

помилку, символ розпізнається правильно. При збільшенні рівня спотворення образу більше 50% або при трансформованому(повернутому) образі розпізнавання неточне, виникає переплутування образів. При 100% зашумленні символ повністю інвертується і хоча людина може з легкістю розпізнати такий символ, програма не вміє цього робити.

## ВИСНОВКИ

У роботі було розглянуто нейромережеву обчислювальну систему, що самонавчається, на основі архітектури Хеммінга. Моделювання процесів навчання і розпізнавання на побудованій програмній моделі нейромережі показало перспективи розпізнавання образів в умовах різних видів перешкод.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Руденко О. Г. Штучні нейронні мережі: навчальний посібник / Руденко О. Г., Бодяньський Є. В. – Харків: «Компанія СМІТ», 2006. – 404с.
2. Уоссермен Ф. Нейрокомпьютерная техника. Теория и практика. – М.: Мир, 1992. – 260 с.

*Главчев Д. М.,  
Національний технічний університет «ХПІ»  
Заковоротний О. Ю.  
к.т.н., доцент, докторант, Національний технічний університет  
«ХПІ»*

## **РОЗРОБКА НЕЙРОМЕРЕЖЕВОЇ N-НАПРАВЛЕНОЇ ДИСКРЕТНОЇ АСОЦІАТИВНОЇ ПАМ'ЯТІ**

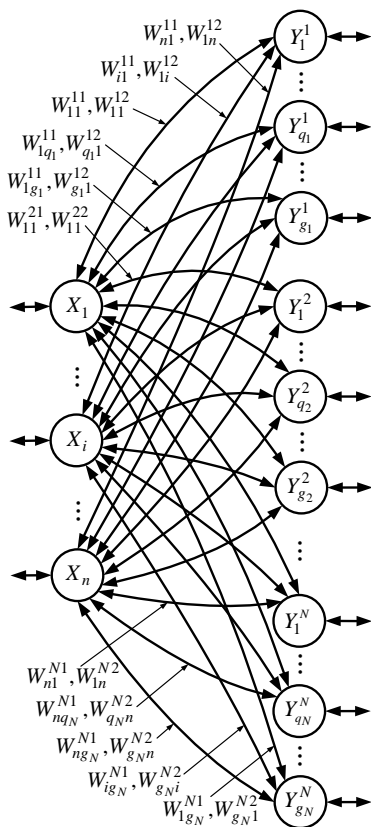
*Вперше на основі двонаправленої асоціативної пам'яті запропонована архітектура та алгоритми функціонування N-направленої дискретної нейромережевої асоціативної пам'яті. Нова пам'ять здатна відновлювати по вхідному вектору, що подається на будь-який з її вхідних шарів нейронів, множину з N зображень, які асоціативні до вхідної інформації.*

Завдання вирішується завдяки тому, що архітектура класичної двонаправленої асоціативної пам'яті (ДАП), яка складається з двох сенсорних шарів елементів, нейрони яких зв'язані між собою парами зважених двонаправлених зв'язків з відповідними ваговими коефіцієнтами, перебудовується шляхом введення в її структуру додаткових  $(N - 1)$  сенсорних шарів нейронів (рис. 1), які пов'язані з першим шаром сенсорних елементів парами двонаправлених зважених зв'язків з відповідними ваговими коефіцієнтами. У результаті додавання в структуру нейронної мережі перерахованих вище сенсорних шарів нейронів досягається можливість зберігання та відновлення з пам'яті множинних асоціацій. Це стає можливим завдяки тому, що любий вхідний сенсорний шар нейронів пов'язаний одразу з  $N$  шарами елементів, що дозволяє одному вхідному зображенню асоціювати  $N$  вихідних.

Пам'ять складається з вхідного сенсорного шару нейронів  $X_i$  ( $i = 1, \dots, n$ ) та  $N$  вихідних шарів  $Y_{q_1}^1$  ( $q_1 = 1, \dots, g_1$ ), ...,  $Y_{q_N}^N$  ( $q_N = 1, \dots, g_N$ ), елементи яких пов'язані з відповідними їм нейронами вхідного сенсорного  $X$ -шару парами двонаправлених зважених зв'язків з ваговими коефіцієнтами  $W_{iq_1}^{11}$ ,  $W_{q_1i}^{12}$  ( $i = 1, \dots, n$ ;  $q_1 = 1, \dots, g_1$ ), ...,  $W_{iq_N}^{N1}$ ,  $W_{q_Ni}^{N2}$  ( $i = 1, \dots, n$ ;  $q_N = 1, \dots, g_N$ ), де верхні індекси матриць вагових коефіцієнтів – це номер вихідного шару, з яким з'єднує матриця та номер самої матриці відповідно. Перший верхній індекс показує, що нейрони вхідного шару з'єднані з нейронами відповідного вихідного шару, другий: 1, коли матриця зв'язків передає сигнали нейронів  $X$ -шару нейронам відповідного вихідного шару, й 2, навпаки, коли матриця зв'язків передає сигнали вихідного шару нейронам  $X$ -шару. Перші нижні індекси вказують на нейрони, що видають сигнали, а другі – на нейрони, що приймають сигнали.

Розроблена асоціативна пам'ять функціонує відповідно до двох алгоритмів: навчання та функціонування. Алгоритм навчання зводиться до визначення навчального набору зображень й матриць ваг зв'язків між шарами нейронів:  $X$ ,  $Y^1$ ,  $Y^2$ , ...,  $Y^N$ . Оскільки люба пара шарів  $X$  та  $Y^j$  ( $j = \overline{1, N}$ ) мають архітектуру двона-

правленої асоціативної пам'яті, то їх навчання аналогічно класичному алгоритму навчання ДАП. Послідовне застосування класичного алгоритму навчання ДАП до шарів нейронів  $X$  та  $Y^1$ ,  $X$  та  $Y^2$ , ...,  $X$  та  $Y^N$  дозволяє отримати всю безліч асоціативних зображень  $S^V, S^{V1}, S^{V2}, \dots, S^{VN}$ , де  $S^V$  – вхідне зображення на  $X$ -шарі,  $S^{Vd}$  ( $d = 1, 2, \dots, N$ ) – зображення на виходах елементів, відповідно шарів  $Y^1, Y^2, \dots, Y^N$  нейронів.



**Рис. 1. Неймережева  $N$ -направлена дискретна асоціативна пам'ять**

## ВИСНОВКИ

Вперше на основі двонаправленої асоціативної пам'яті запропонована архітектура та алгоритми функціонування  $N$ -направленої дискретної нейромережевої асоціативної пам'яті, яка здатна відновлювати по вхідному вектору, що подається на будь-який з її вхідних шарів нейронів, множину з  $N$  зображень, які асоціативні до вхідної інформації.

*Павлюк Р. С.,  
ДВНЗ «Криворізький національний університет»  
Кумченко Ю. О.  
асист. каф. КСМ, ДВНЗ «Криворізький національний університет»*

## **ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ІДЕНТИФІКАЦІЇ СТУДЕНТІВ З ВИКОРИСТАННЯМ СТАТИЧНОЇ БІОМЕТРИЧНОЇ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДЛЯ ПРОХОДЖЕННЯ ЕЛЕКТРОННОГО ТЕСТУВАННЯ**

*Виконано огляд алгоритмів біометричного розпізнавання геометрії обличчя, розглянуті переваги та недоліки біометричної ідентифікації за геометрією обличчя та способи вдосконалення системи, створено веб-сайт для онлайн-тестування студентів, впроваджено скрипт ідентифікації обличчя та прив'язано його до форми доступу (з логіном та паролем) на веб-сайті, додана можливість відправки викладачу даних про результати проходження тестів на електронну пошту.*

Біометричне розпізнавання людини по геометрії обличчя досить поширений спосіб ідентифікації та аутентифікації. Технічна реалізація представляє собою складну математичну задачу на основі алгоритмів розрахунку розташування елементів обличчя.

Один із напрямів використання таких систем є їх впровадження в якості «другого фактора» при доступі на веб-сторінку, де «першим фактором» є логін та пароль.