

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

**ДВНЗ «ДОНЕЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ»**

**ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
(М. ВІННИЦЯ, УКРАЇНА)**

**ШТУТГАРТСЬКИЙ УНІВЕРСИТЕТ
(М. ШТУТГАРТ, ФРН)**

**ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ГАМБУРГ-ХАРБУРГ (М. ГАМБУРГ,
ФРН)**

**ІНСТИТУТ ПРОБЛЕМ МОДЕЛЮВАННЯ В ЕНЕРГЕТИЦІ ім.
Г.Є.ПУХОВА НАН УКРАЇНИ**

М А Т Е Р І А Л И

Сьомої міжнародної науково-технічної конференції

"МОДЕЛЮВАННЯ І КОМП'ЮТЕРНА ГРАФІКА"

**18-24 вересня 2017 року
м. Покровськ, м. Київ**

УДК 004.3+004.9+004.2+51.7+519.6+519.7

Публікується згідно з рішенням Вченої ради ДВНЗ «Донецький національний технічний університет» (протокол № 1 від 07.09.2017).

Збірник містить наукові статті співробітників ДонНТУ та інших навчальних і наукових закладів України, які взяли участь у роботі Сьомої міжнародної науково-технічної конференції "Моделювання і комп'ютерна графіка", що проводилась 18-24 вересня 2017 року у ДВНЗ «Донецький національний технічний університет» у м. Покровську. Публікації висвітлюють результати наукових досліджень і розробок в таких напрямках, як інформатика, чисельні методи, паралельні обчислення, програмування, розробка засобів обчислювальної техніки, дослідження комп'ютерних мереж, машинна графіка і обробка зображень, математичне моделювання в різних галузях. Матеріали збірника призначені для наукових співробітників, викладачів, інженерно-технічних працівників, аспірантів та студентів.

Видавець – Донецький національний технічний університет (ДонНТУ)

Конференція проводилась за підтримки:

- гранту Erasmus+ CBHE action 561728-EPP-1-2015-1-ES-EPPKA2-CBHE-JP «GameHub: University-enterprises cooperation in game industry in Ukraine»,
- гранту Tempus 2013–4587–001–001- 544010-TEMPUS-DE-TEMPUS-JPHES TATU – «Trainings in Automation Technologies for Ukraine»,
- компанії QuartSoft,
- компанії PHOENIX CONTACT.

Адреса редакції: 85300, м. Покровськ, пл. Шибанкова, 2, ДонНТУ.

Тел.: (06239) 2-09-38. E-mail: natalia.kostiukova@donntu.edu.ua

Романюк О. Н., Мельник О.В., Стукач О.В.	215
МОДЕЛЮВАННЯ ГЕКСАГОНАЛЬНОГО РАСТРА НА КВАДРАТНОМУ РАСТРІ	
Тихонова О.А., Скрипник Т.В	219
СТВОРЕННЯ ІГРОВОГО ДОДАТКУ ЗАСОБАМИ ГРАФІЧНОГО СЕРЕДОВИЩА UNITY 3D	
Філатов І.А., Цололо С.О.	228
ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДУ ДЕКОНВОЛЮЦІЇ ВІНЕРА ПРИ РЕАЛІЗАЦІЇ НА МОБІЛЬНИХ ПЛАТФОРМАХ	
Яровий А.А., Пасічник Д.Г., Василічишин Р.А.	234
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА СИСТЕМА ЦИФРОВОЇ КОРЕКЦІЇ ТА ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ РАСТРОВИХ ЗОБРАЖЕНЬ	
Шумейко А.К., Башков Є.О.	239
ПРОГРАМНЕ ПІДКЛЮЧЕННЯ СЕНСОРУ KINECT ДО КОНСТРУКТОРУ GAME MAKER	
Ермолов А.А., Костюкова Н.С.	244
АНАЛІЗ МЕТОДОВ ПОИСКА НЕЧЕТКИХ ДУБЛИКАТОВ В БАЗЕ ДАННЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ	
Секція 4.	
Моделювання систем та об'єктів промислової автоматизації	
Воропаєва В.Я.	249
ВИКОРИСТАННЯ TATU SMART LAB У ПІДГОТОВЦІ ТА ПЕРЕПІДГОТОВЦІ ФАХІВЦІВ З ПРОМИСЛОВОЇ АВТОМАТИЗАЦІЇ	
Дікова Ю.Л.	252
СИСТЕМА ПРОГНОЗА СТАНУ ГІРНИЧОГО ОБЛАДНАННЯ НА БАЗІ МУЛЬТИАГЕНТНОГО ПІДХОДУ	
Єшан Р.В., Поцєпаєв В.В., Воропаєва В.Я.	258
МОДЕЛЮВАННЯ ВОДОВІДЛИВНОЇ УСТАНОВКИ ЗАСОБАМИ МОБІЛЬНИХ ЛАБОРАТОРІЙ TATU	
Поцєпаєв В.В	263
МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ НАВАНТАЖЕНЬ НА ВИКОНАВЧИХ ОРГАНАХ ВИДОБУВНОГО КОМБАЙНА	
Тихонова О.А., Скрипник Т.В.	267
СУЧАСНІ ЗАСОБИ НАВІГАЦІЇ У ВИРІШЕННІ КОМЕРЦІЙНИХ ЗАВДАНЬ, ПРОГРАМА "ROUTE"	
Бєзбожний В.С., Цололо С.О.	274
АВТОНОМНА СИСТЕМА КЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРОННИМИ ЗАМКАМИ НА ОСНОВІ NFC	
Новіков В.Г., Цололо С.О.	280
ПЛАТФОРМА РОЗУМНОГО БУДИНКУ НА ОСНОВІ ARDUINO MEGA 2560	

УДК 004.032.26

СИСТЕМА ПРОГНОЗА СТАНУ ГІРНИЧОГО ОБЛАДНАННЯ НА БАЗІ МУЛЬТИАГЕНТНОГО ПІДХОДУ

Ю.Л. Дікова

Донецький національний технічний університет, Україна

В роботі розглядається централізована мультиагентна система прогнозування стану ГШО, яка складається з головного агента та сукупності підлеглих агентів, взаємодія між ними заснована на протоколі FIPA-Subscription. Основою головного агента є штучна нейронна мережа високого порядку, основою підпорядкованих агентів є штучна нейронна мережа NARMA. Запропонований підхід до побудови мультиагентних систем підвищить точність прогнозу характеристик ГШО на 9%, а ймовірність прогнозування стану - на 8%.

Ключові слова: мультиагентна система, штучна нейронна мережа, NARMA, прогноз стану.

1. ВСТУП

В процесі експлуатації на гірничо-шахтне обладнання (ГШО) впливає ряд факторів, що призводять до несправностей та відмов. Існуючі на даний час системи [1] технічного обслуговування хоч і забезпечують підтримку ГШО в справному стані, але є недостатньо досконалими. В наслідок цього питання підвищення якості діагностики та прогнозу стану ГШО стає все більш актуальним, адже старіння обладнання значно випереджає темпи технічного переоснащення.

На сьогоднішній день в якості інструменту для прогнозу широко застосовуються такі методи: регресивні і авторегресійні методи прогнозування; методи, засновані на експоненційному згладжуванні; методи на базі ланцюгів Маркова; на базі класифікаційно-регресійних дерев; штучні нейронні мережі (ШНМ). В роботі [2] наведено порівняльну характеристику перерахованих способів. Оскільки використання ІНС [3-5] при прогнозуванні дає відчутну перевагу, в роботі буде використано нейросетевий спосіб прогнозу.

Побудова способу прогнозу та діагностики на основі мультиагентної системи [6-9] дозволить забезпечити паралелізм

обробки інформації, що підвищить швидкість прогнозу стану ГШО за рахунок розпаралелювання процесів прогнозу значень його показників.

2. РОЗРОБКА СТРУКТУРИ СИСТЕМИ

В роботі пропонується централізована мультиагентна система прогнозу стану ГШО, що складається з головного агента A і набору підлеглих незалежних один від одного агентів A_i . Взаємодія між головним і підлеглими агентами здійснюється на основі протоколу FIPA-Subscribe. Кожен підлеглий агент A_i прогнозує значення температура нагріву поверхні або віброшвидкість по одній з трьох осей.

БД головного агента A зберігає вектор останніх спрогнозованих значень стану ГШО, а БЗ зберігає набір асоціативних правил ШНМ.

БД кожного підлеглого агента A_i зберігає вектор останніх вимірних значень i -ї ознаки та відповідний йому вектор останніх спрогнозованих значень i -ї ознаки. БЗ кожного підлеглого агента A_i зберігає набір асоціативних правил для i -ї ШНМ.

Алгоритм роботи головного агента полягає в наступному: агент A запускає всіх підлеглих агентів A_i , потім посиляє їм запит про підписку на отримання спрогнозованих значень ознак та чекає на відповідь-підтвердження від кожного підлеглого агента. Далі головний агент повідомляє оператору результат відповідей. У випадку успішного підтвердження виконується збір спрогнозованих значень $y_i(n+1)$ від підлеглих агентів та відбувається прогноз стану ГШО $z(n+1) = F(y_1(n+1), \dots, y_{21}(n+1))$, використовуючи запропоновану автором ШНМ. Кінцевий результат прогноза $z(n+1)$ агент A відправляє оператору.

Алгоритм роботи кожного підлеглого агента A_i полягає в наступному: агент A_i очікує, доки не отримає запит на підписку від головного агента та посиляє у відповідь згоду на підписку. Далі агент A_i з квантом часу Δt отримує значення показника $u_i(n)$ від відповідного датчика. Якщо модуль різниці між замірним значенням ознаки $u_i(n)$ та спрогнозованим раніше значенням ознаки $y_i(n)$ перевищує заданий поріг, то агент A_i повідомляє головному агенту A про збій в підписці. У випадку коректної роботи агент A_i виконує прогноз значення ознаки

$y_i(n+1) = F_i(u_i(n), \dots, u_i(n-M), y_i(n), \dots, y_i(n-M))$, використовуючи i -у ШНМ. Спрогнозоване значення ознаки $y_i(n+1)$ посилається головному агенту.

Оскільки в основі роботи головного агента лежить комплексний прогноз стану ГШО, було прийнято рішення використовувати авторську ШНМ високих порядків, структурна схема якої приведена на рис 1.

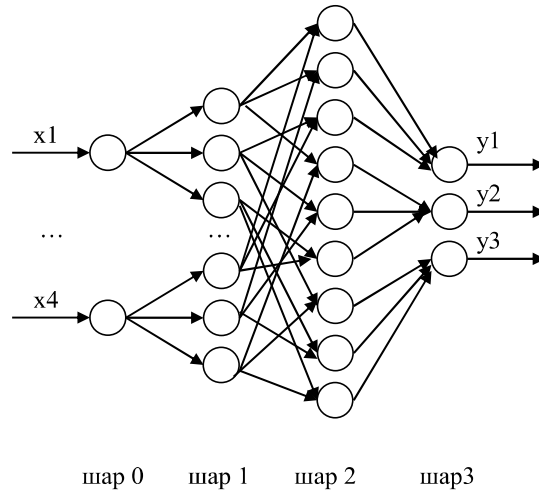


Рисунок 1 – ШНМ високих порядків головного агента

Модель запропонованої ШНМ представлена у вигляді:

$$y_j^{(1)} = \begin{cases} \frac{1}{1 + \exp(b_{1j} - a_{1ij} x_i)} & j = (i-1)N^{(3)} + 1 \\ \frac{1}{1 + \exp(b_{2j} - a_{2ij} x_i)} + \frac{1}{1 + \exp(d_{2j} - c_{2ij} x_i)} & j = (i-1)N^{(3)} + 2, \\ \frac{1}{1 + \exp(b_{3j} - a_{3ij} x_i)} & j = (i-1)N^{(3)} + 3 \end{cases}$$

де $j \in 1, N^{(1)}$, $i \in 1, N^{(0)}$.

$$y_j^{(2)} = f^{(2)}(s_j^{(2)}) = s_j^{(2)}, j \in 1, N^{(2)},$$

$$s_j^{(2)} = b_j^{(2)} + \sum_{i_1=1}^{N^{(1)}} \dots \sum_{i_{N^{(0)}}=1}^{N^{(1)}} w_{i_1 \dots i_{N^{(0)}} j}^{(2)} y_{i_1}^{(1)} * \dots * y_{i_{N^{(0)}}}^{(1)},$$

$$y_j^{(3)} = f^{(3)}(s_j^{(3)}) = s_j^{(3)}, j \in 1, N^{(3)},$$

$$s_j^{(3)} = b_j^{(3)} + \sum_{i_1=1}^{N^{(2)}} w_{i_1 j}^{(3)} y_{i_1}^{(2)} + \sum_{i_1=1}^{N^{(2)}} \dots \sum_{i_k=1}^{N^{(2)}} w_{i_1 \dots i_k j}^{(3)} y_{i_1}^{(2)} * \dots * y_{i_k}^{(2)} + \dots$$

$$\dots + \sum_{i_1=1}^{N^{(2)}} \dots \sum_{i_{N^{(2)}}=1}^{N^{(2)}} w_{i_1 \dots i_{N^{(2)}} j}^{(3)} y_{i_1}^{(2)} * \dots * y_{i_{N^{(2)}}}^{(2)}.$$

де $w_{ij}^{(m)}$ - вагові коефіцієнти в шарі m , $m = 1, 2, 3$;

c_{pij} , a_{pij} - вагові коефіцієнти ШНМ для визначення значення функції активації $y_j^{(1)}$ в першому шарі;

d_{2j} , d_{2j} - пороги смещення ШНМ для визначення значення функції активації $y_j^{(1)}$ в першому шарі.

Навчання ШНМ проводилося на базі алгоритму зворотнього розповсюдження помилки з вчителем.

Для оцінки якості прогнозу ШНМ високих порядків було обрано критерій адекватності моделі, який означає вибір таких значень параметрів $w_i^{(2)}$, $w_i^{(3)}$, a_{ij} , b_{ij} , c_{ij} , d_{ij} , що дають мінімум середньоквадратичної помилки (різниці виходу за моделлю і бажаного виходу):

$$F = \frac{1}{P} \sum_{p=1}^P (y_p - d_p)^2 \rightarrow \min_{w_i^{(2)}, w_i^{(3)}, b_{ij}, a_{ij}, c_{ij}, d_{ij}}, \quad (1)$$

де P - кількість тестових реалізацій; y_p - прогноз, отриманий по моделі; d_p - очікуваний прогноз.

Для роботи підлеглих агентів було обрано ШНМ NARMA [3], оскільки вона дає більш точний прогноз у порівнянні з іншими ШНМ [4]. Модель даної ШНМ описується наступним чином:

$$y_j^{(1)}(n) = f^{(1)}(s_j^{(1)}(n)), j \in \overline{1, N^{(1)}},$$

$$s_j^{(1)}(n) = b^{(1)} + \sum_{l=1}^{M^{(0)}} w_{lj}^{(1)} y^{(0)}(n-l) +$$

$$+ \sum_{l=M^{(0)}+1}^{M^{(0)}+M^{(2)}} w_{lj}^{(1)} (y^{(0)}(n-(l-M^{(0)})) - y^{(2)}(n-(l-M^{(0)}))).$$

$$y^{(2)}(n) = f^{(2)}(b^{(2)} + \sum_{i=1}^{N^{(1)}} w_i^{(2)} y_i^{(1)}(n)).$$

Навчання моделі виконувалося з використанням метаверистик [5]. Оцінка якості прогнозу ШНМ NARMA проводилася аналогічно критерію (1).

Результати прогнозу запропонованих мереж детально розглядалися та порівнювалися в роботі [10].

3. ВИСНОВКИ

Запропонована мультиагентна система прогнозу має наступні переваги:

- спрощено поділ завдань між підлеглими агентами;
- підлеглі агенти не заважають один одному під час вирішення своїх завдань;
- підлеглим агентам не потрібно явно спілкуватися між собою під час вирішення своїх завдань;
- підлеглі агенти не дублюють дії один одного.

На основі чисельного дослідження структури ШНМ NARMA, використовуваної для прогнозу значень ознак підлеглими агентами, були обрані функції активації, визначено кількість нейронів в прихованому шарі і величина затримки, що дозволило прискорити процедуру навчання.

Запропонована ШНМ високих порядків, яка використовується для прогнозу стану головним агентом, володіє наступними перевагами:

- можливість використання в одному шарі різних функцій активації, що дозволяє врахувати особливості ознак (характеристик) стану ГШО;
- відсутність необхідності визначення кількості прихованих шарів і кількості нейронів в цих шарах, що спрощує адаптацію структури ШНМ;
- універсальність і розширюваність для будь-якого необхідної кількості ознак (характеристик) стану ГШО.

Адаптація параметрів запропонованих ШНМ виконувалася за допомогою комбінації локального і випадкового пошуку, ймовірність виконання яких залежала від номера ітерації. Це дозволило збільшити точність прогнозу значень показників ГШО на 9%, а ймовірність прогнозу стану ГШО на 8%.

Запропонований підхід до побудови мультиагентних систем може бути використаний для комп'ютерних систем прогнозу загального і спеціального призначення.

ЛІТЕРАТУРА

- [1] **Вовна А.В.** Компьютеризированная информационно-измерительная система контроля концентрации метана в угольных шахтах: дис. ... кандидата технических наук: 05.13.05 – компьютерные системы и компоненты / Вовна Александр Владимирович. – Донецк, 2009. – 200 с.
- [2] **Чучуева И.А.** Модель прогнозирования временных рядов по выборке максимального подобию: дис. кандидата технических наук: 05.13.18 – математическое моделирование, численные методы и комплексы программ / Чучуева Ирина Александровна. – Москва, 2012. – 153 с.
- [3] **Haykin S.** Neural networks / S. Haykin. – NY: Pearson Education, 1999. – p.823.
- [4] **Осовский С.** Нейронные сети для обработки информации / С. Осовский. – Пер. с польского И.Д. РудШНМкого. - М.: Финансы и статистика – 2002. – 344 с.
- [5] **Скобцов Ю.А.** Метаэвристики: монография / Ю.А. Скобцов, Е.Е. Федоров. – Донецк: Ноулидж, 2013. – 426 с.
- [6] **Городецкий В.И.** Многоагентные системы (обзор) / В.И. Городецкий, М.С. Грушинский, А.В. Хабалов // Новости искусственного интеллекта. – 1997. – № 1. – С. 12-47.
- [7] **Bellifemine F.** Developing multi-agent systems with JADE / F. Bellifemine, G. Caire, D. Greenwood. – Chichester: John Wiley & Sons Ltd, 2007. –286 p.
- [8] **Wooldridge M.** An Introduction to MultiAgent Systems / M. Wooldridge. – Chichester: John Wiley & Sons, Inc., 2002. – 348 p.
- [9] **Федоров Е.Е.** Методология создания мультиагентной системы речевого управления: монография / Е.Е. Федоров. – Донецк: изд-во «Ноулидж», 2011. – 356 с.
- [10] **Федоров Е.Е., Дикова Ю.Л.** Мультиагентная система прогноза состояния рудничной атмосферы. Труды международной конференции "Моделирование 2016". Киев, 25-27 мая 2016, с. 61-64

Отримано 20.06.2017