

Технічні науки

УДК 620.3

Харченко Наталя Сергіївна

студентка

*Національного технічного університету України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»*

Харченко Наталья Сергеевна

студентка

*Национального технического университета Украины
«Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского»*

Kharchenko Natalia

Student of the

*National Technical University of Ukraine
«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»*

Сердаковський Віталій Сергійович

старший викладач кафедри БМК

*Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»*

Сердаковский Виталий Сергеевич

старший преподаватель кафедры БМК

*Национальный технический университет Украины
«Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского»*

Serdakovsky Vitaliy

*Senior Lecturer of the Department of Biomedical Cybernetics
National Technical University of Ukraine
«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»*

**ОЗНАЙОМЧИЙ АНАЛІЗ МЕТОДІВ ДІАГНОСТИКИ ХВОРОБИ
ПАРКІНСОНА ТА ПОКРАЩЕННЯ АЛГОРИТМУ ДЛЯ ОБРОБКИ
ОЦИФРОВАНОГО ЗОБРАЖЕННЯ СПІРАЛІ АРХІМЕДА
ОЗНАКОМИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ ДИАГНОСТИКИ
БОЛЕЗНИ ПАРКИНСОНА НА РАННИХ СТАДИЯХ И
УЛУЧШЕНИЕ АЛГОРИТМА ДЛЯ ОБРАБОТКИ
ОЦИФРОВАННОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ СПИРАЛИ АРХИМЕДА
TRIAL ANALYSIS OF DIAGNOSTIC METHODS OF PARKINSON'S
DISEASE AT EARLY STAGES AND IMPROVEMENT OF THE
ALGORITHM FOR PROCESSING THE DIGITAL IMAGE OF THE
ARCHIMEDES SPIRAL**

Анотація. У статті було проведено огляд сучасної літератури, в якій розглядається проблеми діагностики хвороби Паркінсона, а також використання різних методів проведення ранньої діагностики. Представлено ідеї покращення алгоритму обробки зображення з намальованою спіраллю Архімеда, яка може бути використана для віддаленої діагностики хвороби. Розглядається проблеми, які можуть виникнути під час встановлення діагнозу та можливі варіанти їх вирішення. Проведений аналіз допоміг встановити, що провести ранню діагностику людей для встановлення тремтливого паралічу складно, а дистанційна діагностика майже не відбувається, тому розробка сучасних рішень таких проблем допоможе медичним працівникам покращити лікування людей від хвороби Паркінсона.

Ключові слова: хвороба Паркінсона, спіраль Архімеда, сегментація зображення, комплексне число, трасування ліній, векторизація, нейронна мережа.

Аннотация. В статье был проведен обзор современной литературы, в которой рассматриваются проблемы диагностики болезни

Паркинсона, а также использование различных методов ранней диагностики. Представлены идеи улучшения алгоритма обработки изображения с нарисованной спиралью Архимеда, которая может быть использована для удаленной диагностики болезни. Рассматриваются проблемы, которые могут возникнуть при установлении диагноза и возможные варианты их решения. Проведенный анализ помог установить, что провести раннюю диагностику людей для установления трепетного паралича сложно, а дистанционная диагностика почти не происходит, поэтому разработка современных решений таких проблем поможет медицинским работникам улучшить лечение людей от болезни Паркинсона.

Ключевые слова: болезнь Паркинсона, спираль Архимеда сегментация изображения, комплексное число, трассировка линий, векторизация, нейронная сеть.

Summary. The article reviewed the modern literature, which considers the problems of diagnosing Parkinson's disease, as well as the use of various methods of early diagnosis. Ideas for improving the image processing algorithm with a drawn Archimedes spiral, which can be used for remote diagnosis of the disease, are presented. The problems that may arise in the establishment of a diagnosis and possible options for their solution are considered. The analysis made it possible to establish that it is difficult to carry out early diagnosis of people for the establishment of anxious paralysis, and remote diagnosis is almost non-existent, therefore, the development of modern solutions to such problems will help medical professionals to improve the treatment of people from Parkinson's disease.

Key words: Parkinson's disease, Archimedes spiral image segmentation, complex number, line tracing, vectorization, neural network.

Постановка проблеми. Сучасна медицина змогла зробити великий крок у діагностиці та лікуванні такої хвороби як Паркінсона. Проте ряд проблем досі не було вирішено. Методи лікування, які використовуються для лікування хвороби, не мають можливості повністю її вилікувати, а лише полегшити майбутнє життя людині. Таке лікування дозволяє лише відтягнути момент, коли хвороби повністю «заволодіє» нервовою системою людини. Тому процес лікування необхідно розпочинати якомога раніше, аби препарати були більш ефективні під час профілактики.

Науковці знають, що одним із основних та найголовніших симптомів хвороби є тремор спокою, який проявляється найпершим і тому він може допомогти при виявленні захворювання на ранніх стадіях. Такий тремор може бути ледь помітним для людини, а так як хвороба починає вражати людей у похилому віці, більшість вважають його нормальним проявом старості. Тому сучасна медицина активно працює над розробками методів для діагностики хвороби на ранніх стадіях.

Тестування, яке може визначити хворобу на генетичному рівні, досі не існує, тому залишається проведення постійних тестів для виявлення симптомів. Одним із таких тестувань є малювання спіралі Архімеда, яке має доволі високу точність під час виявлення тремору спокою.

Створення алгоритму для автоматичної обробки таких зображень може допомогти у проведенні діагностики, а також слідкуванні за розвитком захворювання.

Формування цілей статті (постановка завдання). Аналіз сучасних наукових доповідей, праць та методів, які висвітлюють питання діагностики хвороби Паркінсона.

Виклад основного матеріалу. Хвороба Паркінсона є хронічним, прогресуючим, нейродегенеративним захворюванням, що характеризується як руховими так і не тільки руховими розладами [1]. Дане захворювання є другим за поширеністю нейродегенеративним

розладом після хвороби Альцгеймера. Вона, як правило, розвивається у віці від 55 до 60 років і зустрічається у 1-2% людей у віці старше 60 років, підвищуючись до 3,5% у віці 85-89 років. Приблизно 0,3% популяції людства постраждало, також поширеність серед чоловіків більша, ніж у жінок, при співвідношенні 1,5 до 1,05 хвороба може бути поширена серед людей європейського походження, ніж серед азіатського та африканського [2]. Проте важливо пам'ятати, що у таку статистику не входять люди у яких не було діагностовано хвороби.

Диференціальна діагностика захворювання повинна включати всебічний анамнез та фізичний огляд. Складні або сумнівні випадки слід направляти до фахівців для подальшої оцінки. Не існує остаточних тестів для підтвердження діагнозу; тому клінічний діагноз вимагає від лікаря перегляд історії хвороби, оцінки симптомів та виключення альтернативних діагнозів, таких як багатосистемна атрофія, хвороба DLB та суттєвий тремор.

Було виявлено, що саме зниження рівня дофаміну в поперечному руслі визначається як основна причина рухових симптомів розладу, що включають тремор у стані спокою, ригідність «зубчастого колеса» та брадикінезію. Немоторні симптоми включають розлади сну, депресію та когнітивні зміни. Як правило, пацієнти починають відчувати рухові симптоми хвороби Паркінсона після встати від 50% до 80% дофамінових нейрогенів [3].

Щоб втрутитись раніше у лікування хвороби необхідно мати можливість ідентифікувати людей, до того як вони зазвичай отримують діагноз. Більшість нейрогенетичних процесів протікають за схемою прогресування від народження або додіагностичної фази до категоріальних стадій захворювання і, зрештою, смерті. Виходячи з прогресу в галузі інфекційних захворювань та раку, важко спростувати аксіому про те, що раннє виявлення є кращим, коли доступні препарати, які можуть змінити

основний процес хвороби [4]. Тому, необхідна можливість встановлення раннього діагнозу для людей в яких може бути виявлена хвороба Паркінсона.

Одним із найвідоміших та найдавніших методів діагностики хвороби це проведення тесту на гострий виклик за допомогою леводопи або апоморфіну. Проте клінічні показники, щодо корисності наркотичного виклику під час діагностики різняться. Такий тест призначають під час гострої необхідності, коли є сумніви щодо діагнозу; однак приблизно 30% ймовірності помилково негативного та 20% до 30% шансу помилково позитивного.

Інші відомі методи для встановлення діагнозу [5]:

- Візуалізація комп'ютерної томографії з однофотонною емісією використовує радіомічену сполуку як зонд транспортерів дофаміну для вивчення прогресії пресинаптичної дофамінергічної дегенерації.
- Магнітно-резонансна томографія ефективна для вимірювання ступеня атрофії мозку та визначення наявності структурних уражень, які можуть бути пов'язані з паркінсонізмом.

Проте проведення таких тестів відбувається лише тоді, коли людина почала помічати у себе перші симптоми захворювання. Тому, для покращення лікування головним напрямленням стало рання діагностика хвороби Паркінсона, оскільки коли хворий вже починає відчувати тремор, може бути пізно.

Існують спеціальні тести для визначення тремору, які можуть допомогти під час його визначення, а отже у встановленні діагнозу для хворих на Паркінсона [6].

Почерк. Він змінюється як і під час есенціального тремору, так і хворобі Паркінсона. При треморі він стає більш великорозмашистий, тремтячим, незграбним, відсутні з'єднання між буквами (Букви великі,

загострені, незграбні, з хвилястими контурами, які не з'єднані між собою) аж до неможливості писати при грубому тремтінні. При хворобі Паркінсона процес написання стає повільнішим та утрудненим, а почерк більш дрібний та щільний, іноді «павуковим», що затрудняє читання.

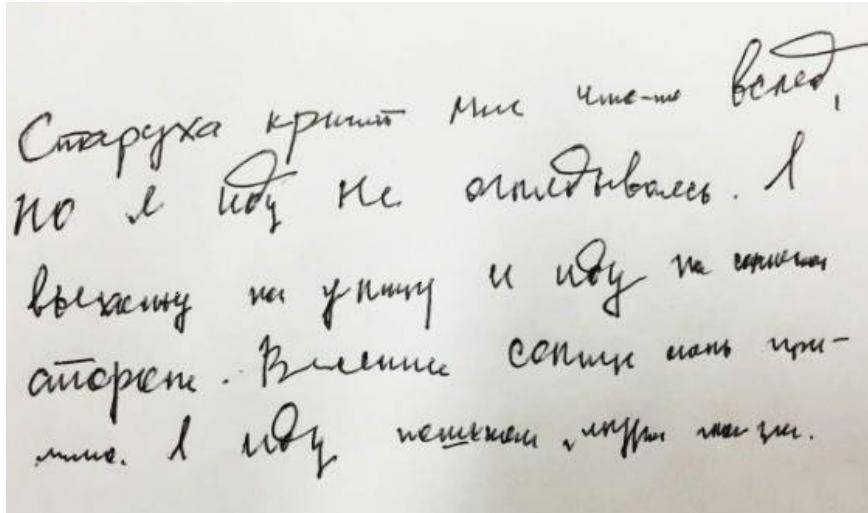


Рис. 1. Почерк при синдромі Паркінсона [7]

Спіраль Архімеда. Друга проба для виявлення тремору - малювання «спіралі Архімеда», коли пацієнта просять скопіювати спіраль, зображену лікарем. При есенціального треморі спіраль зазвичай крупніше, ніж спіраль лікаря, лінія нерівна і зазублена. При хворобі Паркінсона спіраль меншого розміру, і при наявності тремору відзначається тремтіння лінії.



Рис. 2. Спіраль Архімеда хворого з есенціальним тремором [8]

Малювання прямої лінії. Такий тест направлений на знаходження кінетичного тремору.

Було вирішення обрати за основу тестування за допомогою малювання спіралі Архімеда, так як воно має доволі високу точність під час встановлення діагнозу до 93% [9]. Створення мобільного додатку для обробки такого малюнку може допомогти під час діагностики. Алгоритм створений для обробки оцифрованого зображення має наступні кроки [10]:

1. Сегментація зображення;
2. Побудова послідовності точок спіралі;
3. Визначення діапазону зміни коефіцієнта комплексного числа (число на яке множиться вектор попередньої точки від початку спіралі до точки з послідовності для отримання вектора для поточної точки);
4. Обробка та отримання результатів.

Такий алгоритм направлений на виявлення кривизни спіралі за рахунок зміни коефіцієнту комплексного числа. Визначивши відповідний діапазон можливо встановити чи присутній у людини есенціальний тремор, а також можливо стадію хвороби Паркінсона. Проте, присутній ряд ускладнень, які алгоритм так і не зміг вирішити.

Побудова послідовності точок спіралі ускладнюється тим, що під час малювання спіралі можливі перетини її витків, через що неможливо визначити за яким принципом їх відрізнити до якого з витків відноситься точка. Пропонується створити нейронну мережу та навчити її на тестових даних для побудови послідовності, а також встановлення діагнозу [11].



Рис. 3. Перетин витків спіралі

Нейронна мережа. Штучна нейронна мережа це математична модель людського мозку. Відомо, що мозок складається з великої кількості маленьких елементів – нейронів, які поєднуються між собою зв'язками, які можуть передавати сигнали. Сигнали змінюються проходячи через нейрони. За допомогою присутності великої кількості таких нейронів людина може приймати рішення та робити логічні висновки. Створення такої моделі може дозволити навчити комп'ютер вирішувати деякі проблеми випадковим чином. Для навчання нейронної мережі необхідна наявність вибірки за допомогою якої мережа самостійно побудує структуру для оптимального моделювання даної вибірки. Після навчання мережа має можливість розраховувати результати, якщо вона має на вхід дані, які не були представлені у вибірці для навчання [12].

Штучний нейрон головним чином імітує роботу та властивості біологічного нейрона. На вхід до його поступає деяка кількість сигналів, кожен з яких є виходом з іншого нейрона. Усі нейрони мають загальні риси.

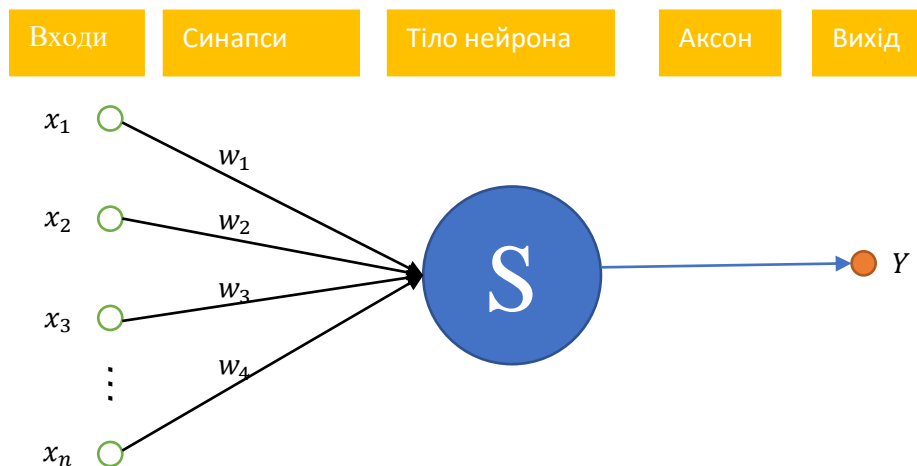


Рис. 4. Математична модель нейрона

Можна побачити, що штучний нейрон, так само як і біологічний, складається з синапсів, які пов'язують входи з ядром. Ядром нейрона виконує обробку інформації вхідних сигналів та аксона, який пов'язує його

з нейронами наступного шару. Кожен синапс має свою вагу, яка визначає вплив відповідного входу нейрона на його стан під час обробки. Такий стан визначається за формулою:

$$S = \sum_{i=1}^n x_i w_i, \quad (1)$$

де n – число входів нейрона, x_i – значення i -го входу нейрона, w_i – вага i -го входу нейрона. Після чого розраховується значення аксону за формулою:

$$Y = f(S), \quad (2)$$

де f – деяка функція, яку називають активаційною. Частіше за все у якості активаційної функції використовують сигмоїду, яка має наступний вигляд:

$$f(x) = \frac{1}{1 + e^{-\alpha x}}, \quad (3)$$

Така функція може бути продиференційована на свій осі абсцис та має доволі просту похідну, саме тому її часто використовують:

$$f'(x) = \alpha f(x)(1 - f(x)), \quad (4)$$

Така проста модель штучного нейрона має ряд розходжень із біологічним. Наприклад вона не приймає до уваги затримку у часу, які впливають на динамічну систему. Вхідні сигнали одразу починають породжувати вихідні. А також не бере до уваги вплив функції частотної модуляції або синхронізації біологічного нейрона, які вважають ключовими [13]. Проте вона може бути використана для нашого випадку так як на виході буде отримано результат від 0 до 1, що можна представити як, чим ближче значення до 1 тим більший шанс того, що людина має хворобу Паркінсона.

Далі починається різниця між кількістю шарів. Одношарова нейрона мережа приймає сигнали вхідного шару та одразу подається на вихідний шар. Усі необхідні розрахунки відбуваються одразу та їх результат подається на вихід.

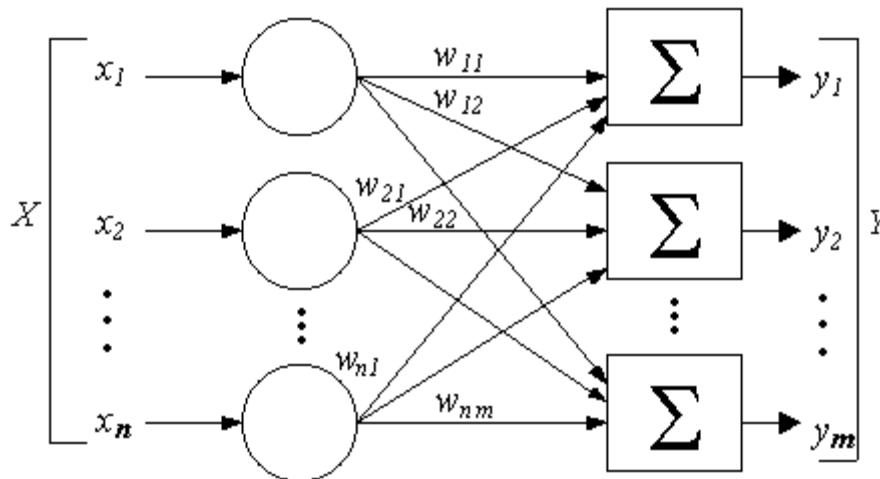


Рис. 5. Одношарова нейронна мережа

На рисунку 5 можна побачити схему одношарової нейронної мережі де присутній один вхідний шар у вигляді кружечків, а справа розташований шар звичайних нейронів. Стрілками позначені поєднання нейронів один з один, а на них розташовані ваги відповідних зв'язків [14].

Для багатошарової нейронної мережі характерна наявність додаткових скритих шарів. Такі шари розташовані між вхідними та вихідними шарами. На рисунку 6 розташована багатошарова нейронна мережа.

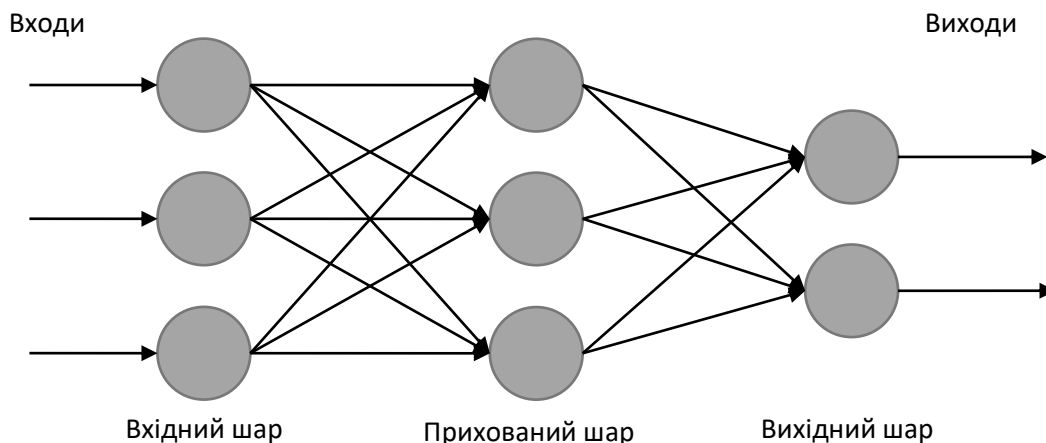


Рис. 6. Багатошарова нейронна мережа

Для побудови нейронної мережі яка б виконувала обробку зображення спіралі нам необхідна багатошарова нейронна мережа. Кожному кроку алгоритму буде відповідати як мінімум один шар мережі. Після визначення структури необхідно провести навчання на вибірці даних.

Навчання може відбуватися декількома способами «з вчителем» та «без вчителя». Навчання «з вчителем» означає, що існує повний набір даних із результатами виконання на всіх етапах побудови. При цьому навчання «без вчителя» передбачає, що існує тільки набір даних, який не має вказівки що з ним робити. Нейронна мережа повинна самостійно визначити кореляцію у даних, визначає корисні ознаки та аналізує їх. В залежності від задачі систематизація даних може відбуватися по різному [15]:

- Кластеризація – групування даних за загальними ознаками;
- Визначення аномалій – визначення частини даних, які є підозрілими по відношенню до інших;
- Асоціація – визначивши ключові ознаки правильних результатів, модель може передбачити за ними наступні;
- Автоенкодері – вони приймають на вхід дані, після чого зашифровують їх та намагають розшифрувати.

Також, існує навчання «з частковим залученням вчителя». Його використовують коли база даних складається, як з помічених та і не помічених даних.

Оскільки, в нас вже розроблений приблизний алгоритм обробки зображення, а також база даних із намальованими спіралями та реальними встановленими діагнозами пацієнтів, то кращим варіантом буде використовувати навчання «з вчителем».

Висновки. Отже, основна проблема сучасної діагностики та лікування хвороби Паркінсона встановлення діагнозу на ранніх стадіях. Так як запорукою успіху лікування є якомога швидший його початок.

Алгоритм представлений у статті та його модернізація допоможе лікарям у ранній діагностиці. Людина зможе провести тестування не тільки в присутності лікаря, а й дистанційно, що дозволить протести діагностику більшої кількості людей. Також при подальшій розробці може існувати можливість встановлення стадії хвороби, через що відпаде необхідність постійного відвідування лікарень.

Такий підхід до діагностики особливо необхідно створювати у сучасному світі, коли через карантинні обмеження необхідно мінімізувати кількість людей у місцях скупчення людей, а також необхідно розвантажити роботу лікарень.

Література

1. Parkinson's disease and its management / George DeMaagd, Ashok Philip // Журнал «Pharmacy and Therapeutics» США. 2015. №40(8) С. 504-510.
2. An update on the diagnosis and treatment of Parkinson disease / Philippe Rizek, Hiraj Kumar, Mandar S. Jog // Журнал «CMAJ» Канада. 2016. №188(16). С. 1157-1165.
3. Diagnosis and treatment of Parkinson disease: molecules to medicine / Joseph M. Savitt, Valina L. Dawson, Ted M. Dawson // Журнал «The journal of clinical investigation» США. 2006. №116(7). С. 1744-1754.
4. An early diagnosis is not the same as a timely diagnosis of Parkinson's disease / Richard N. Rees, Anita P. Acharya, Anette Schrag, Alastair J. Noyce // Журнал «F1000Research» Велика Британія. 2018. №7.
5. Early diagnosis of Parkinson's disease: recommendations from diagnostic clinic guidelines / Rajesh Pahwa, Kelly E. Lyons // Журнал «AJMC» США. 2010. №16 (4). С. 94-99.

6. Тремор при болезни Паркинсона и эссенциальном треморе: Практические аспекты дифференциальной диагностики / Н. Титов, Ю. Бездольный, И. Штучный, Д. Сибецкий // Научно-практический журнал для врачей «МЕДИЦИНСКИЙ СОВЕТ». Москва. 2019. №9. С. 46-54.
7. Разница между эссенциальным тремором и болезнью Паркинсона [Электронный ресурс]. 2018. URL: <https://raznisa.ru/raznica-mezhdu-essencialnym-tremorom-i-boleznyu-parkinsona/>
8. Эссенциальный тремор [Электронный ресурс]. 2020. URL: <https://yarmedexpert.ru/essencialnyi-tremor-statia-kurapin.html>
9. Диагностическое приложение для обнаружения ранних признаков болезни Паркинсона [Электронный ресурс]. 2017. URL: <https://evercare.ru/parkinson-screening-app>.
10. Обработка оцифрованного изображения спирали Архимеда для диагностики болезни Паркинсона / Н.С. Харченко, В.С. Сердаковський // Міжнародний науковий журнал «Інтернаука». 2020. №7(87), Том 1. С. 47-53.
11. Кластеризация изображений при использовании предобученных нейронных сетей / А.С. Кузнецов, Е.Ю. Семенов, Л.Д. Матросова // Журнал «International Journal of Open Information Technologies». 2019. №7(7). С.42-47.
12. Искусственные нейронные сети и кластерные системы. Реализация нейросетевого симулятора / О.В. Крючин // Журнал «Вестник российских университетов. Математика». 2010. №15. С. 306-311.
13. Математическая модель нейрона и возможности его технической реализации / Ш-М.А. Исмаилов, Н.В. Поздняков // Журнал «Системные технологии» Россия. 2014. №12. С.7-17.
14. Глава 3. Основы ИНС [Электронный ресурс]. 2017. URL: <https://neuralnet.info/chapter>

15. Обучение нейросети с учителем, без учителя, с подкреплением – в чем отличие? Какой алгоритм лучше? [Электронный ресурс]. 2018. URL: <https://neurohive.io/ru/osnovy-data-science/obuchenie-s-uchitelem-bez-uchitelja-s-podkrepleniem/>