

УДК 37.013

DOI <https://doi.org/10.32840/1992-5786.2019.67-1.30>**Н. В. Валько**кандидат фізико-математичних наук, доцент,
доцент кафедри інформатики, програмної інженерії та економічної кібернетики
Херсонського державного університету

ПОБУДОВА МОДЕЛІ ОСОБИСТІСНО-ОРІЄНТОВАНОГО STEM-НАВЧАННЯ

У роботі розглядаються питання, пов'язані з реалізацією навчального процесу, що ґрунтується на застосуванні сучасних інформаційних технологій. Головною метою цього застосування є досягнення значного рівня індивідуалізації навчального процесу, врахування індивідуальних особливостей і можливостей кожного учасника цього процесу. Реалізація такого підходу стала можливою під час використання в навчальному процесі елементів теорії штучних нейронних мереж, що імітують роботу нейронів головного мозку людини. Серцевиною такої мережі є штучний нейрон, який, отримуючи декілька сигналів різної сили, продукує власний сигнал, що надалі може надходити до інших нейронів мережі. Спираючись на таку мережу, можна побудувати модель навчального процесу, яка значно посилить контроль з боку викладача за навчальним процесом. Більше того, ця мережа може адаптуватися до конкретного навчального завдання, до індивідуальних особливостей як студента, так і викладача.

У роботі побудована математична модель навчального процесу, що використовує сучасні інформаційні технології та нейронні мережі. Їх використання базується на розроблених критеріях успішності виконання різних етапів навчального процесу. Такі критерії розроблено як для студента, так і для викладача. Розглядається така характеристика, як активність учасника навчального процесу. Запропонована числова інтерпретація цього поняття. Це дає можливість контролювати, корегувати й оцінювати активність студента та викладача під час виконання певного навчального завдання. Після закінчення виконання цього завдання нейронна мережа оцінить роботу кожного з них і надасть рекомендації, що спрямовані на покращення досягнутих результатів.

Успішність використання вказаного підходу до проведення навчального процесу значною мірою залежить від тісної координації спільної роботи викладача, студента, технічних і програмних засобів, що задіяні в цьому процесі. Результати роботи нейронної мережі можуть накопичуватися й використовуватися в подальшому.

Ключові слова: індивідуалізація навчання, STEM-навчання, нейронні мережі, критерії, активність.

Постановка проблеми. Сучасні вимоги до навчального процесу з необхідністю ставлять питання посилення контролю за навчальним процесом з боку викладача та підвищення рівня індивідуалізації навчання. Однак вирішення цих проблем у більшості випадків наштовхується на значне збільшення трудомісткості такого навчального процесу й обмеженість часу, необхідного для виконання певного дидактичного завдання. Значну допомогу в подоланні цих перепон можуть надати сучасні інформаційні засоби, поєднані з програмним забезпеченням, що ґрунтується на використанні штучних нейронних мереж. Такий підхід до організації навчального процесу дає можливість у режимі реального часу контролювати його хід, результати і проводити корекцію з метою отримання кращого результату. Для здійснення такого підходу необхідно побудувати математичну модель відповідного навчального процесу (наприклад, лабораторної роботи), тобто встановити певні критерії його успішності. Ці критерії повинні бути досить простими, легко контрольованими й достатньою мірою відображати сутність цього

навчального процесу. Така модель пропонується в роботі.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Сучасні потреби освіти ставлять на порядок денний пошук, розроблення та застосування інноваційних моделей організації навчального процесу [1]. У зв'язку з цим виникає нагальна потреба введення до системи підготовки вчителів природничо-математичних дисциплін елементів STEM-освіти, знайомства студентів з елементами програмування, конструювання, математичного моделювання тощо. Під системою при цьому розуміють «сукупність елементів, що знаходяться у взаємодії та зв'язках один з одним і створюють відповідну цілісність, організовану для досягнення однієї або кількох поставлених цілей» [2].

Питаннями побудови моделей системи навчання засобами нейронних мереж займалися О. Гуменний, С. Короткий, В. Осадчий, В. Круглик, Р. Стрельцов, Л. Славинська та інші. Можливості нейронних мереж як складника системи дистанційного навчання студентів розглянуто П. Федорук [3]. Штучний інтелект у сис-

темі відповідає за контроль знань, що дає змогу визначити рівень навчальних досягнень студентів і змодельовати персональну лінію навчання, підбираючи відповідні навчальні модулі. Р. Стрельцов, Л. Славинська [4] розробили систему комп'ютерного навчання з використанням нейронних мереж для організації оптимальної взаємодії між усіма учасниками навчального процесу. О. Гуменним запропонована модель використання нейронної мережі Коско для концепції проектування Smart-комплексів навчальних дисциплін [5]. У роботах В. Осадчий і В. Круглик, Д. Букреев використовують механізм навчання нейронної мережі для визначення ймовірності вступу абітурієнтів до закладів вищої освіти [6]. Проте питанням побудови моделі нейронної мережі на основі числових характеристик контролю, аналізу та корекції для забезпечення індивідуалізації STEM-навчання приділено мало уваги.

Мета статті – установлення числових характеристик, що піддаються алгоритмізації, контролю, аналізу та корекції засобами нейронних мереж і забезпечують високий рівень індивідуалізації навчання.

Виклад основного матеріалу. Під штучним нейроном розуміють «або електронну, або математичну, або алгоритмічну, або програмно реалізовану модель, елементи якої є прямими аналогами компонент біологічних нейронів» [7, с. 5]. Логічна схема штучного нейрона [7, с. 6] наведена на рис. 1.

На «входи» нейрона подаються числові сигнали x_i ($i = 1, \dots, n$). Ці сигнали підсилюються відповідними ваговими коефіцієнтами w_i ($i = 1, \dots, n$). У результаті в «ядрі» (суматорі) нейрона продукується сигнал величиною $s = \sum_{i=1}^n x_i w_i$. Це зна-

чення називають поточним станом нейрона. Пари числових значень (x_i ; w_i) називають i -м однонапрямленим входним зв'язком, або i -м синапсом нейрона. Поточний стан нейрона, сформований ядром, надходить на «сому» нейрона, що є функцією $y = f(s)$, яку називають активаційною функцією нейрона, або функцією впливу. Цей термін у літературі із соціальних мереж тісно пов'язаний із терміном «дифузія інновацій» [8, с. 34]. Шляхом порівняння поточного стану s нейрона зі значенням «порогу» T в нейроні продукується сигнал виходу y – «аксон», який може бути входним для іншого нейрона.

Окрім штучні нейрони можуть об'єднуватися з іншими нейронами у штучні нейронні мережі, що з інженерного погляду є «паралельно розподілена система обробки інформації, створена тісно пов'язаними простими обчислювальними вузлами, яка має властивість накопичувати експериментальні знання, узагальнювати їх і робити доступними для користувача у формі, зручній для інтерпретації та прийняття рішень» [7, с. 5].

Робота нейронної мережі має бути спрямована на пошук оптимального графіка навчального процесу, за якого поставлене завдання (бажані вихідні дані мережі) буде досягнуто. Фактично нейронна мережа «навчається» працювати з окремим студентом і в подальшому пропонує йому відповідний графік роботи. У разі відхилення фактичних значень від запропонованих нейронна мережа знову «підлаштовується» під роботу студента й виходить на новий оптимальний графік його роботи.

Оскільки нейронна мережа працює з числовими значеннями, то весь навчальний процес необхідно «заціфрувати», тобто визначити головні параметри цього процесу, їх допустимі

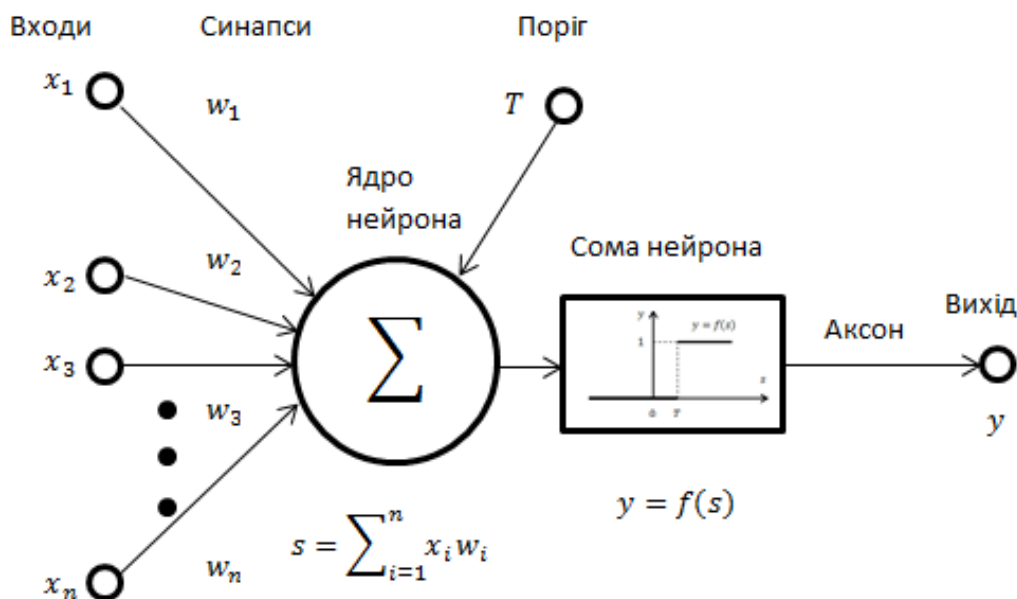


Рис. 1. Схема штучного нейрона

та бажані значення, величину допустимих відхилень фактичних значень параметрів від бажаних. Чисельно оцінити можна, наприклад, оптимальний (бажаний) час на виконання певного завдання. Фактичний час його виконання буде залежати, зокрема, від активності роботи виконавця над цим завданням. Іншими словами, потрібно побудувати математичну модель навчального процесу з використанням нейронної мережі. Така модель представлена нижче.

Щоб увести числове значення активності виконавця, розглянемо певне основне завдання Z , поставлене перед ним (наприклад, під час виконання лабораторної роботи). Нехай це основне завдання потрібно виконати за час T . Припустимо, що для його виконання потрібно виконати N елементарних завдань ($N = 1, 2, \dots$). Під елементарним завданням будемо розуміти нескладне завдання, час виконання якого викладач планує фіксувати під час виконання основного завдання. Елементарне завдання може складатися з однієї або декількох простих операцій, знайомих виконавцю. Позначимо через t_i ($i = 1, 2, \dots, N$) час, за який потрібно виконати i -е елементарне завдання.

При цьому має виконуватися рівність: $T = \sum_{i=1}^N t_i$.

Під час виконання основного завдання виконавець може пропустити деякі елементарні завдання або помилитися під час їх виконання. Позначимо через $N^{(+)}$ кількість елементарних завдань, що виконані без помилок, і через $N^{(-)}$ – кількість невиконаних елементарних завдань. При цьому має виконуватися рівність: $N = N^{(+)} + N^{(-)}$. За активність $A(Z)$ виконавця під час виконання основного завдання Z приймемо відношення кількості виконаних елементарних завдань до кількості всіх елементарних завдань: $A(Z) = \frac{N^{(+)}}{N}$.

Отже, означену активність виконавця можна визначити, розбивши основне завдання на певну кількість елементарних завдань і контролюючи їх виконання відповідно до встановлених часових критеріїв.

Уведемо позначення основних параметрів, що повинні контролюватися під час виконання кожного з етапів лабораторної роботи:

T – час, за який потрібно виконати основне завдання лабораторної роботи (час виконання лабораторної роботи студентом і викладачем);

ΔT – допустиме відхилення від значення параметра T ;

t – фактичний час виконання лабораторної роботи;

L – час, відведений на проведення лекції;

ΔL – допустиме відхилення від значення параметра L ;

l – фактичний час проведення лекції;

$L^{(i)}$ – час, відведений на лекції по i -му елементарному завданню для студента;

$\Delta L^{(i)}$ – допустиме відхилення від значення параметра $L^{(i)}$;

$l^{(i)}$ – фактичний час лекції по i -му елементарному завданню для студента;

P – час, відведений на пояснення студенту основного завдання (час спільної роботи зі студентом);

ΔP – допустиме відхилення від значення параметра P ;

p – фактичний час пояснення;

$P^{(i)}$ – час, відведений на пояснення студенту i -го елементарного завдання;

$\Delta P^{(i)}$ – допустиме відхилення від значення параметра $P^{(i)}$;

$p^{(i)}$ – фактичний час пояснення i -го елементарного завдання;

V – час, відведений на самостійне виконання студентом основного завдання;

ΔV – допустиме відхилення від значення параметра V ;

v – фактичний час самостійного виконання студентом основного завдання;

$V^{(i)}$ – час, відведений на виконання студентом i -го елементарного завдання;

$\Delta V^{(i)}$ – допустиме відхилення від значення параметра $V^{(i)}$;

$v^{(i)}$ – фактичний час самостійного виконання студентом i -го елементарного завдання;

R – час, відведений на тестування основного завдання;

ΔR – допустиме відхилення від значення параметра R ;

r – фактичний час тестування основного завдання;

$R^{(i)}$ – час, відведений на тестування i -го елементарного завдання;

$\Delta R^{(i)}$ – допустиме відхилення від значення параметра $R^{(i)}$;

$r^{(i)}$ – фактичний час тестування i -го елементарного завдання;

$N_s, N_s^{(+)}, N_s^{(i)}$ – кількість усіх елементарних завдань, які повинен виконати студент; виконаних студентом; які повинен виконати студент під час лекції;

$x_s^{(l)}(i)$ – результат виконання студентом i -го елементарного завдання під час лекції;

$N_s^{(l+)}, N_s^{(l)}$ – кількість елементарних завдань, виконаних студентом під час лекції; які потрібно виконати під час пояснення;

$x_s^{(p)}(i)$ – результат виконання студентом i -го елементарного завдання під час пояснення;

$N_s^{(p+)}, N_s^{(p)}$ – кількість елементарних завдань, виконаних студентом під час пояснення; які повинен виконати студент під час самостійної роботи;

$x_s^{(v)}(i)$ – результат виконання студентом i -го елементарного завдання під час самостійної роботи;

$N_s^{(v+)}$, $N_{st}^{(r)}$ – кількість елементарних завдань, які виконані студентом під час самостійної роботи та які потрібно виконати під час тестування;

$x_s^{(l)}(i)$ – результат виконання студентом i -го елементарного завдання під час тестування;

$N_s^{(r+)}$ – кількість елементарних завдань, виконаних студентом під час тестування;

N_l , $N_t^{(+)}$, $N_t^{(l)}$ – кількість усіх елементарних завдань, відповідно, які повинен виконати викладач; виконаних викладачем; які потрібно виконати викладачу під час лекції;

$x_t^{(l)}(i)$, $x_t^{(p)}(i)$, $x_t^{(v)}(i)$, $x_t^{(r)}(i)$ – результат виконання викладачем i -го елементарного завдання, відповідно, під час лекції; під час пояснення; під час самостійної роботи студента; під час тестування;

$N_t^{(+)}$, $N_t^{(p+)}$, $N_t^{(v+)}$, $N_t^{(r+)}$ – кількість елементарних завдань, виконаних викладачем, відповідно, під час лекції; під час пояснення; під час самостійної роботи студента; під час тестування;

$A_s^{(l)}$, $A_s^{(p)}$, $A_s^{(v)}$, $A_s^{(r)}$ – активність студента, відповідно, на лабораторній роботі; на лекції; під час пояснення; під час самостійного виконання завдання; на тестуванні;

A_l , $A_t^{(l)}$, $A_t^{(p)}$, $A_t^{(v)}$, $A_t^{(r)}$ – активність викладача, відповідно, на лабораторній роботі; на лекції; під час пояснення; під час самостійного виконання студентом завдання; під час тестування;

O_s , O_t – оцінка студента/викладача за лабораторну роботу.

Контроль за такою кількістю параметрів неможливий без застосування інформаційних технологій. З іншого боку, ці параметри дають можливість підібрати оптимальний план навчального процесу, у якому будуть ураховані індивідуальні особливості роботи як студента, так і викладача. Крім того, стає можливим адекватно оцінити як роботу студента, так і викладача під час виконання лабораторної роботи й окремих її етапів.

Між указаними вище параметрами повинні виконуватися такі співвідношення, що характеризують навчальний процес:

– фактичний час виконання певного етапу лабораторної роботи не повинен перевищувати запланованого з допустимим додатним відхиленням;

– зекономлений на виконанні певних етапів роботи час можна використовувати для виконання інших етапів роботи;

– виконаних елементарних завдань не може бути більше ніж заплановано;

– загальна кількість виконаних елементарних завдань на кожному з етапів роботи дорівнює сумі результатів виконання елементарних завдань на цьому етапі;

– загальна кількість елементарних завдань дорівнює сумі цих завдань на кожному з етапів роботи;

– одне елементарне завдання виконує лише один виконавець і лише один раз;

– активність виконавця на кожному з етапів роботи є відношенням кількості виконаних ним елементарних завдань до їх запланованої кількості на цьому етапі;

– під час етапів пояснення й тестування студент виконує ті елементарні завдання, які може виконати, у протилежному випадку елементарне завдання виконує (демонструє) викладач.

Хід виконання лабораторної роботи повинен відповідати певним критеріям, що забезпечують її успішне виконання:

– студент повинен намагатися виконати всі поставлені перед ним завдання в установлені терміни, тобто потрібно добиватися виконання рівностей;

– викладач під час лекції повинен повністю використати її час на активізацію опорних знань, на ознайомлення студентів із необхідними для виконання роботи теоретичними й технічними знаннями;

– під час етапів пояснення, самостійного виконання студентом елементарних завдань, тестування викладач повинен, пояснюючи за необхідності ці завдання, добиватися їх самостійного виконання студентом.

Наведені вище критерії можна вважати бажаними значеннями виходів нейронної мережі, до яких вона повинна наближати відповідні фактичні значення.

Мінімізацію відхилення бажаних вихідних значень нейронної мережі від фактичних, як правило, проводять за методом найменших квадратів, тобто мінімізуючи:

а) цільову функцію

$$E_s = \left(\sum_{i=1}^{N_s^{(l)}} \frac{l^{(i)}}{L^{(i)}} x_s^{(l)}(i) - 1 \right)^2 + \left(\sum_{i=1}^{N_{st}^{(p)}} \frac{p^{(i)}}{P^{(i)}} x_s^{(p)}(i) - 1 \right)^2 + \left(\sum_{i=1}^{N_s^{(v)}} \frac{v^{(i)}}{V^{(i)}} x_s^{(v)}(i) - 1 \right)^2 + \left(\sum_{i=1}^{N_{st}^{(r)}} \frac{r^{(i)}}{R^{(i)}} x_s^{(r)}(i) - 1 \right)^2,$$

за результатами роботи студента;

б) цільову функцію:

$$E_t = \left(\sum_{i=1}^{N_t^{(l)}} \frac{l^{(i)}}{L^{(i)}} x_t^{(l)}(i) - 1 \right)^2 + \left(\sum_{i=1}^{N_{st}^{(p)}} \frac{p^{(i)}}{P^{(i)}} x_t^{(p)}(i) \right)^2 + \left(\sum_{i=1}^{N_t^{(v)}} \frac{v^{(i)}}{V^{(i)}} x_t^{(v)}(i) \right)^2 + \left(\sum_{i=1}^{N_{st}^{(r)}} \frac{r^{(i)}}{R^{(i)}} x_t^{(r)}(i) \right)^2.$$

за результатами роботи викладача.

Висновки і пропозиції. З наведеного вище можна резюмувати, що використання штучних нейронних мереж у навчальному процесі можливе. Їх застосування в поєднанні з новими інформаційними технологіями дає можливість значно підвищити рівень індивідуалізації процесу навчання.

У подальших дослідженнях можуть бути розглянуті питання про побудову нейронних мереж для різноманітних форм педагогічної діяльності, що піддаються алгоритмізації.

Список використаної літератури:

1. Луценко Г.В., Козуля Л.В. Аналіз особливостей впровадження проблемно-орієнтованого навчання у системі вищої освіти України. *Вісник Чернігів. нац. пед. ун-ту. Серія «Пед. науки»*. 2016. № 138. С. 91–95.
2. Про затвердження Кодексу системи передачі : Постанова Національної комісії, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг, від 14.03.2018№309.Датаоновлення:08.11.2019.URL: <http://www.nerc.gov.ua/?id = 31909> (дата звернення: 27.11.2019).
3. Федорук П.І. Використання інтелектуальних агентів для інтенсифікації процесу навчання. *Штучний інтелект*. 2004. № 3. С. 379–384.
4. Стрельцов Р.В., Славинская Л.В. Искусственный интеллект в образовании. *Сборник научных трудов студентов, магистров и преподавателей*. Донецк : ДонНТУ, 2010. С. 148–152.
5. Гуменний О.Д. Концепція проектування smart-комплексів навчальних дисциплін для закладів професійної (професійно-технічної) освіти. *Теорія і методика професійної освіти*. 2018. № 2 (18). С. 100–112.
6. Осадчий В.В., Круглик В.С., Букреєв Д.О. Розробка програмного засобу для прогнозування вступу абітурієнтів до закладів вищої освіти. *Ukrainian Journal of Educational Studies and Information Technology*. 2018. № 6 (3). С. 55–69.
7. Бодянский Е.В., Руденко О.Г. Искусственные нейронные сети: архитектуры, обучение, применения. Харьков : ТЕЛТЕХ, 2004. 369 с.
8. Губанов Д.А., Новиков Д.А., Чхартишвили А.Г. Социальные сети: модели информационного влияния, управления и противоборства. Москва : Издательство физико-математической литературы, 2010. 228 с.

Valko N. Individualization criteria for STEM-learning by neural network

This paper addresses issues related to the implementation of an educational process based on the use of modern information technologies. The main purpose of this use is to achieve a significant level of individualization of the educational process, taking into account the individual characteristics and capabilities of each participant in this process. Implementation of this approach became possible when using elements of the theory of artificial neural networks that simulate the work of human brain neurons in the educational process. At the heart of such a network is an artificial neuron, which, by receiving several signals of varying strength, produces its own signal that may later flow to other neurons in the network. Based on such a network, it is possible to build a model of the educational process, which will significantly increase the control of the teacher on the educational process. Moreover, this network can adapt to a specific learning task, to the individual characteristics of both the student and the teacher.

The mathematical model of the educational process using modern information technologies and neural networks is constructed. Their use is based on the developed criteria for the success of the various stages of the educational process. Such criteria are designed for both the student and the teacher. The characteristic of activity of the participant of educational process is considered in the work. A numerical interpretation of this concept is proposed. This gives the opportunity to control, adjust and evaluate the activity of the student and the teacher during the performance of a specific learning task. Upon completion of this task, the neural network will evaluate the work of each of them and provide recommendations aimed at improving the results achieved.

The success of using this approach to the educational process depends to a large extent on the close coordination of the collaborative work of the teacher, student, technical and software tools involved in the process. The results of neural network operation can be accumulated and used in the future.

Key words: individualization of training, STEM-training, neural networks, criteria, activity.