

УДК 629.4.014

**В.А. Газетдінов***Черкаський державний технологічний університет***ОПТИМІЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ПІДБОРУ ІНВЕНТАРЯ ДЛЯ НАСТІЛЬНОГО ТЕНІСУ НА ОСНОВІ ПОБУДОВИ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ ЗА КРИТЕРІЯМИ ВІДПОВІДНОСТІ**

*У статті досліджується питання оптимізації пошукових процесів та актуальність використання штучних нейронних мереж. Проводиться аналіз останніх публікацій в обраній темі та розглядаються переваги штучних нейронних мереж над традиційними видами знаходження рішень. Встановлено, що сучасні нейромережі є узагальненням штучних нейронів, з'єднаних між собою шарів. Окреслюються перспективи використання комп'ютерних технологій з метою автоматизації процесів підбору інвентарю для гри в настільний теніс. Наявні комп'ютерні програми носять комерційний характер, даючи змогу, програмістам розробляти власні функції суматора, на основі підпрограм, які кодуються на високому рівні. Описана задача вибору накладок та основ із врахуванням стилю гри гравця, як фундаментальне завдання для результативної гри.*

*Зосереджується увага на виникненні задач оптимізації в науці, техніці та шляхів вирішення завдяки правильно побудованому алгоритму оптимізації, який полягає у відшукуванні розв'язків які будуть максимізувати або мінімізувати шукану функцію і крім цього задовольняти початкову систему сформульованих обмежень. Побудована математична модель описаних процесів для реалізації алгоритму проведення оцінки критеріїв відповідності шуканих елементів та числа нейронів. Сформульована теорема А. Н. Горбаня, яка дає можливість побудувати пошукову систему за критеріями відповідності, використовуючи штучні нейронні мережі. Показана, у вигляді схеми, узагальнена модель нейрона, яка активно використовується при побудові математичної моделі. На початкових етапах математичного моделювання нейронних мереж, як правило, вводили до розгляду граничні функції, на даний час, вдало використовується сігмоїдальна функція. При побудові пошукової нейромережевої системи, в ролі передатних функцій використовуються сігмоїда, синус, гіперболічний тангенс та ін., дані функції всіх нейронів у мережі є фіксованими, а ваги є змінними параметрами, залежно від поставленої задачі. Досліджено основні етапи побудови нейронних мереж, які дозволяють знаходити великого класу оптимізаційних задач, а саме зосереджена увага на практичному використанні при підборі інвентарю для гри в настільний теніс.*

*Ключові слова:* нейронна мережа, процес оптимізації, вектор, функція, пошукова система, алгоритм, параметри пошуку.

*Рис.: 1 Літ.: 6***V.A. Tazetdinov****OPTIMIZATION OF THE PROCESS OF SELECTION OF EQUIPMENT FOR TABLE TENNIS BASED ON THE CONSTRUCTION OF NEURAL NETWORKS BY THE CRITERIA OF CONFORMITY**

*The article deals with the problem of optimization of search processes and the urgency of the use of artificial neural networks. An analysis of recent publications in the chosen topic is under consideration and the advantages of artificial neural networks over traditional types of solutions are considered. It is established that modern neural networks are a generalization of artificial neurons, interconnected layers. The perspectives of using computer technologies for the purpose of automation of inventory selection processes for table tennis are outlined. Available computer programs are commercial in nature, enabling programmers to develop their own add-on functions, based on subprograms that are coded at a high level. The task of selecting the overlays and bases, taking into account the player's play style as a fundamental task for a productive game, is described.*

*The focus is on the emergence of optimization problems in science, technology and solutions through a well-built algorithm of optimization, which consists in finding solutions that will maximize or minimize the desired function and, in addition, satisfy the initial system of formulated constraints. The mathematical model of the described processes for the implementation of the algorithm for evaluating the criteria for the matching of the desired elements and the number of neurons is constructed. The theorem of A. N. Gorbani was formulated, which makes it possible to construct a search engine according to the criteria of conformity using artificial neural networks. It is shown, in the form of a scheme, a generalized model of the neuron, in the initial stages of the simulation of neural networks, as a rule, introduced the boundary functions into consideration, at present, the sigmoidal function is successfully used. When constructing a search engine neural network system, the role of transfer functions is used for sigmoid, sinus, hyperbolic tangent, etc., the data of the functions of all neurons in the network are fixed, and weights are variable parameters depending on the task. The main stages of the construction of neural networks are investigated, which allow finding a solution to a large class of optimization problems, namely the focus on practical use in selecting equipment for playing table tennis.*

*Keywords:* neural network, optimization process, vector, function, search system, algorithm, search parameters.

**В.А. Газетдинов****ОПТИМІЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ПОДБОРУ ІНВЕНТАРЯ ДЛЯ НАСТОЛЬНОГО ТЕНІСУ НА ОСНОВЕ ПОСТРОЕНИЯ НЕЙРОННИХ СЕТЕЙ ПО КРИТЕРИЮ СООТВЕТСТВИЯ**

*В статье исследуется вопрос оптимизации поисковых процессов и актуальность использования искусственных нейронных сетей. Проводится анализ последних публикаций в выбранной теме и рассматриваются преимущества искусственных нейронных сетей над традиционными видами нахождения решений. Установлено, что современные нейросети являются обобщением искусственных нейронов, соединенных*

между собой слов. Определяются перспективы использования компьютерных технологий с целью автоматизации процессов подбора инвентаря для игры в настольный теннис. Имеющиеся компьютерные программы носят коммерческий характер, позволяя программистам разрабатывать собственные функции сумматора, на основе подпрограмм, которые кодируются на высоком уровне. Описанная задача выбора накладок и оснований с учетом стиля игры игрока, как фундаментальная задача для результативной игры.

Сосредотачивается внимание на возникновении задач оптимизации в науке, технике и путей решения благодаря правильно построенному алгоритму оптимизации, который заключается в отыскании решений которые будут максимизировать или минимизировать искомую функцию и кроме этого удовлетворяют начальную систему сформулированных ограничений. Построена математическая модель описанных процессов для реализации алгоритма проведения оценки критериев соответствия искомым элементам и числа нейронов. Сформулированная теорема А. Н. Горбана, которая дает возможность построить поисковую систему по критериям соответствия, используя искусственные нейронные сети. Показана в виде схемы, обобщенная модель нейрона, которая активно используется при построении математической модели. На начальных этапах математического моделирования нейронных сетей, как правило, вводили к рассмотрению предельные функции, в настоящее время, удачно используется сигмоидальная функция. При построении поисковой нейросетевой системы, в роли передаточных функций используются сигмоида, синус, гиперболический тангенс и др., Данные функции всех нейронов в сети фиксированы, а веса являются переменными параметрами, в зависимости от поставленной задачи. Исследованы основные этапы построения нейронных сетей, которые позволяют находить решения большого класса оптимизационных задач, а именно сосредоточено внимание на практическом использовании при подборе инвентаря для игры в настольный теннис.

**Ключевые слова:** нейронная сеть, процесс оптимизации, вектор, функция, поисковая система, алгоритм, параметры поиска.

**Вступ.** Сучасний розвиток спортивної науки нерозривно пов'язаний із використанням новітніх комп'ютеризованих систем. Значна кількість експериментальних методів із залученням ІТ технологій присутня в такій грі як настільний теніс. Необхідною передумовою для високого рівня підготовки у вказаній грі є успішний вибір накладки та основи, кожна з якої володіє окремими властивостями, які в тій чи іншій мірі можуть вплинути на гру, крім цього виникає потреба вдалого поєднання спортивного інвентарю з ігровим стилем гравця [4]. З точки зору новітніх наукових результатів, встановлено, що ігрова діяльність є невід'ємною ланкою цілісної системи, яка забезпечує задоволення основних потреб людини, реалізація якої, на практиці, має великий стимулюючий вплив.

Настільний теніс, який за своєю потребою для того щоб забезпечити результативну гру на високому рівні не вимагає особливо складної організації та затрат матеріально-технічного забезпечення, має колосальну популярність в світі, про що можна з впевненістю стверджувати виходячи із статистичних даних адже рекордне число країн-учасниць чемпіонату світу з настільного тенісу складається з 141 країни – з них 80 чоловічих і 61 жіноча команди. Характерними рисами тенісиста є: аналітичне мислення, швидкість реакції, вдало розвинута координація рухів, стійкість, витривалість, м'язова сила організму. У гравців простежується автоматизм у виконанні прийомів – один з цінних якостей рухової діяльності спортсмена. Автоматизація ігрових процесів дає змогу переключити його свідомість на оцінку обстановки та швидкому, а головне правильному прийняттю рішення, що є дуже важливим під час дії у складних умовах захисту. Оскільки гра в настільний теніс здійснює досить сильне фізичне навантаження на організм гравця.

Ю. П. Байгулов разом із А. Н. Романіним навели статистичні дані провівши аналіз гри гравця в теніс встановили, що гравець захисного стилю на 10-15 ударів витрачає 4-12 сек. і здійснює 65-70 різноманітних за видом та способом (біг, крок, стрибок, скачок, ривок, випад) переміщень в середньому не менше 0,7 м кожне. Що становить близько 50 м при розігруванні одного очка, близько 800 – 1000 м за партію та біля 2500- 5000 м за зустріч [4].

Численна кількість проблем пов'язана із врахуванням відповідних властивостей, критеріїв для вибору шуканих елементів в науці, медицині, спорті і тд., можна сформулювати в клас оптимізаційних задач [1]. Процес оптимізації полягає у відшуканні рішення, яке повинно задовольняти систему заданих в умові обмежень та максимізувати або мінімізувати шукану (цільову) функцію.

Якщо проводити порівняння між традиційними методами розрахунку та нейронними мережами то останні мають переваги в окремих досліджуваних множинах. Для того щоб мати змогу застосовувати нейромережі, необхідно щоб розробник забезпечив виконання наступних вимог: множину даних, яка буде містити інформативні матеріали, що описують поставлену задачу, пояснення та розуміння вихідної природи досліджуваного питання та засобів дослідження, булеан множини (потужність), можливість вибору функції суматора, передатної функції [2].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Сучасні наукові праці вітчизняних та зарубіжних вчених зосереджені на поєднанні технічних, спортивних напрямів для автоматизації роботи та отримання високоякісних результатів. Відомі тренери з настільного тенісу Р. В. Барчукова, В. М. Богушас, О. В. Матицін стверджують, що, на сьогодні, значних результатів у гри, підвищення технічної майстерності можна досягти за рахунок оптимізації підбору інвентарю для гри, використання комп'ютерних технологій [4].

Нова ера проведення обчислювальних процесів вимагає знань, умінь та навичок набагато досконаліших за підходи в традиційних обчисленнях та оптимізаційних процесах [3]. На початкових етапах обчислення розглядалися лише апаратними, але завдяки своїй професійній майстерності інженери втілили їх в роботу. На наступному етапі розвитку обчислювальних процесів важливу роль відіграли програмісти, інформаційні фахівці обробки даних у великих кількостях. На сьогодні можна із впевненістю стверджувати, що це поява нейронних архітекторів. Де сучасний спеціаліст повинен поєднати в собі всі уміння та навички попередників та мати високу кваліфікацію та якість своєї роботи, і крім цього логічно мислити, мати емпіричне уміння та інтуїтивні здібності.

Таким чином, виникає необхідність до побудови нейронної оптимальної мережі. Це пояснюється тим, що нейронні мережі дають змогу сконструювати високопрофесійний програмний та математичний продукт для сучасних комп'ютерів для проведення розрахунків на високому рівні [6].

**Формулювання цілей статті (постановка завдання).** Дослідити актуальність використання нейронних мереж та основні етапи оптимізації під час пошуку спортивного інвентарю для гри в настільний теніс.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Під штучною нейронною мережею варто розуміти певну математичну модель або пристрій оснований на паралельних обчисленнях, які являють собою систему замкнених та залежних між собою зв'язків тривіальних процесорів чи штучних нейронів. Характеризуючи математичну модель штучних нейронних мереж можна відмітити, що вона є частинним випадком дискримінантного аналізу, а отже процесори які використовуються в роботі є простими на відміну від процесорів, які використовуються в персональних комп'ютерах. Це пояснюється тим, що нейромережеві процесори оперують тільки із сигналами, які періодично отримують та періодично передають наступним процесорам. Незважаючи на простоту роботи процесорів, відмітимо, що завдяки об'єднанню в масштабну мережу із управлінською взаємодією, такі прості, в локальному розумінні, процесори мають змогу розв'язувати досить складні завдання [5].

На практиці штучну нейронну мережу асоціюють із зв'язаним між собою набором штучних нейронів. У більшості випадків передатні функції є фіксованими для всіх нейронів розташованими в мережі, під параметрами меж розглядаються ваги, які при потребі можуть змінюватися. Вводячи до розгляду на входи мережі певні набори чисел ми матимемо якийсь набір чисел тільки вже відповідно на виходах мережі. Іншими словами роботу нейромережі можна описати, як процес перетворення вхідного вектора із наперед вказаними вагами мережі у вихідний вектор.

Варто звернути увагу на те, що нейронні мережі, в звичайному для нас розумінні, не програмуються, вони навчаються. Значною перевагою нейронних мереж над звичними для нас алгоритмами є те, що при побудові штучних нейронних мереж присутній етап навчання мережі. Головна мета навчання мережі зосереджена на відшуканні коефіцієнтів зв'язків між нейронами. Під час навчання нейрона, є можливість з'ясувати існуючі зв'язки між вхідними та вихідними даними та проводити здійснювати узагальнення. Якщо навчання пройде успішно, то нейронна мережа запропонує правильний результат спираючись на дані, які не були представлені у початковій навчальній вибірці. Більшість практичних задач можна звести до задачі, яка розв'язується за допомогою штучних нейронних мереж. Головна мета полягає у вдалому навчанні мережі, тобто поясненні завдання, які від неї вимагаються до виконання.

Розглянемо алгоритм проведення оцінки за критеріями відповідності елементів. Для цього характеристики елементів представимо у вигляді вектора

$$X = (x_1, x_2, \dots, x_n), \quad (1)$$

який представляє усереднений образ

$$Y = (y_1, y_2, \dots, y_n). \quad (2)$$

Фундаментальною теоремою для побудови пошукової системи за вказаними критеріями на основі нейронних мереж слугує теорема А. Н. Горбаня [5]: для довільної кількості пар вхідних-вихідних векторів довільної розмірності

$$(X^k, Y^k), k = \overline{1, K}$$

нейронна мережа характеризується послідовними зв'язками, з сигмоїдальними функціями,  $f(s) = 1/(1 + e^{-as})$ , а також скінченним числом нейронів, де для вхідного вектора  $X^k$  формується у відповідність вихідний вектор  $Y^k$ .

Якщо необхідно дослідити багатовимірні функції великої кількості змінних видається за доцільне використати двошарову однорідну нейронну мережу для успішної реалізації пошукової системи за критеріями відповідності. Крім цього необхідно провести оцінку числа нейронів, які розташовуються у прихованих шарах. Для цього необхідно розглянути число синаптичних ваг  $\delta_w$  межах досліджуваної багатошарової мережі

$$\frac{\delta_y + \delta_p}{1 + \log_2(\delta_p)} \leq \delta_w \leq \delta_y \left( \frac{\delta_p}{\delta_x} \right) \cdot (\delta_x + \delta_y + 1) + \delta_y,$$

де  $\delta_x, \delta_y$  – розглядаються як розмірність вхідного, вихідного сигналу,  $\delta_w$  – число елементів початкової вибірки.

Після проведення оцінки числа ваг, варто провести оцінку числа нейронів у прихованих шарах

$$\delta = \frac{\delta_w}{\delta_x + \delta_y}.$$

Кінцевим етапом створення мережі для пошуку за певними критеріями відповідності елементів, а в нашому випадку вдалому підборі інвентарю для гри в настільний теніс, вважається процес створення вагових коефіцієнтів для кожного окремого нейрона, на кожному з шарів новоствореної мережі. Узагальнена модель нейрона зображується у вигляді на рис. 1 [2]:

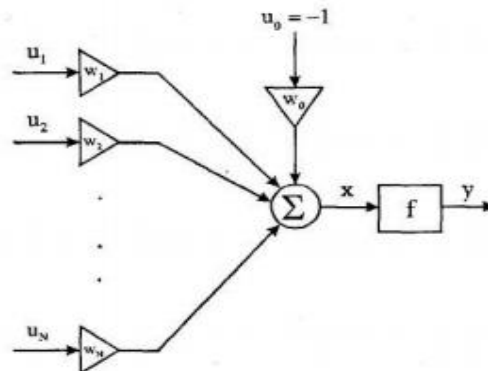


Рис. 1 Узагальнена модель нейрона

$u_1, \dots, u_N$  – вхідні сигнали досліджуваного нейрона, які надходять від інших нейронів;  $w_1, \dots, w_N$  – синаптичні ваги;  $y$  – вихідний сигнал нейрона. Легко бачити, що нейрон можна описати своїми вагами та передатними функціями.

Провівши детальний аналіз наукових праць в галузі інформаційних технологій, можна з впевненістю стверджувати, що практичне використання нейромережевих пошукових систем є невід'ємною складовою сучасного розвитку більшої частини наукових спрямувань, так як забезпечує оптимальні результати при вирішенні важливих завдань, зокрема при виборі інвентарю для гри в настільний теніс [6]. Наукові доробки тренерів педагогів акцентують увагу на тому, що вдало підібраний інвентар забезпечить високу техніко-тактичну підготовку та точність рухів гравців.

**Висновки.** Нейромережеві системи утворюють новий високотехнологічний напрям в розвитку більшості галузей науки та мають фундаментальне значення в практичному використанні. Розглянуто основні етапи проведення традиційних обчислень та доцільності переходу до оптимізаційних методів з метою успішного вибору інвентарю для гри в настільний теніс. Досліджено процес побудови штучних нейронних мереж та основні етапи проведення критеріїв оцінок для шуканих параметрів задач із використанням сигмоїдальної передатної

функції, наведено у вигляді схеми узагальнену модель нейрона. Встановлено, що штучні нейромережеві пошукові системи складаються з базового блоку – штучного нейрона. Описана фундаментальна теорема А. Н. Горбаня для побудови пошукових нейромережевих систем з використанням критеріїв відповідності. Практичне значення теореми полягає в перетворенні вхідного вектора у вихідний із обов'язковим врахуванням ваг мережі. Спосіб з'єднання між нейронами має вагомий вплив на результативну роботу мережі.

Сучасні пакети комп'ютерних програм дають змогу користувачеві вносити зміни у роботу нейромережевих систем завдяки корегуванню параметрів зв'язків, залежно від умови задачі. Існує велика різноманітність підходів у роботі інженерів - програмістів для побудови ефективних нейромереж. Таким чином, стає зрозуміло, що будь-яку задачу різної природи виникнення можна розв'язати із використанням штучних нейромережевих систем. Перспективи подальших досліджень процесів оптимізації при виборі інвентарю для гри в теніс полягає у розвитку теорії штучних нейронних мереж та практичній реалізації існуючих методів та основних підходів використання нейронних архітекторів.

### Література

1. Барчукова Г.В. Системи искусственного интеллекта / Г.В. Барчукова, В. М. Богушас, О.В. Матыцин; под ред. Г.В. Барчуковой. - М.:Издательскийцентр «Академия», 2012. – 528 с.
2. Горбань А. Н. Обучение нейронных сетей / А. Н. Горбань. – Москва : СП «ПараГраф», 2016. –160 с.
3. Кравец П.И. Метод оптимизации весовых коэффициентов нейронных сетей с помощью генетического алгоритма при реализации на программируемых логических интегральных схемах / П.И. Кравец, В.Н. Шимкович // «Электронное моделирование». – 2013. – №3. – С. 65-75.
4. Ландик В.І. Методология спортивной подготовки:Настольный Теннис / В.І.Ландик, Ю.Т. Похолечук, Г.Н. Арзютов– Донецк: Норд Прес, 2017. – 592 с.
5. Терехов В.А. Нейросетевые системы управления: Учеб. пособие для вузов / В.А.Терехов, Д.В.Ефимов , И.Ю. Тюкин. – М: Высшая школа. 2014. – 183с.
6. Petr I. Kravets, Tatyana I. Lukina, Valeriy A. Zherebko, Vladimir N. Shimkovich. Methods of Hardware and Software Realization of Adaptive Neural Network PID Controller on FPGA-Chip. // Journal of Automation and Information Sciences. New York, USA, 2017, Vol. 43 / Issue 4, P. 70-77.

Стаття надійшла до редакції 20.06.2018