

УДК 681.518.25

## ІДЕНТИФІКАЦІЯ СТАНІВ БУРОВОЇ УСТАНОВКИ З ДОПОМОГОЮ ШТУЧНОЇ НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ ХЕММІНГА

*М. І. Горбійчук, Т. В. Гуменюк*

*Івано-Франківський національний університет нафти і газу, 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, ksm@nung.edu.ua*

На сьогоднішній день, актуальною є розробка автоматизованої системи ідентифікації станів бурової установкою. Ряд науковців [1, 2] пропонують формалізовані методи розпізнавання технологічних операцій будівництва свердловини, прогнозування ненормальних режимів і аварійних ситуацій. Але комплексно і в повному обсязі задача автоматичної ідентифікації станів бурової установки і визначення моменту їх закінчення залишається не вирішеною.

Оскільки процес буріння включає певне число операцій, які реалізуються у визначеній послідовності, то оптимальне управління передбачає, що задача визначення оптимальних дій керування повинна «запуститись» у визначений момент часу, який відповідає початку технологічній операції.

При оптимальному керуванні процесом поглиблення свердловин виникає необхідність у розпізнаванні станів бурової установки. Кожен стан бурової установки характеризується певним набором технологічних параметрів [3]. При цьому непотрібно знати їх абсолютні значення у фізичних одиницях достатньо встановити факт їх присутності, тобто контрольовані параметри повинні знаходитись у певних межах, що зумовлені технологічним регламентом.

Задачу розпізнавання образів стосовно ідентифікації станів бурової установки можна сформулювати наступним чином. Утворимо простір образів  $\Omega$  із класів  $\Omega_1$  (буріння),  $\Omega_2$  (проробка долота),  $\Omega_3$  (нарощування) і  $\Omega_4$  (підйом долота). Кожен клас характеризується своїм вектором  $\bar{x}$ , компоненти якого приймають бінарні значення «0» або «1». Очевидно, що кожний клас вміщує тільки один образ, який визначається конкретною технологічною операцією. Задача полягає у тому, щоб за пред'явленням вектора  $\bar{x}$  віднести об'єкт до одного із чотирьох класів. Для вирішення поставленої задачі доцільно скористатись нейромережевою технологією.

Оскільки компоненти вектора  $\bar{x}$  приймають лише дискретні значення 0 (-1) або 1, то у таких випадках ефективно рішення задачі ідентифікації станів бурової установки досягається використанням штучних нейронних мереж (ШНМ) Гопфільда або Хеммінга [4, 5]. Коли немає необхідності, щоб мережа у явному вигляді видавала образ, тоді можна застосувати ШНМ Хеммінга [6], яка характеризується у порівнянні з ШНМ Гопфільда меншими затратами на пам'ять і обсягом обчислень. ШНМ Хеммінга складається із двох шарів (рис. 1). Перший шар є мережею прямого поширення, на виході якого формується такий

сигнал:  $\bar{s} = W \bar{x} + \bar{b}$ , де  $W$  – матриця з елементами  $w_{ij} = \frac{x_j^i}{2}$ ;  $x_j^i$  -  $i$ -тий елемент

$j$ -го образу,  $i = \overline{1, n}$ ;  $j = \overline{1, M}$ ;  $n$  - розмірність вектора  $x$ ;  $M$  - кількість

збережених образів у пам'яті мережі;  $\bar{b}$  - вектор, який має  $n$  однакових компонентів:  $b_1 = b_2 = \dots = b_M = \frac{n}{2}$ .

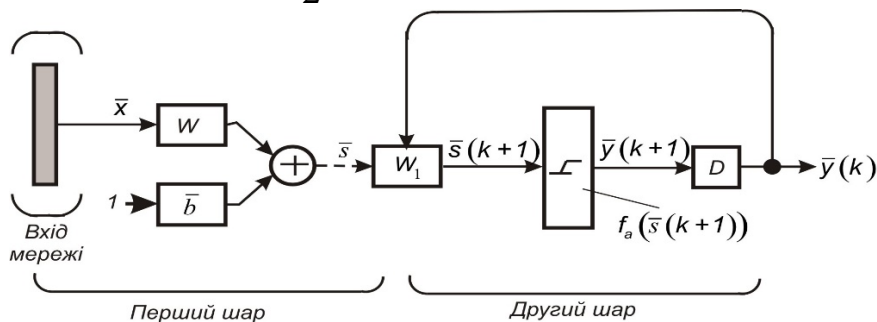


Рисунок 1 – Архітектура ШНМ Хеммінга

Отже, кожен компонент вектора  $\bar{s}$  обчислюється за формулою  $s_i = \frac{1}{2} \left( \sum_{j=1}^M (x_j^i x_j + n) \right)$ . Як і у ШНМ Гопфілда, так і у ШНМ Хеммінга вектори  $\bar{x}^j$  і  $\bar{x}$  приймають значення «-1» або «+1». У тому випадку, коли компоненти вектора співпадають  $s_i = n$ . У разі розбіжності між компонентами векторів  $\bar{x}^j$  і  $\bar{x}$  кількість їх неспівпадінь дорівнює  $h$ . Величина  $h$  є хеммінговою відстанню між векторами  $\bar{x}^j$  і  $\bar{x}$ . У цьому випадку  $s_i = n - h$ . Якщо  $h = 0$ , то вектори  $\bar{x}^j$  і  $\bar{x}$  повністю збігаються.

Вихідний сигнал першого шару поступає на вхід другого шару, який складається з блоку обчислення вектора  $\bar{s}(k+1)$ , функції активації і елемента затримки  $D$  (рис. 1). Значення порогу  $F$  вибирається досить великим [7] для того, щоб уникнути насичення. На вхід елемента активації поступає сигнал

$$\bar{s}(k+1) = W_1 \bar{y}(k), \text{ де } W_1 = \begin{bmatrix} 1 & -\varepsilon & -\varepsilon & \dots & -\varepsilon \\ -\varepsilon & 1 & -\varepsilon & \dots & -\varepsilon \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ -\varepsilon & -\varepsilon & -\varepsilon & \dots & 1 \end{bmatrix}; \varepsilon < \frac{1}{n}, \text{ а на його виході формується}$$

сигнал [8]:  $y_i(k+1) = f_a(s_i(k+1))$ ,

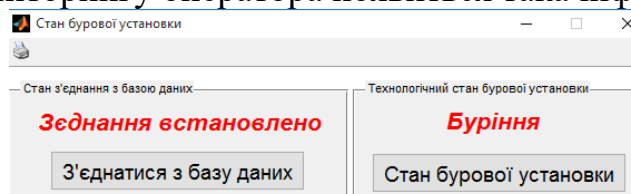
$$\text{де } f_a(s_i(k+1)) = \begin{cases} y_i(k+1) = F, & \text{якщо } s_i(k+1) > F, \\ y_i(k+1), & \text{якщо } 0 < s_i(k+1) < F, \\ 0, & \text{якщо } s_i(k+1) < 0. \end{cases}$$

На рис. 1 той факт, що величина  $\bar{s}$  не приймає участі у подальшій рекурентній процедурі обчислення  $\bar{y}(k)$ , відображений пунктирною стрілкою. Значення  $\bar{s}$  служить початковою умовою у рекурентній процедурі обчислення  $\bar{y}(k)$ . Після проходження сигналу  $\bar{y}(k+1)$  через лінію затримки  $D$  на виході мережі отримуємо сигнал  $\bar{y}(k)$ . Отже, сигнал, що з'явився на виході мережі, після певного числа ітерацій, визначає номер збереженого образу.

Програма, яка реалізує ШНМ Хеммінга, написана алгоритмічною мовою MatLab. Особливістю програми є те, що на одному із виходів нейрона, який визначає номер збереженого образу, з'являється «1», а на інших – «0». З цією

метою використана порогова функція типу sign:  $Y_i = \begin{cases} 1 \text{ при } y_i > 0, \\ 0 \text{ при } y_i \leq 0. \end{cases}$  , де  $Y_i, i = \overline{1, m}$ .

Працездатність і ефективність розробленого алгоритму перевірялась шляхом імітації станів бурової установки. Якщо, наприклад, на вхід ШНМ Хеммінга подати вектор  $\bar{x}_1^* = [1 \ 1 \ 1 \ 0 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1]$ , який відповідає технологічній операції «буріння», то на моніторингу оператора появиться така інформація:



Таким чином, ШНМ Хеммінга безпомилково розпізнала невідомі образи за образами-зразками.

**Висновки.** Розроблений метод ідентифікації станів бурової установки, який ґрунтується на інформації про технологічні параметри процесу спорудження свердловини. Для ідентифікації станів бурової установки запропоновано використовувати ШНМ. Показано, що для задачі розпізнавання станів бурової установки слід використовувати ШНМ Гопфілда або ШНМ Хеммінга. Аналіз ШНМ Гопфілда і ШНМ Хеммінга показав, що для задачі розпізнавання станів бурової установки, де немає необхідності отримувати образ у явному вигляді, доцільно використовувати ШНМ Хаммера. Розроблена архітектура такої мережі, яка подана у термінах матрично-векторних величин, а також алгоритм функціонування такої мережі.

#### Літературні джерела

- 1 Горбійчук М. І. Оптимізація процесу буріння глибоких свердловин. / М. І. Горбійчук, Г.Н. Семенцов. – Івано-Франківськ: Факел, 2003. – 493 с.
- 2 Булатов А. И. Техника и технология бурения нефтяных и газовых скважин: Учеб. для вузов. / А. И. Булатов, Ю. М. Проселков, С. А. Шаманов. – М.: ООО «Надра-Бизнесцентр», 2003. - 1007 с.: ил.
- 3 Кропивницька В. Б. Метод ідентифікації станів бурової установки / В. Б. Кропивницька, Т. В. Гуменюк, Д. О. Ткачівський // Вісник національного хмельницького університету. – 2010. - №1(144). – С. 94 - 97.
- 4 Hopfield J. J. Neural networks and physical systems with emergent collective computational abilities // Proceedings of National Academy of Sciences. – 2005. – Iss. 79. – № 8. – PP. 2554 –255.
- 5 Zakharian S. Neuronale Netze für Ingenieure: Arbeits- und Übungsbuch für regelungstechnische Anwedungen / S. Zakharian, P. Ladevig-Riebler, S. Tores. – Braunschweig: Vieweg, 1998. – 176 s.
- 6 Lippman R. P. An Introduction to Computing with Neural Nets / R. P. Lippman // IEEE ASSP Magasine. – 1987. - № 4 – P. 4 – 22.
- 7 Руденко О. Г. Штучні нейронні мережі: навчальний посібник / О.Г. Руденко, Є.В. Бодянський. – Харків: ТОВ «Компанія СМІТ», 2006. – 404 с.
- 8 Hopfield Neural Network. – Електронний ресурс: <http://www.mathworks.com/help/nnet/ug/hopfield-neural-network.html>.