$ .

Загальним недоліком існуючих керуючих систем штучного інтелекту є те, що сигнал про перехід в інший стан (наприклад, з нормального в аварійний стан) подається датчиком системи штучного інтелекту лише у випадку, коли значення змінної виходить за межі дозволених експертом діапазонів змінних по кожній окремій координатній осі  $x_j$ .

Для підвищення ефективності роботи керуючої системи штучного інтелекту і схем автоматичного чи автоматизованого регулювання пропонується застосувати загальну згорнуту оцінку стану  $z_1=0\dots 1$  з використанням формули контролю стану у вигляді гіпереліпсоїда, як окремої функції мети інтелектуальної системи, пов'язаної з контролем граничних заданих експертом значень змінних в дозволених діапазонах.

**Ключові слова:** стан системи; штучний інтелект; гіпереліпсоїд; обмеження значень змінних; електричні схеми управління та захисту.

Постановка проблеми. Контроль стану керуючої системи штучного інтелекту з вхідним вектором числових змінних  $X=(x_1, x_2, \dots, x_j, \dots, x_n)$  при його відомих дозволених верхніх  $X^B=(x^B_1, x^B_2, \dots, x^B_j, \dots, x^B_n)$ , середніх  $X^0=(x^0_1, x^0_2, \dots, x^0_j, \dots, x^0_n)$  та нижніх  $X^H=(x^H_1, x^H_2, \dots, x^H_j, \dots, x^H_n)$  значеннях змінних, які по кожній осі координат  $x_j$  змінюються у межах двох заданих експертом діапазонів  $x_j = x^H_j \dots x^0_j$  та  $x_j = x^0_j \dots x^B_j$ , для яких  $(x^H_j \leq x^0_j \leq x^B_j)$ ,  $j = 1, 2, \dots, n$ , потребують інтелектуальні системи автоматизованого керування складними технічними об'єктами та технологічними процесами, автоматизовані системи управління підприємством (АСУП), системи автоматичного та автоматизованого регулювання електроприводом, системи з дистанційною безпроводною передачею даних з датчиками у вигляді браслетів для нагляду за хворими, дітьми, людьми похилого віку, інвалідами; системи моніторингу фізичного стану людини в спортивній і відновлювальній медицині, в курортології тощо.

Загальним недоліком існуючих керуючих систем штучного інтелекту є те, що сигнал про перехід в інший стан (наприклад, з нормального в аварійний стан) подається датчиком системи штучного інтелекту лише у випадку, коли значення змінної виходить за межі дозволених експертом діапазонів змінних по

кожній окремій координатній осі  $x_j$  [1, 2, 3]. Випадок, коли кілька контрольованих змінних  $x_j$  загрозливо наближуються до заданих меж (без перетинання їх границь), не викликає захисної реакції керуючої системи.

Цей недолік зменшує ефективність роботи керуючої систем штучного інтелекту. Наприклад, при умові не перетинання змінними заданих границь, система автоматичного захисту дизеля може не реагувати на одночасне загрозливе підвищення температури охолоджувальної води та температури змащувального мастила, або система нагляду за хворою людиною може не реагувати на загрозливе одночасне підвищення температури тіла та частоти дихання пацієнта [4; 5; 6].

Метою роботи є підвищення ефективності роботи систем керування штучного інтелекту, регулювання та захисту автоматичної чи автоматизованої системи з можливістю візуального геометричного контролю в багатовимірному просторі згорнутої оцінки стану керованого об'єкта або системи у відносних одиницях на моніторі, при наданні аварійного сигналу загрози у випадках:

– перевищення будь-яким з параметрів дозволеної межі;

– зміни кількох параметрів, які, не переходячи заборонені границі, загрозово наближаються до цих границь.

Аналіз досліджень і публікацій.

Аналогічні проблеми розглянуті в роботах [4; 5], але їх недоліком є те, що стан системи розглядається в абсолютних значеннях змінних.

Виклад основного матеріалу.

Нижче, як приклад, розглядаються інтелектуальні системи по нагляду за даними хворих людей. Вважаємо, що лікар використовує наступні оцінки тяжкості стану пацієнтів: задовільне, середньої тяжкості, тяжке, дуже тяжке і вкрай тяжке. При цьому ураховуються не всі без винятку сигнали, які практично можуть використовуватись в реальних системах нагляду за пацієнтами, а лише визначені лікарем життєво важливі поточні вхідні сигнали, контроль і обробка яких, згідно висновку лікаря, є необхідними для пацієнта при заданій тяжкості захворювання, наприклад: температура, частота серцебиття та дихання, тиск крові тощо. До другорядних сигналів, які в окремих випадках згідно рішення лікаря не розглядаємо як життєво важливі, можна віднести звуковий сигнал серцебиття, голосовий зв'язок пацієнта з обслуговуючим персоналом, сигнал про особисті потреби, сигнал про місце знаходження пацієнта, питання захисту приватної інформації та ін.

Контроль стану систем штучного інтелекту розглядається у кількох напрямках аналізу.

1. Оцінка стану системи на основі формули гіпереліпсоїда з використанням його центра тяжіння. Згор-

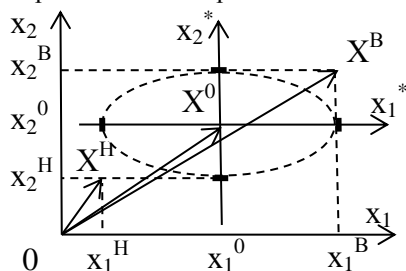


Рис. 1. Розміщення «гіпереліпсоїду» у випадку двох змінних

Пропонований контроль стану керуючої системи штучного інтелекту підвищує ефективність її роботи, оскільки вказана формула (1) контролює евклідову відстань у відносних одиницях між довільним вхідним вектором X та середнім заданим експертом вектором гіпереліпсоїда  $X_0=(x_{01}, x_{02}, \dots, x_{0j}, \dots, x_{0n})$ , де  $x_{0j}$  і або визначається практикою, або суб'єктивно визначається експертом, або розраховується по формулі  $x_{0j}=0,5(x_{Hj} + x_{Bj})$ .

Особливістю згорнутої відносної оцінки стану за формулою гіпереліпсоїда (1) є отримання сигналу  $z_1=0\dots 1$ , якщо координати системи штучного інтелекту знаходяться в межах гіпереліпсоїда (не виходять за вказані штриховою лінією межі рис. 1) та приймає значення  $z_1>1$  у випадку порушення дозволеної границі. Оптимальним вважається стан  $z_1=0$ .

2. Оцінка стану системи на основі формули гіпереліпсоїда з використанням центра, заданого експертом. В практичних задачах зустрічаються випадки, коли

нута оцінка стану на основі формули гіпереліпсоїда може використовуватись як функція мети інтелектуальної системи, що пов'язана з контролем граничних заданих експертом значень координат у вигляді рівності

$$z_1 = \sqrt{\sum_{j=1}^n \left( k_j \frac{x_j - x_j^0}{\Delta x_j} \right)^2}, \quad (1)$$

де  $j = 1, 2, \dots, n$  – порядковий номер поточної числової змінної  $x_j$ ;  $k_j = 0\dots 1$  – заданий експертом коефіцієнт впливу змінної  $x_j$  на згорнуту оцінку стану інтелектуальної системи  $z_1$ ;  $\Delta x_j = 0,5(x_{jB} - x_{jH})$ ,  $j = 1, 2, \dots, n$ , – довжина півосі гіпереліпсоїда (максимально дозволене експертом відхилення від середнього значення  $x_j^0$  змінної  $x_j$  у заданому експертом діапазоні від  $x_j = x_{jH}$  до  $x_j = x_{jB}$ ), вздовж якої вказана згорнута оцінка  $z_1$  змінюється від 0 (при  $x_j = x_j^0$ ) до 1 (при  $|x_j| = |\Delta x_j|$ ).

Приклад універсуму, для якого визначається згорнута оцінка в просторі двох змінних, наведена на рис. 1, для якого гіпереліпсоїд перетворюється у еліпс.

У даному випадку значення змінних вхідного вектора X по кожній осі координат  $x_j$  змінюються у межах діапазонів від  $x_j = x_{jH}$  до  $x_j = x_{j0}$  та від  $x_j = x_{j0}$  до  $x_j = x_{jB}$ , при  $x_{jH} \leq x_{j0} \leq x_{jB}$  і для яких хоча б по одній осі виконується нерівність абсолютних значень

$$|x_{j0} - x_{jH}| = |x_{jB} - x_{j0}| \neq |x_{i0} - x_{iH}| = |x_{iB} - x_{i0}|, \quad \text{де } i \neq j, i = 1, 2, \dots, n, j = 1, 2, \dots, n.$$

оптимальні значення змінних вхідного вектора X при заданих експертом верхніх  $X^B=(x_{B1}, x_{B2}, \dots, x_{Bj}, \dots, x_{Bn})$  та дозволених нижніх  $X^H=(x_{H1}, x_{H2}, \dots, x_{Hj}, \dots, x_{Hn})$  значеннях, знаходяться не посередині вказаного діапазону.

Наприклад, оптимальною (центральною) температурою пацієнта є  $x_{C01} = 36,60^\circ\text{C}$ , високою температурою може вважатись  $x_{B1} = 370^\circ\text{C}$ , а низькою –  $x_{H1} = 350^\circ\text{C}$ . В таких випадках ураховують задані експертом центральні значення змінних  $X_{C0}=(x_{C01}, x_{C02}, \dots, x_{C0j}, \dots, x_{C0n})$ . В результаті по кожній осі змінні координат  $x_j$  змінюються у межах двох заданих експертом дозволених діапазонів (від  $x_j = x_{jH}$  до  $x_j = x_{j0}$  та від  $x_j = x_{j0}$  до  $x_j = x_{jB}$ , при  $x_{jH} \leq x_{j0} \leq x_{jB}$  і для яких хоча б по одній осі виконується нерівність абсолютних значень  $|x_{j0} - x_{jH}| \neq |x_{j0} - x_{jB}|$ ,  $j = 1, 2, \dots, n$ .

В цьому разі контроль виконується за формулою згорнутої відносної оцінки стану інтелектуальної системи, яка дорівнює евклідовій відстані у відносних

одинацях вхідного вектора  $X$  від заданих експертом центрах у діапазонах гіпереліпсоїда  $X_{C0}=(x_{C01}, x_{C02}, \dots, x_{C0j}, \dots, x_{C0n})$ , і розраховується за формулою

$$z_2 = \sqrt{\sum_{j=1}^n \left( k_j \frac{x_j - x_j^{C0}}{\Delta x_j^{BH}} \right)^2}, \quad (2)$$

де  $j = 1, 2, \dots, n$  – порядковий номер поточної числової змінної  $x_j$ ,  $k_j = 0 \dots 1$  – заданий експертом коефіцієнт впливу змінної  $x_j$  на згорнуту оцінку стану інтелектуальної системи  $z_3$ ,  $x_j = (x_{jH} \dots x_{jC0} \dots x_{jB})$  – задані експертом два дозволені для інтелектуальної системи діапазони зміни змінної  $x_j$  відносно заданого центру оптимального значення  $x_{jC0}$  при  $(x_{jH} \leq x_{jC0} \leq x_{jB})$ ,  $x_{jC0}$  – визначене експертом центральне значення змінної  $x_j$  для інтелектуальної системи у заданих експертом діапазонах  $(x_{jH} \dots x_{jC0} \dots x_{jB})$  при  $(x_{jH} \leq x_{jC0} \leq x_{jB})$ ,  $x_{jB}$ ,  $x_{jH}$  – верхнє та нижнє дозволені числові значення змінної  $x_j$  у заданих експертом для інтелектуальної системи діапазонах  $(x_{jH} \dots x_{jC0} \dots x_{jB})$  при  $(x_{jH} \leq x_{jC0} \leq x_{jB})$ ,  $x_j = (x_{jC0} \dots x_{jB})$  – дозволений експертом діапазон збільшення змінної  $x_j$  відносно центрального значення  $x_{jC0}$ ,  $x_j = (x_{jH} \dots x_{jC0})$  – дозволений експертом діапазон зменшення змінної  $x_j$  відносно центрального значення  $x_{jC0}$ ,  $\Delta x_j^{BH}$  – дозволене експертом найбільше відхилення від центрального значення  $x_{jC0}$  змінної  $x_j$ , яке відповідає формулам  $\Delta x_j^{BH} = (x_{jB} - x_{jC0})$ , якщо  $x_{jC0} < x_j \leq x_{jB}$ , та  $\Delta x_j^{BH} = (x_{jC0} - x_{jH})$ , якщо  $x_{jH} \leq x_j < x_{jC0}$ .

3. Оцінка стану системи на основі формули гіперкулі з використанням її центра тяжіння. При довільних заданих експертом діапазонах для зміни змінних, осі гіпереліпсоїда за рахунок введених масштабів можна зробити однаковими за числовими значеннями. В результаті гіпереліпсоїд перетворюється на гіперкулю, формула якої використовується як відносна згорнута оцінка стану інтелектуальної системи і дорівнює евклідовій відстані у відносних одиницях від вхідного вектора  $X=(x_1, x_2, \dots, x_j, \dots, x_n)$  до вектора центру  $X_C=(x_{C1}, x_{C2}, \dots, x_{Cj}, \dots, x_{Cn})$  гіперкулі, яка є окремим випадком гіпереліпсоїда

$$z_3 = \sqrt{\sum_{j=1}^n \left( \frac{k_j m_j (x_j - x_j^C)}{R} \right)^2},$$

де  $m_j = R / [0,5m_j(x_{jB} - x_{jH})]$  – масштаб для кожної координатної осі, розрахований експертом по заданому їм радіусу  $R = \text{const}$  (в окремому випадку значення  $m_j$  може дорівнювати 1);  $R = 0,5m_j(x_{jB} - x_{jH}) = \text{const}$ ,  $j = 1, 2, \dots, n$ , – постійне числове значення довжини радіусу гіперкулі  $R$  – максимального відхилення від середнього значення  $x_j^C$  змінної  $x_j$  у заданому експертом діапазоні  $m_j(x_{jH} \dots x_{jB})$ ;  $x_j^C = 0,5(x_{jB} + x_{jH})$  – координата центру тяжіння гіперкулі – середнє значення для всіх змінних  $x_j$  у заданому експертом діапазоні  $(x_{jH} \dots x_{jB})$ .

4. Оцінка стану системи при розділі згорнутої оцінки на  $E$  під діапазонів. Діапазони значень розглянутих згорнутих оцінок є однаковим  $z_\lambda = 0 \dots 1$ , де  $\lambda = 1, 2, 3$ , і може бути розділені експертом на  $E$  під діапазонів, з наданням кожному з  $E$  під діапазонів вихідно-

го значення у вигляді відповідного елемента вектора  $Y = (y_1, y_2, \dots, y_e, \dots, y_E)$ ,  $e = 1, 2, \dots, E$ , всі елементи якого призначені для отримання значення 0, за вилученням одного елемента вектора  $Y$ , у діапазон якого попало розраховане поточне значення виходу вхідного оператора  $z_\lambda$  і який приймає значення 1 згідно алгоритму

For e:=1 to E do  $y_e=0$ ;

For e:=1 to E do Begin

If  $((Z_e - 1 > z_\lambda)$  and  $(z_\lambda \leq Z_e))$  then  $y_e:=1$ ; End;

де  $Z_0 \leq Z_1 \leq Z_2 \leq \dots \leq Z_{e-1} \leq Z_e \leq Z_{e+1} \leq \dots \leq Z_E$ ;  $Z_0 = 0$ ;  $Z_E = 1$ ,  $e = 0, 1, 2, \dots, E$  – порядкові номери ряду різних за розмірами геометрично подібних вкладених один в одний гіпереліпсоїдів або гіперкуль з однаковим центром координат та однаковими напрямками осей координат;  $e = 0$  – порядковий номер початкового умовного «гіпереліпсоїда» чи «гіперкулі», які мають геометричний вигляд точки;  $Z_0 = 0$  – еталонне «верхнє» граничне значення діапазону умовного початкового «гіпереліпсоїда» чи «гіперкулі», які мають геометричний вигляд точки;  $Z_e = 0 \dots 1$ ,  $e = 1, 2, \dots, E$  – задане експертом у діапазоні  $(0 \dots 1)$  верхнє граничне числове значення  $e$  – го піддіапазону при  $e > 0$ ,  $Z_E = 1$  – задане експертом верхнє граничне числове значення, яке звичайно приймається рівним 1.

5. Двійкова згорнута оцінка стану інтелектуальної системи отримується у вигляді значення  $y=1$ , якщо  $z_\lambda \leq Z$ , або  $y=0$ , якщо  $z_\lambda > Z$ , згідно алгоритму  $y:=1$ ; if  $z_\lambda > Z$  then  $y:=0$ ;

де  $Z$  – задане експертом у максимальна можлива змінна  $z_\lambda$ ,  $\lambda = 1, 2, 3$ , (звичайно  $Z = 1$ ).

6. Для зручності розрахунків згорнуті оцінки можуть розглядатись у вигляді  $z_\lambda = 1 - z_\lambda$ ,  $\lambda = 1, 2, 3$ .

7. Крім розглянутої функції мети у вигляді згорнутої оцінки з описом стану  $z_\lambda$ ,  $\lambda = 1, 2, 3$ , що призначені для контролю значень змінних вхідного вектора  $X$ , система штучного інтелекту може мати другу функцію мети  $F$ , призначену для опису її призначення, наприклад, у вигляді рівняння, яке описує прибуток

$$F = \sum_{j=1}^n a_j x_j,$$

де  $a_j$  – прибуток на 1 шт. виробу;  $x_j$  загальна кількість виробів.

Тоді максимальне значення добутку  $y = (1 - z_\lambda)F$  ураховує спрямування до оптимуму обох функцій мети.

8. Всі вище розглянуті згорнуті оцінка стану керуючої системи штучного інтелекту  $z_\lambda$ ,  $\lambda = 1, 2, 3$ , змінюються у межах  $z_\lambda = 0 \dots 1$  у заданих діапазонах змінних  $x_j = x_{jH} \dots x_{jB}$ ,  $j = 1, 2, \dots, n$ , та приймають значення  $z_\lambda > 1$  у випадку виходу за вказані експертом межі. Оптимальним вважається режим зі згорнутою оцінкою  $z_\lambda = 0$ . Згорнуті оцінки  $z_\lambda$ ,  $\lambda = 1, 2, 3$ , можуть використовуватись також і в неймережах.

9. Замість функції опису стану  $z_\lambda$ ,  $\lambda = 1, 2, 3$ , можна використовувати одну з перелічених нижче відомих базисних функцій. Нижче, на відміну від стандартного вигляду цих базисних функцій [7; 8, с. 229–238], у їх формули  $q_1(X)$ ,  $q_2(X)$ ,  $q_3(X)$  штучно додана 1 для того, щоб геометричний образ їх графіка не відрізнявся від форми графіка  $z_\lambda$ ,  $\lambda = 1, 2, 3$ . В результаті базисні функції приймають вигляд:

– гауссова функція

$$q_1(X) = 1 - \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \left\{ \exp \left[ -\frac{(x_j - x_j^0)^2}{0,25(x_j^B - x_j^H)^2} \right] \right\},$$

– зворотна мультікватрична функція

$$q_2(X) = 1 - \left\{ \frac{1}{na^2} \sum_{j=1}^n \left[ \frac{(x_j - x_j^0)^2}{0,25(x_j^B - x_j^H)^2} + a^2 \right] \right\}^{-1/2}$$

;

– функція Коші

$$q_3(X) = 1 - \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n (1 + |x_j - x_j^0|)^{-1}$$

Висновки:

1. Запропонований контроль стану системи штучного інтелекту у вигляді значення евклідової відстані у відносних одиницях між довільним вхідним вектором  $X$  та середнім заданим експертом вектором гіпереліпсоїда  $X^0$ , який визначається на основі заданих експертом обмежень універсуму об'єктів.

2. В складних технічних та інтелектуальних системах доцільно використовувати описану більш ефективну інформаційну технологію їх захисту.

3. Розглянутий підхід дозволяє створити багатифункціональний датчик захисту інтелектуальної системи в багатовимірному просторі, в тому числі – і в нейронних системах.

4. Розглянуті випадки аналізу станів, коли задані експертом обмеження значень змінних входять у поверхню гіпереліпсоїда, гіпершару та ін.

5. Згорнута оцінка стану керуючої системи штучного інтелекту  $z\lambda$ ,  $\lambda = 1, 2, 3$ , змінюється у межах  $z1=0 \dots 1$  у заданих діапазонах змінних  $x_j = x_j^H \dots x_j^B$ ,  $j = 1, 2, \dots, n$ , та приймає значення  $z1>1$  у випадку виходу за межі, вказані експертом. Оптимальним вважається режим зі згорнутою оцінкою  $z1=0$ .

6. Якщо система штучного інтелекту, крім згорнутої оцінки з описом стану  $z\lambda$ ,  $\lambda = 1, 2, 3$ , що призначена для контролю значень змінних вхідного вектора  $X$ , має другу функцію мети  $F$ , призначену для опису її призначення (наприклад,  $F$  означає максимальне значення добутку), то добуток  $u = (1-z\lambda)F \rightarrow \max$  ураховує спрямування до оптимуму обох функцій мети.

7. Підвищена ефективність роботи систем керування штучного інтелекту, регулювання та захисту автоматичної чи автоматизованої системи з можливістю візуального геометричного контролю в багатовимірному просторі згорнутої оцінки стану керованого об'єкта або системи у відносних одиницях на моніторі, при наданні аварійного сигналу загрози у випадках:

– перевищення будь-яким з параметрів дозволеної межі;

– зміни кількох параметрів, які, не переходячи заборонені границі, загрозливо наближаються до цих границь.

#### Список використаних джерел

1. Качмар В. О. Медичні інформаційні системи – стан розвитку в Україні / В. О. Качмар // Український журнал телемедицини та медичної телематики. – 2010.
2. Чурпій І. К. Сучасний стан інформатизації в медицині / І. К. Чурпій, Н. В. Чурпій, В. Д. Скрипко // Буковинський медичний вісник, 2011.
3. Олексієнко М. М. Інформаційна система прогнозування захворювання населення під впливом шкідливих домішок оточуючого середовища / М. М. Олексієнко // Управління розвитком складних систем. Зб. наук. праць, 2011. – Вип. 7.
4. Кутковецький В. Я., Турти М. Ю., Гриза О. В. Узагальнений медичний датчик для інтелектуальних систем (тези) // Всеукраїнська науково-методична конференція «Могилянські читання 2016». Збірник тез. Том 5. Технічні науки. Комп'ютерні науки. 14–18 листопада 2016 р. – Миколаїв, 2016. – С. 76–78.
5. Кутковецький В. Я., Турти М. Ю., Гриза О. В. Гранульований геометричний образ хвороби в  $n$ -вимірному просторі // Наукові праці: Науково-методичний журнал. – Вип. 271. – Т. 283. Серія: «Комп'ютерні технології». – Миколаїв: Вид-во ЧДУ ім. Петра Могили, 2016. – С. 9–15.
6. Кутковецький В. Я., Турти М. Ю., Гриза О. В. Узагальнений медичний датчик для інтелектуальних систем // Наукові праці: Науково-методичний журнал. – Вип. 271. – Т. 283. Серія: «Комп'ютерні технології». – Миколаїв: Вид-во ЧДУ ім. Петра Могили, 2016. – С. 78–82.
7. Айзерман М. А., Браверман Э. М. и Розоноэр Л. И. Метод потенциалных функций в теории обучения машин. – М.: Наука, 1970. – 384 с.
8. Руденко О. Г., Бодянский С. В. Штучні нейронні мережі. – Харків: ТОВ «Компанія СМІТ», 2006. – 404 с.

**В. Я. Кутковецький,**

ЧНУ ім. П. Могили, г. Николаев, Украина

**М. Ю. Турты**

#### ТЕХНОЛОГИЯ ЗАЩИТЫ СИСТЕМ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА И СХЕМ РЕГУЛИРОВАНИЯ

Защиты от выхода переменных за дозволенные границы нуждаются, например, системы управления сложными техническими объектами и технологическими процессами, автоматизированные системы управления предприятием (АСУП), системы автоматического и автоматизированного регулирования электроприводом, системы искусственного интеллекта с дистанционной беспроводной передачей данных, например, с датчиками в виде браслетов для наблюдения за больными, детьми, стариками, инвалидами и т. д., все управляющие системы искусственного интеллекта и схемы регулирования с входным вектором числовых переменных  $X = (x_1, x_2, \dots, x_j, \dots, x_n)$  при его известных разрешенных верхних  $X^B = (x_1^B, x_2^B, \dots, x_j^B, \dots, x_n^B)$ , средних  $X^0 = (X_1^0, X_2^0, \dots, x_j^0, \dots, x_n^0)$  и нижних  $X^H = (x_1^H, x_2^H, \dots, x_j^H, \dots, x_n^H)$ .

$x_n^H$ ) значениях переменных, по каждой оси координат  $x_j$  изменяются в пределах двух заданных экспертом диапазонов  $x_j = x_j^H \dots x_j^0$  и  $x_j = x_j^0 \dots x_j^B$ , для которых ( $x_j^H \leq x_j^0 \leq x_j^B$ ),  $j = 1, 2, \dots, n$ .

Общим недостатком существующих управляющих систем искусственного интеллекта является то, что сигнал о переходе в другое состояние (например, из нормального в аварийное состояние) подается датчиком системы искусственного интеллекта только в случае, когда значение переменной выходит за пределы разрешенных экспертом диапазонов переменных по каждой отдельной координатной оси  $x_j$ .

Для повышения эффективности работы управляющей системы искусственного интеллекта и схем автоматического или автоматизированного регулирования предлагается применить общую свернутую оценку состояния  $z_1 = 0 \dots 1$  с использованием формулы контроля состояния в виде гиперэллипсоида, как отдельной функции цели интеллектуальной системы, связанной с контролем предельных заданных экспертом значений переменных в разрешенных диапазонах.

**Ключевые слова:** состояние системы; искусственный интеллект; гиперэллипсоид; ограничения значений переменных; электрические схемы управления и защиты.

V. Ya. Kutkovetsky,

Petro Mohyla Black Sea National University, Mykolayiv, Ukraine

M. Yu. Turty,

## TECHNOLOGY OF PROTECTION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE SYSTEMS AND REGULATION SCHEMES

Protection from the excess of variables the permitted boundaries requires, for example, control systems for complex technical objects and technological processes, automated enterprise control systems, automatic and automated control systems for electric drives, artificial intelligence systems with remote wireless data transmission, for example, with sensors in the form of bracelets for monitoring patients, children, the elderly, disabled, etc., all control systems of artificial intelligence and control electrical schemes with the input vector of numerical variables  $X=(x_1, x_2, \dots, x_j, \dots, x_n)$  with its known resolved upper  $X^B=(x_1^B, x_2^B, \dots, x_j^B, \dots, x_n^B)$ , means  $X^0=(x_1^0, x_2^0, \dots, x_j^0, \dots, x_n^0)$  and lower  $X^H=(x_1^H, x_2^H, \dots, x_j^H, \dots, x_n^H)$  values of the variables, for each coordinate axis  $x_j$  vary within the limits of two given expert of the ranges  $x_j = x_j^H \dots x_j^0$  and  $x_j = x_j^0 \dots x_j^B$ , for which ( $x_j^H \leq x_j^0 \leq x_j^B$ ),  $j = 1, 2, \dots, n$ .

The general shortcoming of existing monitoring and protective systems is that the signal for transition to another state (for example, from normal to emergency state) is supplied by the artificial intelligence sensor only in case the value of the variable exceeds the limits of the allowed by the expert variable ranges for each individual coordinate axis  $x_j$ .

To increase the efficiency of the control system of artificial intelligence and automatic or automated control schemes, it is proposed to apply a general minimized estimate of the state  $z_1 = 0 \dots 1$  using the status control formula in the form of a hyperellipsoid as a separate function of the goal of an intelligent system associated with monitoring of the variables in the allowed by the expert ranges.

**Key words:** state of the system; artificial intelligence; hyperellipsoid; limitations of the values of variables; electrical circuits for control and protection.

**Рецензенти:** Мещанинов О. П., д-р пед. наук, професор;  
Мусяненко М. П., д-р техн. наук, професор.

© Кутковецький В. Я., Турти М. Ю., 2017

Дата надходження статті до редколегії 26.10.17