

УДК 004:378

Цюцюра Світлана Володимирівна

Доктор технічних наук, професор, професор кафедри інформаційних технологій

Терейковський Ігор Анатолійович

Кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри інформаційних технологій

Палій Сергій Володимирович

Кандидат технічних наук, доцент кафедри основ інформатики

Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ

МОДИФІКАЦІЯ КЛАСИЧНОЇ НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ ЙМОВІРНІСНОГО ТИПУ ДЛЯ РОЗПІЗНАВАННЯ «ІДЕАЛЬНОГО СПІВРОЗМОВНИКА» СЕРЕД КОРИСТУВАЧІВ СОЦІАЛЬНИХ МЕРЕЖ

Анотація. Проаналізовано можливість використання різних типів нейронних мереж для розпізнавання «ідеального співрозмовника» серед користувачів соціальних мереж. Запропоновано навчання нейронних мереж на основі експертних знань у вигляді продукційних правил. Запропоновано модифікувати класичну нейронну мережу ймовірнісного типу. Проведене експериментальне дослідження використання розробленої моделі на практичному прикладі.

Ключові слова: дистанційне навчання, доуніверситетська підготовка іноземців, інформаційно-організаційне середовище, нейронні мережі, соціальна адаптація іноземців, соціальні мережі

Аннотация. Проанализирована возможность использования различных типов нейронных сетей для распознавания «идеального собеседника» среди пользователей социальных сетей. Предложено обучение нейронных сетей на основе экспертных знаний в виде продукционных правил. Предложено модифицировать классическую нейронную сеть вероятностного типа. Проведено экспериментальное исследование использования разработанной модели на практическом примере.

Ключевые слова: дистанционное обучение, доуниверситетская подготовка иностранцев, информационно-организационная среда, нейронные сети, социальная адаптация иностранцев, социальные сети

Annotation. Defined the most effective types of neural networks for identification an “ideal interlocutor” among users of social networks. Analyzed, the possibility of their use due to availability of educational example, which should be the expected value of the output signal. Proposed training of neural networks based on expert knowledge in the form of production rules. Considering the peculiarity of production rules of the particular class “ideal interlocutor”, proposed to modify the classical probabilistic neural network type, by introducing her intermediate filter layer. Considered use of the developed neural network on the practical example of recognition of “ideal interlocutor” among users of social network Facebook to involve distance learning system of Kyiv National University of Construction and Architecture. Conducted experimental research, showed the effectiveness of the developed model of artificial neural network.

Key words: distance learning pre-university preparation of foreigners, information and organizational environment, neural networks, social adaptation of foreigners, social networks

Постановка проблеми та актуальність дослідження

З метою покращення економічних показників вищих навчальних закладів та відповідно до національної стратегії розвитку освіти в Україні на 2011-2027 роки постає необхідність розробити та забезпечити реалізацію заходів щодо залучення

іноземних студентів для навчання в Україні.

Для зменшення витрат навчальних закладів, необхідно активно залучати слухачів до обміну інформацією та максимізувати кількість знань, що передаються між ними. У роботах [7-12] було розглянуто підстави, можливість, доцільність та основні засади хмарного формування інформаційно-організаційного середовища (ІОС) доуніверситетської

підготовки та соціальної адаптації іноземних громадян, а також можливість використання певних користувачів такого середовища в якості джерела знань для інших користувачів. Збільшувати кількість користувачів ІОС було запропоновано за рахунок користувачів соціальних мереж (СМ).

Виникає проблема відбору серед багатомільйонної кількості користувачів СМ осіб, які можуть володіти необхідними знаннями для конкретного користувача ІОС та мати з ним спільні інтереси (таких осіб називаємо «ідеальні співрозмовники»). Одна з можливостей пошуку «ідеального співрозмовника» – використання нейронних мереж.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

За результатом вивчення наукових джерел, над питаннями розпізнавання невідомих об'єктів за допомогою штучних нейронних мереж працюють багато вітчизняних та іноземних науковців. Серед них О.Г. Руденко, Є.В. Бодяньський, В.П. Тарасенко, О.Г. Корченко, Ф. Люгер, М. Ішікава, Р. Сун, Т. Петерсон та інші [1-6].

Однак у контексті пошуку та розпізнавання «ідеального співрозмовника» серед користувачів СМ штучні нейронні мережі раніше не розглядалися, чим і обґрунтовується вибір теми даної статті в межах наукового дослідження.

Мета статті

Мета – визначити найбільш ефективний тип архітектури моделі нейронної мережі для розпізнавання «ідеального співрозмовника» серед користувачів соціальних мереж. Проаналізувати методи навчання нейронної мережі з урахуванням наявних навчальних прикладів та визначення очікуваного значення вихідного сигналу та визначити найбільш прийнятний метод для заданих умов. Побудувати модель штучної НМ та експериментально перевірити її ефективність.

Виклад основного матеріалу

Відповідно до [2], основою розробки нейромережевої моделі, призначеної для розпізнавання невідомих образів, є визначення найбільш ефективного типу архітектури нейронної мережі (НМ). Базуючись на результатах [2; 4; 11; 12], визначено, що для розпізнавання «ідеального співрозмовника» доцільно застосувати НМ типу багатопшаровий перцептрон (БШП), мережа Кохонена (SOM), ймовірнісна мережа (PNN), асоціативні нейронні мережі типу Хемінга, Хопфілда та Коско (АНМ) та мережа радіальної базисної функції (РБФ).

З точки зору якості класифікації найбільш ефективними з них є БШП та РБФ. Однак в сучасних умовах використання цих типів НМ для розпізнавання «ідеального співрозмовника» значно ускладнюється відсутністю достатнього обсягу навчальних прикладів, в яких повинно бути визначене очікуване значення вихідного сигналу. Вказаний постулат базується на таких передумовах:

- для розрахованої в [11; 12] кількості вхідних параметрів $X=18$ та визначеній очікуваній кількості класів «ідеальних співрозмовників» $Y=100$, обсяг навчальної вибірки, яка забезпечує 5%-ну точність навчання, дорівнює, як мінімум, 1800 навчальних прикладів;

- враховуючи відсутність відповідних баз даних, трудозатрати на аналіз СМ та динаміку статистичних даних, що використовуються в якості вхідних і вихідних параметрів, забезпечення в сучасних вітчизняних системах дистанційного навчання оперативного формування достатньої кількості навчальних прикладів є проблематичним.

Разом з тим, використання НМ типу SOM та АНМ, для навчання яких не потрібно вказувати очікуваний вихідний сигнал, малоефективне внаслідок недостатніх обчислювальних можливостей, які спричинюють низьку точність розпізнавання. За аналогією з [5; 6], виходом із ситуації може бути навчання НМ на основі експертних знань у вигляді продукційних правил типу:

Якщо умова істинна або хибна \rightarrow (Висновок) (1)

Слід відмітити, що продукційні правила подають експертні знання як зв'язки виду: "причина" \rightarrow "наслідок", "явище" \rightarrow "реакція", "ознака" \rightarrow "факт". При цьому використання базових логічних операторів дозволяє створювати різноманітні комбінації цих зв'язків. Очевидно, що вказані комбінації можуть бути використані для подання експертних знань щодо розпізнавання «ідеального співрозмовника» в СМ на основі аналізу параметрів профілю користувача та виставлених користувачем оцінок визначених ресурсів.

При цьому результати [3] вказують на те, що до використання експертних знань у вигляді продукційних правил доцільно адаптувати НМ типу PNN. Зазначимо, що адаптацію реалізовано з використанням підходів [3; 5; 6]. Основою передумовою адаптації є особливості навчання PNN. Вказаний тип нейромережевої моделі пристосований до методу навчання «з вчителем» шляхом безпосереднього запам'ятовування навчальних прикладів, котрі можна визначити як комбінацію продукційних правил виду (1). Це дозволяє подати навчальний приклад у вигляді:

Якщо $n_1 = \alpha_1 \wedge n_2 = \alpha_2 \wedge \dots \rightarrow Z$, (2)

де n_i – i -й вхідний параметр; α_i – i -й коефіцієнт; Z – очікуваний вихід НМ.

Для внесення в PNN елементарного продукційного правила виду (2), призначеного для розпізнавання нового класу «ідеальних співрозмовників», достатньо:

- внести в шар додавання (ШД) новий нейрон A , який буде співвідноситись з означеним класом «ідеальних співрозмовників»;

- внести в шар образів (ШО) новий нейрон;

- встановити для внесеного в ШО нейрону такі значення вагових коефіцієнтів вхідних зв'язків, що відповідають нормованим величинам параметрів [11; 12], які відповідають заданому класу «ідеальних співрозмовників»;

- встановити для нового нейрону ШО вихідний зв'язок з відповідним нейроном ШД A .

Для прикладу на рис. 1 показано вагові коефіцієнти $W_{1,L}$, $W_{i,L}$, $W_{K,L}$ та $W_{L,A}$, за рахунок яких в мережу PNN внесено i -й приклад, який відповідає A -му класу «ідеальних співрозмовників». Крім того, мережа дозволяє класифікувати ще один B -й клас «ідеальних співрозмовників». Нейрони ШО з номерами від 1 до L відповідають навчальним прикладам, які співвідносяться з класом A , а нейрони з номерами від $L+1$ до N – співвідносяться з класом B .

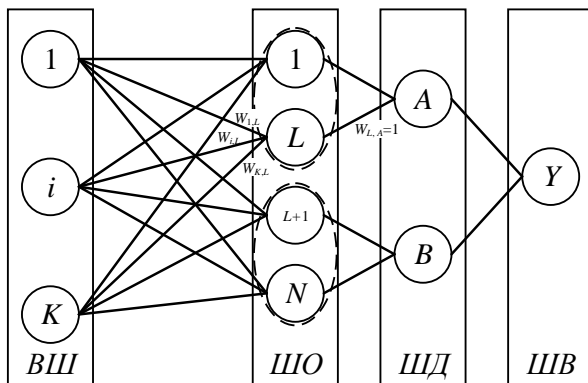


Рис. 1. Структура класичної НМ типу PNN, пристосованої для розпізнавання двох класів (ВШ – вхідний шар нейронів, ШО – шар образів, ШД – шар додавання, ШВ – вихідний шар)

Значимо, що PNN проводить класифікацію невідомих прикладів, розраховуючи методом Байеса їх схожість з навчальними прикладами. Невідомий приклад відноситься до класу з максимальною щільністю розподілу в його області. Для оцінки щільності розподілу використовується функція Гауса з центром в точці, якій відповідає даний приклад. PNN містить вхідний шар нейронів (ВШ), шар образів (ШО), шар додавання (ШД) та вихідний шар (ШВ). Кількість нейронів визначається так:

- вхідні нейрони відповідають параметрам, аналіз яких дозволяє розпізнати «ідеального співрозмовника»;

- нейрони шару образів відповідають навчальним прикладам;

- нейрони шару додавання відповідають класам «ідеальних співрозмовників»;

- у ШВ знаходиться тільки один нейрон, завданням якого є визначення нейрону ШД з максимальною величиною вихідного сигналу.

Структура зв'язків між вхідними нейронами та нейронами ШО повнозв'язна. Окремий нейрон ШО має зв'язок тільки з тим нейроном ШД, якому відповідає клас образу. Для зв'язків, що входять в нейрон ШО, вагові коефіцієнти встановлюються такими ж, як нормалізовані складові частини відповідного навчального прикладу. Вагові коефіцієнти вхідних зв'язків нейронів ШД та ШВ дорівнюють 1. Вихідний сигнал j -го нейрону шару образів θ_j^o , відповідно [1; 2], розраховується так:

$$\theta_j^o = \sum_{i=1}^I \exp\left(\frac{-(w_{i,j} - n_i)^2}{2\sigma^2}\right), \quad (3)$$

де n_i – i -та компонента невідомого образу; $w_{i,j}$ – ваговий коефіцієнт зв'язку між i -им вхідним нейроном та j -им нейроном шару образів; I – кількість компонент вхідного вектора-образу; σ – радіус функції Гауса.

У першому наближенні можна вважати, що $\sigma = 1$. В нейронах ШД використовується лінійна функція активації. Вихідний сигнал j -го нейрону ШД (θ_j^s) розраховується так:

$$\theta_j^s = \sum_{i=1}^I \theta_i^o, \quad (4)$$

де I – кількість нейронів ШО, пов'язаних з j -им нейроном ШД; θ_i^o – активність i -го нейрону шару образів, пов'язаного з j -им нейроном ШД.

Вихідний сигнал нейрону ШД дорівнює ймовірності віднесення вхідного образу до класу, що відповідає даному нейрону.

Аналіз прикладів продукційних правил визначення окремого класу «ідеального співрозмовника» виявив, що в багатьох випадках продукційні правила мають такий вигляд:

$$p_1 \in [P_1^{\min}, P_1^{\max}] \wedge p_2 \in [P_2^{\min}, P_2^{\max}] \wedge \dots, \quad (5)$$

де p_1, p_2, \dots – підконтрольні параметри, $[P_1^{\min}, P_1^{\max}], [P_2^{\min}, P_2^{\max}], \dots$ – задані діапазони величин підконтрольних параметрів.

Безпосереднє визначення такого правила в класичній моделі PNN неможливе, оскільки лінійна активаційна функція ШО не в змозі відобразити складову

$$p_i \in [P_i^{\min}, P_i^{\max}]. \quad (6)$$

Для адаптації моделі PNN до умови (5), за аналогією з [3], стало введення до її складу проміжного (фільтруючого) шару нейронів (ШФ). Завданням ШФ буде фільтрація вхідного сигналу, відповідно до виразу (6). Вказаний ШФ має знаходитись між ВШ та ШО. Структура модифікованої мережі PNN (MPNN), пристосованої для розпізнавання двох класів «ідеальних співрозмовників», показана на рис. 2.

Значимо, що кожен нейрон ШФ, пов'язаний тільки з одним нейроном ШО, для якого власне і реалізується фільтрація вхідного сигналу. Для зручності нейрони ШО пронумеровані як i_L , де i – номер пов'язаного з ним вхідного нейрону, а L – номер пов'язаного з ним нейрону шару образів. Відповідно до [9], для реалізації фільтру (6) в проміжних нейронах слід застосувати лінійну біполярну з насиченням функцію активації

$$\begin{cases} 0 \text{ при } x \leq P^{\min} \\ Kx + A \text{ при } P^{\min} \leq x \leq P^{\max} \\ 0 \text{ при } x \geq P^{\max} \end{cases}, \quad (7)$$

де K та A – деякі коефіцієнти.

Крім адаптації структури та математичного забезпечення, необхідність використання продукційних правил виду (5) призводить і до модифікації алгоритму навчання мережі:

- додати в ШО новий нейрон, який буде відповідати новому навчальному прикладу – продукційному правилу;
- залежно від класифікації навчального прикладу встановити для нового нейрону вихідний зв'язок з відповідним нейроном ШД;
- додати в ШФ нейрони, що будуть, відповідно виразу (6), перетворювати сигнали, які передаються від вхідних нейронів, до нового нейрону ШО;
- встановити зв'язки між новим нейроном ШО та новими нейронами ШФ;
- встановити зв'язки між новими нейронами ШФ та відповідними вхідними нейронами;
- встановити в мережі PNN всі вагові коефіцієнти рівними 1;
- співвіднести для нього вагові коефіцієнти вхідних зв'язків з величинами параметрів, які відповідають заданому прикладу «ідеального співрозмовника».

Експериментальні дослідження

Розглянуто використання розробленої НМ MPNN на практичному прикладі розпізнавання «ідеального співрозмовника» для залучення до системи дистанційного навчання Київського національного університету будівництва і архітектури (КНУБА). Використана СМ Facebook.

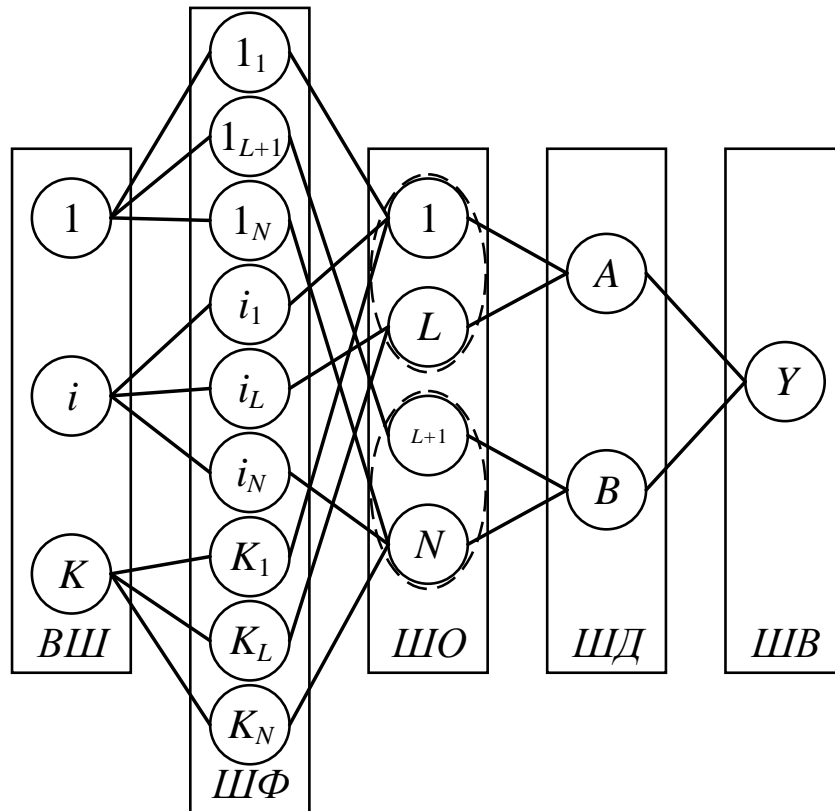


Рис. 2. Структура MPNN (модифікованої класичної НМ типу PNN)

Відповідно до результатів [11; 12] для визначення вхідних параметрів НМ використано: дата народження, місце проживання, стать, сімейний стан, освіта, соціальний статус, місце навчання, мова користувача та оцінки користувачами 10 однотипних ресурсів. Прийнято рішення, що з точки зору залучення до навчання в КНУБА, користувачі SM Facebook будуть «ідеальними співрозмовниками», якщо вони:

- мають приблизно однаковий вік;
- проживають в одному регіоні;
- мають однакову стать, сімейний стан, соціальний статус;
- можуть спілкуватись на однаковій мові;
- один із них або закінчив КНУБА або навчається в КНУБА;
- виставляють в SM схожі оцінки однотипним ресурсам.

Таблиця

**Опис вхідних параметрів MPNN
для пошуку «ідеального співрозмовника»**

№ входу	Тип даних	Опис вхідного параметра
N_1	time	Різниця в роках народження користувачів
N_2	bool	Проживання користувачів в одному регіоні
N_3	bool	Відповідність статі користувачів
N_4	bool	Чи закінчив один із користувачів КНУБА
N_5	bool	Відповідність сімейного стану користувачів
N_6	bool	Відповідність соціального статусу користувачів
N_7	bool	Чи навчається один із користувачів в КНУБА
N_8	bool	Чи можуть користувачів спілкуватись на одній мові
$N_9... N_{18}$	integer	Різниця між оцінками ресурсів №1..10

Згідно вказаного рішення на вхід MPNN слід подавати дані двох користувачів, що характеризують відмінності між вищенаведеними властивостями. Опис вхідних параметрів MPNN наведено в таблиці.

Вихід MPNN повинен вказувати на те, чи є ці користувачі «ідеальними співрозмовниками» чи ні.

Для навчання MPNN розроблено 100 продукційних правил. 50 правил відповідають спорідненим співрозмовникам, а 50 неспорідненим.

Приклад продукційного правила для одного з випадків «ідеального співрозмовника» має такий вигляд:

Якщо $N_1 < 5 \wedge N_2 = 1 \wedge N_3 = 1 \wedge N_4 = 1 \wedge N_5 = 1 \wedge N_6 = 1 \wedge N_7 = 0 \wedge N_8 = 1 \wedge N_9 < 2 \wedge N_{10} < 3 \wedge N_{11} < 1 \wedge N_{12} < 2 \wedge N_{13} < 4 \wedge N_{14} < 1 \wedge N_{15} < 2 \wedge N_{16} < 2 \wedge N_{17} < 2 \wedge N_{18} < 7$

Структура побудованої мережі MPNN відповідає рис. 2. При цьому змінні показані на рис. 2 отримують конкретні значення: $K=18$, $N=100$, $L=50$, нейрон A – відповідає спорідненим співрозмовникам, нейрон B – неспорідненим співрозмовникам.

Апробація розробленої НМ для даних 1000 користувачів SM Facebook дозволила виявити 16 «ідеальних співрозмовників» придатних для залучення до навчання в КНУБА.

Висновки

Визначено найбільш ефективні типи нейронних мереж для розпізнавання «ідеального співрозмовника» серед користувачів соціальних мереж. Проаналізовано можливість їх використання з урахуванням наявності навчальних прикладів, в яких повинно бути визначене очікуване значення вихідного сигналу.

Запропоновано навчання нейронних мереж на основі експертних знань у вигляді продукційних правил. Враховуючи особливість продукційних правил визначення окремого класу «ідеального співрозмовника», запропоновано модифікувати класичну нейронну мережу ймовірнісного типу, шляхом введення до неї проміжного фільтруючого шару.

Розглянуто використання розробленої нейронної мережі на практичному прикладі розпізнавання «ідеального співрозмовника» серед користувачів соціальної мережі Facebook для залучення до системи дистанційного навчання Київського національного університету будівництва і архітектури.

Проведене експериментальне дослідження показало ефективність розробленої моделі штучної нейронної мережі.

Список літератури

1. Люгер Ф. Искусственный интеллект: стратегии и методы решения сложных проблем, 4-е издание / Люгер Ф.; пер. с англ. Н. И. Галагана. – М.: Вильямс, 2003. – 864 с.
2. Руденко О.Г. Штучні нейронні мережі. Навч. посіб. / О.Г. Руденко, Є.В. Бодяньський. – Харків: ТОВ "Компанія СМІТ", 2006. – 404 с.

3. Тарасенко В.П. Метод застосування продукційних правил для подання експертних знань в нейромережесвих засобах розпізнавання мережесвих атак на комп'ютерні системи / В.П. Тарасенко, О.Г. Корченко, І.А. Терейковський // *Безпека інформації*. 2013. – том 19, № 3. – С. 168-174.
4. Терейковський І. Нейронні мережі в засобах захисту комп'ютерної інформації / І. Терейковський. – К.: ПоліграфКонсалтинг. – 2007. – 209 с.
5. Ishikawa M. Rule Extraction by Successive Regularization / Proc. 1996 IEEE ICNN, Washington, DC, USA. Vol.2. – pp.1139-1143.
6. Sun R., Peterson T. Learning in Reactive Sequential Decision Tasks: the CLARION Model / Proc. 1996 IEEE ICNN, Washington, DC, USA. Plenary, Panel and Special Sessions Volume. – pp.70-75.
7. Палій С.В. Постановка задачі проектування системи дистанційної освіти для іноземних студентів / С.В.Палій // *Вісник Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля. Науковий журнал №6(136) Частина 1* – Луганськ: СНУ ім. В. Даля, 2009. – С. 309 – 312.
8. Палій С.В. Створення структурної моделі інформаційно-організаційного середовища підготовки та соціальної адаптації іноземних студентів / С.В.Палій // *Управління розвитком складних систем*. – 2011. – Вип. №8. – С. 112 – 116.
9. Палій С.В. Соціальні мережі як засіб комунікації електронного навчання / С.В.Палій // *Управління розвитком складних систем*. – 2013. – Вип. №13. – С. 152 – 156.
10. Белоцицкий А.А. Информационные технологии в управлении научно-образовательным процессом высшего учебного заведения / А.А. Белоцицкий, П.П. Лизунов, Л.Д. Мыслик, Ю.Н. Тесля // *Вісник Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля. Науковий журнал №8 (126) Частина 1* – Луганськ: СНУ ім. В. Даля, 2008. – С.287 – 293.
11. Палій С.В. Метод пошуку «ідеального співрозмовника» для користувачів інформаційно-організаційного середовища підготовки іноземців / С.В.Палій // *Управління розвитком складних систем*. – 2013. – Вип. 14. – С. 154 – 157.
12. Цюцюра С.В. Застосування нейронних мереж для розпізнавання «ідеального співрозмовника» серед користувачів соціальних мереж / С.В. Цюцюра, І.А. Терейковський, С.В.Палій // *Системи управління, навігації та зв'язку*. – Полтава: ПолтНТУ. – 2013. – Вип. 4.(28). – С. 123-126.

References

1. Liuher F. (2003). *Yskusstvennyi yntellekt: stratehyu y metody resheniya slozhnykh problem, 4-e yzdanye*. Vyliams., – 864 p.
2. Rudenko O.H., Bodianskyi Ye.V. (2006). *Shtuchni neironni merezhi*. Kharkiv: “Kompaniia SMIT” LTD, - 404p.
3. Tarasenko V.P., Korchenko O.H., Tereikovskiy I.A. (2013). *Metod zastosuvannia produktsynykh pravyl dlia podannia ekspertnykh znan v neyromerezhevykh zasobakh rozpoznavannia merezhevykh atak na kompiuterni systemy. Bezpeka informatsii*. – Vol. 19, #3, - pp. 168-174.
4. Tereikovskiy I.A. (2007). *Neironni merezhi v zasobakh zakhystu kompiuterno informatsii*. Kyiv: PolihrafKonsaltnyh. - 209 p.
5. Ishikawa M. (1996). *Rule Extraction by Successive Regularization*. IEEE ICNN, Washington, DC, USA. Vol.2. – pp.1139-1143.
6. Sun R., Peterson T. (1996). *Learning in Reactive Sequential Decision Tasks: the CLARION Model*. IEEE ICNN, Washington, DC, USA. Plenary, Panel and Special Sessions Volume. - pp. 70-75.
7. Paliy S.V. (2009). *Postanovka zadachi proektuvannia systemy dystantsiinoi osvity dlia inozemnykh studentiv*. Visnyk Skhidnoukrainskoho natsionalnoho universytetu im. V. Dalia. #6(136). Vol. 1, Luhansk: SNU im. V. Dalia, – pp. 309-312.
8. Paliy S.V. (2011). *Stvorennia strukturalnoi modeli informatsiino-orhanizatsiinoho seredovyscha pidhotovky ta sotsialnoi adaptatsii inozemnykh studentiv*. Upravlinnia rozvytkom skladnykh system. #8. – pp. 112 – 116.
9. Paliy S.V. (2013). *Sotsialni merezhi yak zasib komunikatsii elektronnoho navchannia*. Upravlinnia rozvytkom skladnykh system. #13. – pp. 152 – 156.
10. Beloshchytskyi A.O., Lyzunov P.P., Mysnyk L.D., Teslia Yu.M. (2008). *Ynformatsyonnye tekhnolohyy v upravlenyy nauchno-obrazovatelny protsessom vysshheho uchebnoho zavedenya*. Visnyk Skhidnoukrainskoho natsionalnoho universytetu im. V. Dalia. #8(126). Vol. 1 – Luhansk: SNU im. V. Dalia. - pp. 287-293.
11. Paliy S.V. (2013). *Metod poshuku «idealnoho spivrozmovnyka» dlia korystuvachiv informatsiino-orhanizatsiinoho seredovyscha pidhotovky inozemtsiv*. Upravlinnia rozvytkom skladnykh system. #14. - pp. 154 – 157.
12. Tsiutsiura S.V., Tereikovskiy I.A., Paliy S.V. (2013). *Zastosuvannia neironnykh merezh dlia rozpoznavannia «idealnoho spivrozmovnyka» sered korystuvachiv sotsialnykh merezh*. Systemy upravlinnia, navihatsii ta zviazku. Poltava: PoltNTU. # 4(28). - pp. 123-126.

Стаття надійшла до редакції 22.07.2014

Рецензент: д-р техн. наук, доцент А.О. Білощицький, Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ.