

**Мозолевська М.О.**  
**Ставицький О.В.**

канд. економ. наук, доцент  
ORCID ID: 0000-0002-2114-0892

Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут імені гора Сікорського»

## **ВИКОРИСТАННЯ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ У ФІНАНСОВІЙ СФЕРІ**

### **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ В ФИНАНСОВОЙ СФЕРЕ**

#### **USING NEURAL FOR FORECASTING IN THE FINANCIAL SECTOR**

*У статті висвітлено аспекти використання штучних нейронних мереж для моделювання та прогнозування економічних та фінансових показників. Для того, щоб підприємство могло функціонувати більш ефективно, створюються безліч статистичних методів і моделей, а також спеціалізовані програмні забезпечення. Однак більшість методів мають істотний недолік - лінійність, тобто можливість описати більшість процесів лінійної залежністю, а також однозначність стаціонарного рішення в системі лінійних рівнянь, що робить її недостатньо коректною. У таких випадках актуальним є використання нейронних мереж як способу моделювання економічних процесів. Існує декілька підходів для реалізації штучних нейронних мереж, серед яких варто виділити програмний метод. Цей метод має низку очевидних переваг, пов'язаних з простотою використання і впровадження в інформаційно-керуючу систему. Для роботи з нейромережами існує велика кількість спеціалізованих програм, одні з яких більш універсальні, інші - вузькоспеціалізовані.*

**Ключові слова:** нейронна мережа, прогноз, моделювання, фінансові ряди.

*В статье освещены аспекты использования искусственных нейронных сетей для моделирования и прогнозирования экономических и финансовых показателей. Для того, чтобы предприятие могло функционировать более эффективно, создаются множество статистических методов и моделей, а также специализированные программные обеспечения. Однако большинство методов имеют существенный недостаток - линейность, то есть возможность описать большинство процессов линейной зависимостью, а также однозначность стационарного решения в системе линейных уравнений, что делает ее недостаточно корректной. В таких случаях актуальным является использование нейронных сетей как способа моделирования экономических процессов. Существует несколько подходов для реализации искусственных нейронных сетей, среди которых стоит выделить программный метод. Этот метод имеет ряд очевидных преимуществ, связанных с простотой использования и внедрения в информационно-управляющую систему. Для работы с нейросетями предназначено большое количество специализированных программ, одни из которых более универсальны, другие - узкоспециализированные.*

**Ключевые слова:** нейронная сеть, прогноз, моделирование, финансовые ряды.

*The article highlights aspects of artificial neural networks for modeling and forecasting of economic and financial indicators. To ensure that the company could operate more effectively, are many statistical methods and models, as well as specialized software. However, most methods have a significant drawback - linearity, ie the possibility to describe most of the processes of linear dependence and uniqueness of stationary solutions in the system of linear equations, which makes it not correct. In such cases, topical application of neural networks as a way of modeling economic processes. There are several approaches to implement artificial neural networks, among which is to provide a software method. This method has a number of obvious advantages related to ease of use and implementation of information management system. To work with neural networks for a large number of specialized programs, some of which are more universal, others - highly specialized.*

**Keywords:** neural network, forecasting, modeling, financial series.

**Вступ.** Більшість сфер людської діяльності, у тому числі економіка, потребують постійного вдосконалення. З кожним роком стрімко збільшуються обсяг інформації і швидкість її зміни. Обробка та управління такою кількістю даних людським інтелектом є малоефективною, а використання традиційних обчислень стає трудомістким процесом. Тому на допомогу приходять сучасні інформаційні технології. На сьогоднішній день для аналізу даних широко застосовуються різні інтелектуальні методи, зокрема, нейронні мережі. Питанням дослідження даних засобами нейронних мереж займалися вітчизняні та іноземні вчені: Хайкін С., Руденко О. Г., Бодяньський Є. В., Осовський С. та інші. Це досить гнучкий продукт, надає розробникам велику кількість можливостей для досягнення конкретних цілей [1].

**Постановка завдання.** Для того, щоб підприємство могло функціонувати більш ефективно, створюються безліч статистичних методів і моделей, а також спеціалізовані програмні забезпечення. Однак більшість методів мають істотний недолік - лінійність, тобто можливість описати більшість процесів лінійної залежністю, а також однозначність стаціонарного рішення в системі лінійних рівнянь, що робить її недостатньо коректною. У таких випадках актуальним є використання нейронних мереж як способу моделювання економічних процесів.

Метою даного дослідження було обрано висвітлити поняття штучної нейронної мережі та принципи її функціонування. Дослідити використання нейронних мереж як способу прогнозування та моделювання економічних та фінансових процесів, а також висвітлити основні види програмного забезпечення для роботи з нейронними мережами.

**Методологія.** Теоретичну та методологічну основу дослідження становить сукупність загальнонаукових і спеціальних принципів та положень, методів і прийомів наукового дослідження, використання яких зумовлено поставленими метою і завданнями.

**Результати дослідження.** Моделювання економічних процесів може здійснюватися як за допомогою традиційних математичних методів, так і з застосуванням сучасних методів, до яких відносяться нейромережеві технології [2,3]. Нейронні мережі дозволяють вирішувати завдання, з якими не можуть впоратися традиційні методи, вони здатні вирішувати завдання, спираючись на неповну, зашумлену, викривлену інформацію. Важливою перевагою використання нейронних мереж для обробки масивів даних є значне підвищення швидкодії процесу в порівнянні з традиційними математичними методами, можливість навчання нейронної мережі за еталонними зразками, а також зміна топології мережі (підбір входних параметрів, які гарантують отримання моделі найбільш високої точності), виходячи з вимог розв'язуваної задачі.

Поняття нейронної мережі прийшло з біології, де це поняття визначено як мережу, яка складається з біологічних нейронів, що зв'язані та функціонально об'єднані в нервовій системі. Хоч і нейромережа є спрощеною моделлю людського мозку, вона досить успішно використовуються при вирішенні найрізноманітніших завдань.

Інтерес до використання штучних нейронних мереж в економіці росте з кожним днем. Вони добре зарекомендували себе у вирішенні багатьох прикладних фінансово-економічних задачах. Штучні нейронні мережі є незамінними при якісній обробці колосальних потоків даних, без чого дуже складно, а часом і неможливо адекватно оцінити ситуацію на ринку і прийняти вірне рішення. Все це свідчить про необхідності подальшого вивчення, розвитку і впровадження апарату штучних нейронних мереж на практиці.

Нейронні мережі доцільно використовувати для вирішення погано формалізованих завдань (які вимагають трудомістких обчислень). До таких завдань відносяться:

1. Прогнозування. Це перший клас економічних задач, які можна вирішити, застосовуючи штучні нейронні мережі. Саме їх здатність до узагальнення і виявлення прихованих залежностей усередині елементів мережі дозволяє впоратися з подібними завданнями. прикладами можуть служити:

- прогнозування рівня попиту на новий товар або послугу;
- прогнозування обсягів продажів;
- прогнозування поведінки клієнтів;
- аналіз надійності фірми і визначення ймовірності її банкрутства;
- передбачення зміни вартості акцій в певний період часу;
- прогнозування доцільності впровадження інноваційних проектів і їх економічної ефективності;
- оцінка платоспроможності клієнта і ризику надання йому кредиту.

2. Наступним типом завдань, для вирішення яких можуть бути використані штучні нейронні мережі, є класифікація об'єктів економічного аналізу. Наприклад, класифікація клієнтів за ступенем ризику надання їм позики.

Розглянувши основні типи економічних завдань, які можна вирішити за допомогою апарату штучних нейронних мереж, ми можемо звернутися до міжнародної практики, і подивитися, як деякі компанії застосовують нейронні мережі в своїй діяльності.

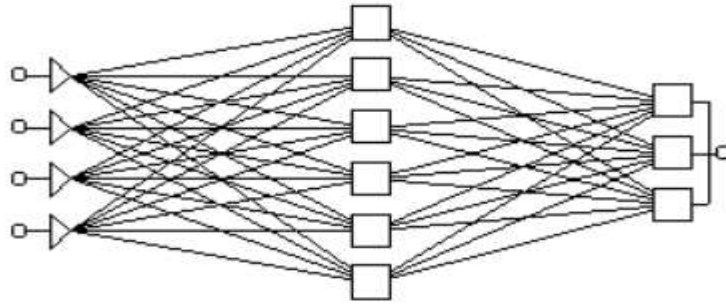
Яскравим прикладом успішного використання штучних нейронних мереж може бути фінансова корпорація Citicorp, що застосовує великий спеціалізований нейрокомп'ютер для аналізу і короткострокового передбачення коливань курсів валют. Сукупна точність прогнозів, зроблених нейронною мережею, перевершила результати найдосвідченіших брокерів корпорації.

Ще однією фірмою, яка впровадила в свою діяльність аналіз ринку на основі нейромережових технологій, є фірма Richard Borst, торгує нерухомістю. З початку використання нейропакета оборот фірми в Нью-Йорку і Пенсільванії збільшився на 6% [4].

Штучна нейронна мережа - це система, що складається з багатьох простих обчислювальних елементів (нейронів), певним чином пов'язаних між собою. Найбільш поширеними є багатошарові мережі, в яких нейрони об'єднані в шари. Шар, в свою чергу - це сукупність нейронів, на які в кожний такт часу паралельно надходить інформація від інших нейронів мережі, тобто виходи нейронів з'єднуються з входами інших нейронів, так сигнал від одного елемента передається іншим.

Після того, як визначено кількість шарів і число елементів в кожному з них, мережу потрібно навчити [5,6], тобто визначити значення для ваг і порогів мережі, які мінімізували б помилку прогнозу, що видається мережею. Помилка для конкретної конфігурації мережі визначається шляхом прогону через мережу всіх наявних спостережень і порівняння вихідних значень, що реально видаються, із бажаними (цільовими) значеннями. По суті, процес навчання є підгонка моделі, яка реалізується мережею, до наявних навчальних даних.

Типовий приклад роботи нейронної мережі показаний на рис.1. Вхідний шар призначений просто для введення значень вхідних змінних. Кожен з прихованих і вихідних нейронів з'єднаний з усіма елементами попереднього шару. Можна було б розглядати мережі, в яких нейрони пов'язані тільки з декотрими з нейронів попереднього шару; однак, для більшості випадків краще надавати перевагу мережам з повною системою зв'язків.



*Рис.1. Схема нейронної мережі*

На сьогоднішній момент існує кілька десятків структур нейронних мереж. Оскільки всі штучні нейронні мережі базуються на концепції нейронів, з'єднань та передатних функцій, існує подібність між різними структурами нейронних мереж. Більшість змін походить з різних правил навчання. Для процесу навчання необхідно мати модель зовнішнього середовища, у якій функціонує нейронна мережа – потрібну для вирішення задачі інформацію. Також, необхідно визначити, як модифікувати вагові параметри мережі. Алгоритм навчання означає процедуру, у якій використовуються правила навчання для налаштування ваг. Існують три загальні парадигми навчання: «з вчителем», «без вчителя» (самонавчання) і змішана [7].

Навчити нейронну мережу – значить, повідомити їй, чого ми від неї маємо. Нейронна мережа може навчатися з вчителем або без нього. Після багаторазового пред'явлення прикладів ваги нейронної мережі стабілізуються, причому нейронна мережа дає правильні відповіді на всі (або майже всі) приклади з бази даних. У такому випадку говорять, що «нейронна мережа вивчила всі приклади», «нейронна мережа навчена», або «нейронна мережа натренована». У програмних реалізаціях можна бачити, що в процесі навчання величина помилки (сума квадратів помилок по усіх виходах) поступово зменшується. Коли величина помилки досягає нуля або прийняттого малого рівня, тренування зупиняють, а отриману нейронну мережу вважають натренованою і готовою до застосування нових даних.

Однією з досить значимих областей застосування нейронних мереж у фінансовій сфері є прогнозування на фондовому ринку. Стандартні методи, які не використовують нейронні мережі, ґрунтуються на жорсткому фіксованому наборі «правил гри», які з часом втрачають свою актуальність через зміни умов торгів на фондовій біржі. До того ж, системи такого типу є занадто повільними для ситуацій, які вимагають від трейдера (учасника торгів) миттєвого прийняття рішень. Таким чином, застосування нейронних мереж є досить потужним методом прогнозування, який дозволяє відтворювати досить складні залежності. Нейронні мережі для прогнозування фондового ринку мають ряд наступних переваг:

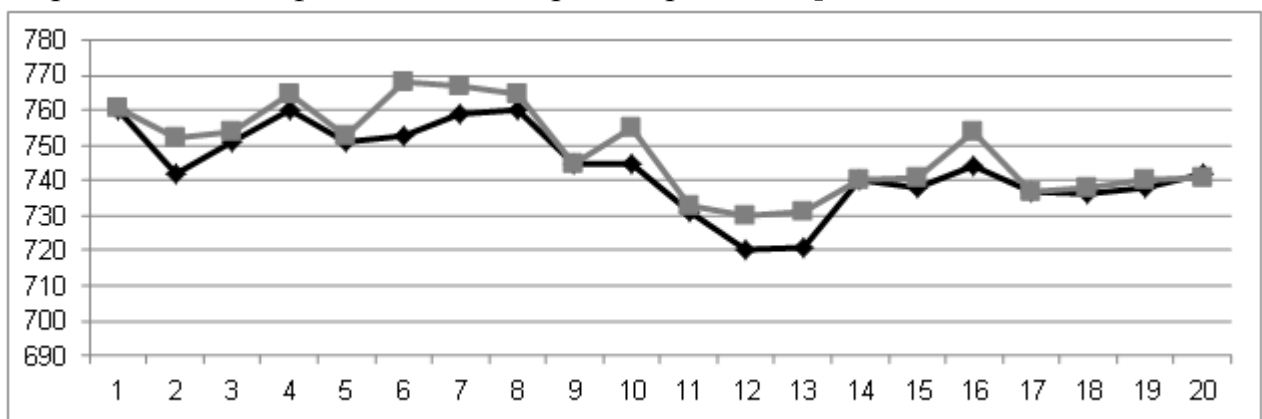
- Простота у використанні, так як нейронні мережі навчаються на прикладах. Користувач нейронної мережі підбирає представницькі дані, а потім запускає алгоритм навчання, який автоматично сприймає структуру даних.

- Нейронні мережі привабливі з інтуїтивної точки зору, тому що вони засновані на примітивній біологічній моделі нервових систем. В майбутньому розвиток таких нейробіологічних моделей може привести до створення дійсно мислячих комп'ютерів [8].

- Передбачення фінансових часових рядів - необхідний елемент будь-якої інвестиційної діяльності.

Сама ідея інвестицій з метою отримання доходу в майбутньому заснована на ідеї прогнозування майбутнього. Прогноз фінансових часових рядів є основою діяльності всієї індустрії інвестицій – всіх бірж і позабіржових систем торгівлі цінними паперами [9]. Отже, для якісного прогнозу необхідно використовувати якісно підготовлені дані, а також нейропакет з більшою функціональністю. Для роботи з нейромережами призначена велика кількість спеціалізованих програм, одні з яких більш універсальні, інші – вузькоспеціалізовані. Коротко розглянемо деякі застосовувані програми:

1. Matlab - настільна лабораторія для математичних обчислень, проектування електричних схем і моделювання складних систем. Вона має вбудовану мову програмування і вельми багатий інструментарій для нейронних мереж - Anfis Editor (навчання, створення, тренування і графічний інтерфейс), командний інтерфейс для програмного завдання мереж, nnTool – для більш тонкої конфігурації мережі. Підходить для первинної роботи прогнозування ринку Forex, [10] а також на рис. 2. показані результати нейромережевого моделювання індексу ПФТС за даними за перші 20 днів 2015 року. Чорним кольором позначені фактичні дані, сірим - прогнозні [11].



*Рис.2. Приклад виведення результат нейромережевого моделювання індексу ПФТС [8]*

Для моделювання в пакеті Matlab застосована нейронна мережа Елмана [9]. Ця мережа дозволяє пам'ятати свої попередні дії і реалізовувати завдання

навчання, які розгортаються в часі, що актуально для прогнозування часових рядів з пам'яттю.

2. Statistica - досить потужне забезпечення, що застосовується для пошуку та аналізу даних і виявлення статистичних закономірностей. В даному пакеті робота з неймережами представлена в модулі STATISTICA Neural Networks (скорочено, ST Neural Networks (рис. 3), нейронно-мережевий пакет фірми StatSoft), являє собою реалізацію всього набору неймережевих методів аналізу даних [12].

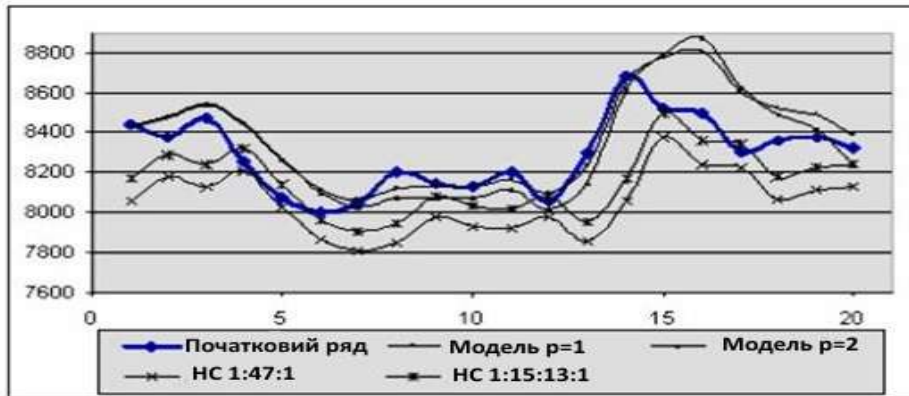


Рис. 3. Результати прогнозів адаптивних моделей і отриманих нейронних мереж для динаміки курсу акцій з використанням ST Neural Networks

3. NeuroShell Day Trader – неймережева система, яка враховує специфічні потреби трейдерів, хоч вона і легка в використанні, програма досить вузькоспеціалізована, вона підходить для торгівлі, але за своєю суттю дуже близька до чорного ящика [9] (рис. 4).

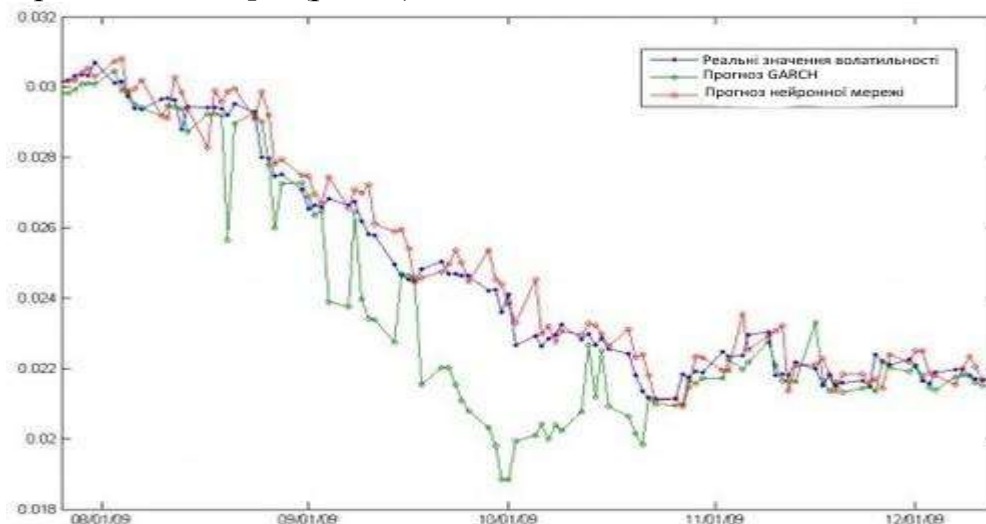


Рис. 4. Результати розрахунку індексу з використанням NeuroShell Day Trader

При побудові нейронної мережі для торгівлі на біржовому ринку виникає ряд питань таких же, як і при створенні торгової стратегії без використання ней-

ронних мереж. Так як ринок весь час змінюється, необхідно визначити, який період на графіку використовується для навчання нейронної мережі. Відповідно до цього, тут можуть виникнути проблеми: якщо обрано невдалий період, наприклад з високою волатильністю, викликаною рядом непрогнозованих і, можливо, в майбутньому неповторюваних подій, то це призведе до помилки і зниження точності прогнозу [13].

4. BrainMaker – даний пакет призначається для вирішення таких завдань, для яких формальні методи і алгоритми поки не знайдені, вхідні дані неповні, зашумлені і суперечливі. До таких завдань відносяться біржові та фінансові прогнозування, моделювання кризових ситуацій, розпізнавання образів і багато інших.

BrainMaker – один з перших пакетів і лідерів ринку. Спочатку був розроблений на замовлення військових. Для бізнес-додатків пакет був адаптований вже в 90-му році і був удостоєний престижної премії журналу PC Magazine «Кращий програмний продукт року» [9]. З тих пір пакет щорічно перемагає на різних конкурсах, пережив 20000 інсталяцій (що для спеціалізованого пакету досить чимало) і сьогодні є найбільш популярним нейропакетом в США (рис. 5).

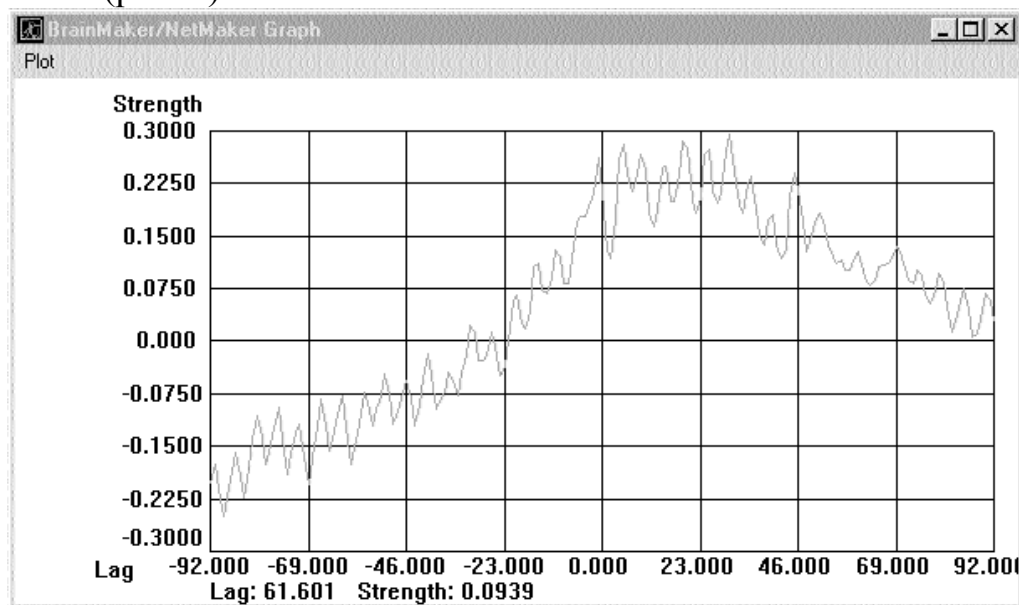


Рис. 5. Приклад прогнозування зміни цін на акції компанії Bart-Davis-100 (BD100) з використанням BrainMaker

**Висновки.** Використання нейронних мереж як способу моделювання економічних процесів є актуальним в розрізі проблеми, коли обробка та управління великою кількістю даних людським інтелектом є малоефективною, а використання традиційних обчислень стає трудомістким процесом.



Застосування нейронних мереж є досить потужним методом прогнозування, який дозволяє відтворювати досить складні залежності. Воно вирішує багато актуальних проблем у сфері економіки та фінансів.

Однією з досить важливих областей застосування нейронних мереж у фінансовій сфері є прогнозування на фондовому ринку. Застосування нейронних мереж є досить потужним методом прогнозування, який дозволяє відтворювати досить складні залежності.

Різноманітність програмного забезпечення для реалізації штучних нейронних мереж дає економістам-аналітикам широкий спектр вибору, який буде здійснюватись у залежності від поставлених завдань, а також області дослідження.

### Література:

1. Ежов А. А. Нейрокомпьютинг и его применение в экономике и бизнесе / А. А. Ежов, С. А. Шумский. – М.: МИФИ, 1998. – 222 с.
2. Галушкин А. И. Теория нейронных сетей. Кн.1: Учебное пособие для вузов. / А. И. Галушкин. // Издательское предприятие редакции журнала «Радиотехника». – 2000. – С. 215
3. Мкртчян С. О. Нейроны и нейронные сети / С. О. Мкртчян. – М.: Энергия, 1970. – 230 с.
4. Deepmind обыграл чемпиона мира по логической игре го [Электронный ресурс]: Новости высоких технологий — Режим доступа: <https://hinews.ru/technology/ii-alphago-ot-deep-mind-obygral-chempiona-mira-pologicheskoy-igre-go.html>
5. Новиков В.А. Организация и обучение искусственных нейронных сетей: Экспериментальное учеб. пособие. / В.А.Новиков, Л.В.Калацкая, В.С.Садов – Минск: БГУ, 2003. – 72 с.
6. Хайкин С. Нейронные сети / С. Хайкин. – М. : Вильямс, 2006. – 1103 с.
7. Степанов В. А. Фондовый рынок и нейросети [Электронный ресурс] / В. А. Степанов // Мир ПК. – 1998. – Режим доступа до ресурсу: <http://www.osp.ru/pcworld/1998/12/159835/>.
8. Герасименко Н. А. Нейросетевые технологии в анализе фондового рынка [Электронный ресурс] / Н. А. Герасименко. – 1998. – Режим доступа до ресурсу: [http://fa-kit.ru/main\\_dsp.php?top\\_id=1086](http://fa-kit.ru/main_dsp.php?top_id=1086)
9. Мицель А. А. Прогнозирование динамики цен на фондовом рынке / А. А. Мицель, Е. А. Ефремова. // Известия Томского политехнического университета. – 2007. – №8.
10. Андриенко В. М. Анализ и моделирование динамики украинского фондового рынка / В. М. Андриенко, А. Ш. Тулякова. // Научный журнал «Аспект». – 2011. – №2. – С. 34.
11. Иванов Д. В. Прогнозирование финансовых рынков с использованием искусственных нейронных сетей [Электронный ресурс] / Д. В. Иванов – Режим доступа до ресурсу: [forex-mmcs.ru/D.Ivanov](http://forex-mmcs.ru/D.Ivanov).
12. Уоссермен Ф. [Текст] / Ф. Уоссермен. Нейрокомпьютерная техника: Теория и практика. - Пер. с англ., 1992. - 118 с.
13. Уоссермен Ф. Нейронные сети. Модифицированные базовые индикаторы в NeuroShell DayTrader. Часть 1. Май 21, 2012 – 00:25 [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://iworkclub.net/IskusstvennieNejronnieSeti/uossermen-nejronnie-seti>