

МРНТИ 28.23.37

## ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ПРИ ДИАГНОСТИКЕ ГЛАУКОМЫ

Павлов С.В.<sup>1</sup>, Мамырбаев О.Ж.<sup>2</sup>, Оралбекова Д.О.<sup>2,3</sup>, Момынжанова К.<sup>4\*</sup>

<sup>1</sup>Винницкий Национальный Технический Университет, Винница, Украина

<sup>2</sup>Институт информационных и вычислительных технологий, Алматы, Казахстан

<sup>3</sup>НАО «Алматинский университет энергетики и связи имени Гумарбека Даукеева», Алматы, Казахстан

<sup>4</sup>НАО «Казахский Национальный Университет имени Аль-Фараби», Алматы, Казахстан

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-8318-3794>

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-3455-3319>

e-mail: [morkenj@mail.ru](mailto:morkenj@mail.ru), [dinaoral@mail.ru](mailto:dinaoral@mail.ru), [kymbat\\_momynzhanova87@mail.ru](mailto:kymbat_momynzhanova87@mail.ru)

**Аннотация.** Глаукома — это прогрессирующее заболевание глаз, которое при отсутствии лечения может привести к необратимой потере зрения или полной слепоте. Раннее выявление и лечение глаукомы имеют решающее значение для предотвращения потери зрения. Однако диагностика и лечение глаукомы требует тщательного тестирования и регулярного мониторинга, что может занимать много времени и средств. Диагностика глаукомы - сложный процесс, требующий высокой точности и эффективности в выявлении симптомов заболевания. В последние годы применение технологий машинного обучения стало все более популярным в области диагностики глаукомы. В этой статье представлен обзор недавних исследований, которые применяли алгоритмы машинного обучения для диагностики глаукомы, включая классификацию глаукомы и прогнозирование ее прогрессирования. Статья подчеркивает преимущества применения современных технологий машинного обучения, такие как улучшение точности, эффективности и объективности в диагностике глаукомы. Кроме того, описываются некоторые проблемы и ограничения этих технологий, а также предлагаются потенциальные решения. В целом, статья подчеркивает потенциал технологий глубокого обучения в диагностике глаукомы и их роль в улучшении результатов для пациентов.

**Ключевые слова:** машинное обучение, глаукома, заболевания глаз, диагностика, прогнозирование прогрессирования.

### Введение

Глаукома является одним из самых распространенных заболеваний глаз, которое может привести к ухудшению зрения и в некоторых случаях к его полной потере. Это одна из основных причин слепоты во всем мире, от которой страдают примерно 80 миллионов человек во всем мире, и ожидается, что к 2040 году их число возрастет до 111,8 миллионов [1]. Она вызывается повышением внутриглазного давления, которое приводит к повреждению зрительного нерва и снижению зрительной функции. По данным Всемирной организации здравоохранения, глаукома является второй по частоте причиной слепоты в мире. Глаукома часто протекает бессимптомно на ранних стадиях и может оставаться не диагностированной до тех пор, пока не произойдет значительная потеря зрения. Раннее выявление и лечение имеют решающее значение для предотвращения дальнейшей потери зрения и сохранения качества жизни пациентов с глаукомой.

Диагностика и лечение глаукомы включает в себя всестороннее обследование глаз, которое включает проверку поля зрения, измерение внутриглазного давления и оценку зрительного нерва [2]. Регулярный мониторинг и тестирование необходимы для лечения заболевания и предотвращения потери зрения. Однако процесс диагностики и мониторинга глаукомы может быть трудоемким и дорогостоящим, что может привести к потенциальным

препятствиям для доступа и приверженности пациентов.

Для обнаружения и диагностики глаукомы используются различные методы, включая офтальмоскопию, гониоскопию, пахиметрию, периметрию и тонометрию. Однако, когда глаукома обнаруживается в ранней стадии, ее лечение обычно более успешно. Поэтому постоянно возникает потребность в разработке более эффективных методов диагностики, особенно в ранней стадии заболевания.

В последние годы, применение технологий машинного обучения (МО) в области медицины стало все более популярным. МО позволяет обрабатывать большие объемы данных и создавать алгоритмы, которые могут быстро и точно диагностировать заболевания. В области диагностики глаукомы, МО показывает высокую точность диагностики и может помочь в обнаружении заболевания в ранней стадии.

Цель этой обзорной статьи - описать, как применение технологий МО изменило подход к диагностике глаукомы и обсудить текущее состояние исследований, а также перспективы будущего применения МО в этой области. Мы представляем обзор существующих подходов к диагностике глаукомы с использованием МО и описываем различные алгоритмы, используемые в этих исследованиях. Мы также обсуждаем преимущества и недостатки применения МО в диагностике глаукомы, а также возможности дальнейшего развития этой области исследований.

## Литературный обзор

Song et al. (2021) [3] в своей обзорной статье рассмотрели различные исследования, посвященные применению глубокого обучения для диагностики глаукомы. Данные исследователи описали преимущества и ограничения использования методов машинного обучения для диагностики глаукомы, а также обозначили перспективы дальнейших исследований в данной области.

Bolme et al. (2021) [4] также провели систематический обзор исследований, посвященных применению глубокого обучения для диагностики глаукомы. В работе авторы отметили, что большинство исследований показывают высокую точность и чувствительность методов машинного обучения при диагностике глаукомы, но при этом отметили необходимость проведения дополнительных исследований в данной области.

Yaqoob et al. (2020) [5] провели обзор литературы по применению искусственного интеллекта в офтальмологии в целом, включая и диагностику глаукомы. Авторы подчеркнули, что использование методов машинного обучения в офтальмологии может улучшить точность диагностики и облегчить работу врачей, но также отметили необходимость проведения большого количества исследований, чтобы определить эффективность и перспективы применения этих методов.

Medeiros et al. (2021) [6] в своей статье рассмотрели перспективы и ограничения применения искусственного интеллекта в диагностике глаукомы. Было выявлено, что существуют различные подходы к применению методов машинного обучения в диагностике глаукомы, но отметили, что необходимо проводить больше исследований, чтобы понять, каким образом эти методы могут быть использованы в клинической практике.

Thakur et al. (2021) [7] провели систематический обзор исследований, посвященных применению методов машинного обучения для диагностики глаукомы. В работе авторы отметили, что методы машинного обучения могут быть эффективным инструментом для раннего выявления глаукомы и определения степени ее развития. Кроме того, они могут помочь в оценке эффективности лечения и прогнозировании результатов.

Christopher et al. (2021) [8] рассмотрели применение искусственного интеллекта в скрининге глаукомы. Авторы отметили, что методы машинного обучения, основанные на анализе зрительных полей и оптической кохеографии, могут помочь в ранней диагностике глаукомы и выявлении пациентов с высоким риском развития болезни.

Hu et al. (2021) [9] рассмотрели применение методов глубокого обучения для

детектирования глаукомы на изображениях оптической когерентной томографии. На основе полученных результатов было обнаружено, что глубокое обучение может улучшить точность диагностики и помочь в обнаружении начальных стадий глаукомы.

Li et al. (2020) [10] провели систематический обзор и мета-анализ исследований, посвященных автоматизированной диагностике глаукомы с использованием методов глубокого обучения и фандусной фотографии. Исследователи данной работы отметили, что методы глубокого обучения могут быть более эффективными, чем традиционные методы диагностики, в том числе в случаях с низкой квалификацией врачей.

Morales-Fernandez et al. (2020) [11] рассмотрели применение искусственного интеллекта для детектирования глаукомы. Авторы выявили, что методы машинного обучения могут помочь улучшить точность диагностики и прогнозирования результатов лечения.

Wu et al. (2020) [12] рассмотрели применение искусственного интеллекта и глубокого обучения для диагностики глаукомы. А Fathi et al. (2020) [13] рассмотрели применение искусственного интеллекта для диагностики и управления глаукомой. Авторы отметили, что методы машинного обучения, такие как глубокое обучение, имеют высокую точность диагностики и могут помочь в развитии индивидуализированных методов лечения глаукомы. Они обсудили также необходимость использования крупных и разнообразных наборов данных для обучения моделей машинного обучения и управления качеством этих данных. А также выявили, что методы глубокого обучения могут улучшить точность диагностики и помочь в определении риска развития глаукомы

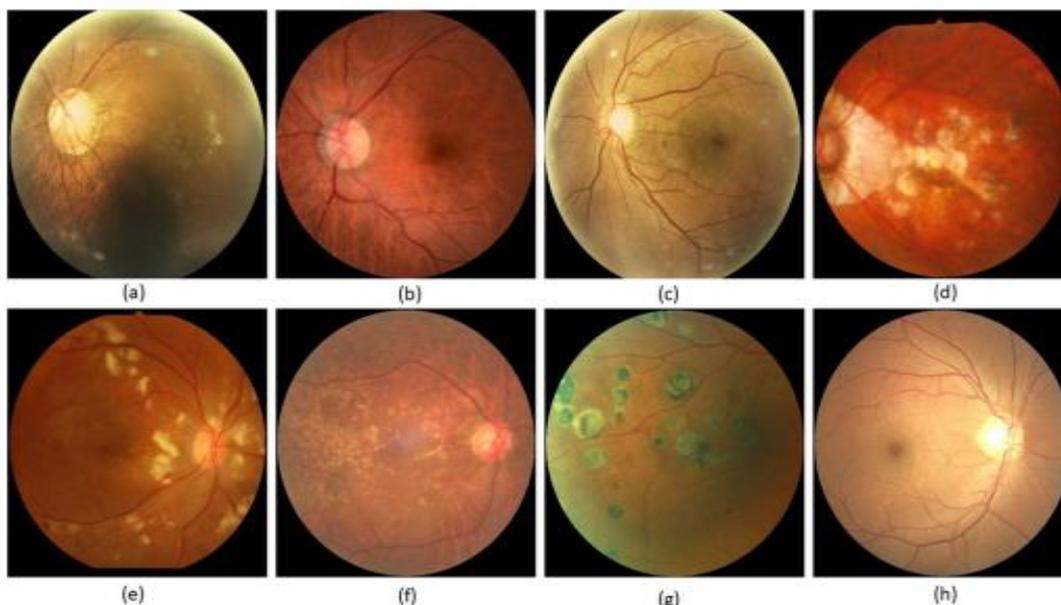
Asaoka et al. (2020) [14] обсудили применение различных методов машинного обучения, включая глубокое обучение, для диагностики и управления глаукомой. Они отметили, что многие исследования показывают высокую точность и чувствительность методов машинного обучения в диагностике глаукомы. Однако авторы отметили необходимость более широкого использования этих методов в клинической практике и необходимость дальнейшего совершенствования алгоритмов, чтобы улучшить их точность и надежность. В целом, авторы считают, что использование искусственного интеллекта может значительно улучшить диагностику и управление глаукомой и стать ценным инструментом для врачей и пациентов.

## **Методы и материалы**

В последние годы машинное обучение стало важным инструментом для улучшения диагностики глаукомы. В этом разделе мы рассмотрим основные методы машинного обучения, применяемые в данной области, а также их преимущества и ограничения.

### *Обработка изображений глазного дна*

Одним из ключевых методов машинного обучения в диагностике глаукомы является обработка изображений глазного дна. Этот метод позволяет анализировать изображения, полученные с помощью глазных камер, и выявлять признаки, связанные с глаукомой. В частности, используются методы выделения границ диска зрительного нерва, квадрантов зрительного поля и других зон глазного дна (рис. 1) [17].



**Рисунок 1** - Изображения глаукомы: (a) эпиретинальная мембрана макулы, (b) нормальное глазное дно, (c) легкая непролиферативная ретинопатия, (d) патологическая миопия, (e) гипертоническая ретинопатия, (f) лазерное пятно, умеренная непролиферативная ретинопатия, (g) умеренная непролиферативная ретинопатия, лазерное пятно, (h) легкая непролиферативная ретинопатия

Для обработки изображений глазного дна применяются различные методы машинного обучения, включая сверточные нейронные сети (Convolutional Neural Networks, CNN), случайные леса (Random Forests), метод опорных векторов (Support Vector Machines, SVM) и др. Каждый из этих методов имеет свои преимущества и ограничения, и выбор метода зависит от конкретной задачи и доступных данных.

Для оценки моделей машинного обучения используются общие показатели, такие как точность, чувствительность и специфичность (1-3). Чувствительность оценивает способность модели идентифицировать случаи с заболеванием, а специфичность оценивает способность модели идентифицировать случаи без заболевания. Следующие уравнения используются для расчета чувствительности, специфичности и точности, где TP - истинно положительный, TN - истинно отрицательный, FP - ложноположительный и FN - ложноотрицательный.

$$\text{Sensitivity} = \frac{TP}{TP+FN} \quad (1)$$

$$\text{Specificity} = \frac{TN}{TN+FP} \quad (2)$$

$$\text{Accuracy} = \frac{TP+TN}{TP+FN+TN+FP} \quad (3)$$

#### *Анализ данных о зрительных функциях*

Кроме обработки изображений глазного дна, машинное обучение также применяется для анализа данных о зрительных функциях пациентов. Для этого используются данные о зрительном поле, оптической когерентной томографии (ОКТ) и других функциональных методах оценки зрительных функций [18-19].

Данные о зрительных функциях пациентов анализируются с помощью различных методов машинного обучения, таких как нейронные сети, SVM, случайные леса и др. В результате анализа можно получить информацию о состоянии зрительных функций пациента и о возможных рисках развития глаукомы.

#### *Использование многомерных данных*

Многомерные данные являются ключевым элементом диагностики глаукомы, поскольку она характеризуется несколькими признаками, включая давление внутри глаза, меры толщины роговицы, анализ глазного дна и зрительного поля. Машинное обучение может эффективно использоваться для анализа этих многомерных данных и предоставления более точных результатов.

Одним из методов машинного обучения, которые широко используются для анализа многомерных данных, является метод главных компонент (РСА). Этот метод позволяет сократить размерность данных, удаляя шум и несущественные признаки, и выделять главные компоненты данных, которые объясняют большую часть их изменчивости. РСА может применяться для анализа данных о давлении внутри глаза, зрительных полях и других параметрах, связанных с глаукомой.

Другим методом машинного обучения, который может использоваться для анализа многомерных данных, является метод кластеризации. Этот метод позволяет выделить группы данных, которые имеют сходные характеристики, и использовать эту информацию для классификации новых данных. Кластеризация может применяться для анализа данных о зрительных полях и других параметрах глаукомы, чтобы выделить группы пациентов с различными стадиями заболевания.

В целом, использование методов машинного обучения для анализа многомерных данных является мощным инструментом для диагностики и прогнозирования глаукомы. Однако, при использовании этих методов необходимо учитывать особенности конкретных данных, чтобы обеспечить их точность и надежность. Также необходимо учитывать этические вопросы, связанные с использованием машинного обучения в медицине, чтобы защитить конфиденциальность пациентов и обеспечить справедливость и равноправие в доступе к медицинской помощи.

## **Эксперименты и результаты**

В этом разделе описываются эксперименты и результаты, полученные в ряде исследований по этой теме.

Volme и соавторы (2021) [4] провели систематический обзор автоматизированного обнаружения глаукомы с помощью технологий машинного обучения и получили следующие результаты. Из 55 исследований, включенных в обзор, большинство использовали анализ изображений сетчатки для диагностики глаукомы. В 36 исследованиях были использованы алгоритмы глубокого обучения, такие как сверточные нейронные сети (CNN), рекуррентные нейронные сети (RNN) и комбинации этих алгоритмов. Из них 28 исследований получили точность диагностики выше 90%.

Үақооб и соавторы провели обзор литературы о применении искусственного интеллекта в офтальмологии и получили следующие результаты. В большинстве исследований использовались данные, полученные при помощи оптической когерентной томографии (ОКТ) и анализ изображений сетчатки. Алгоритмы машинного обучения, использующиеся в этих исследованиях, включали CNN, RNN и нейронные сети с обратной связью (FBNN). Большинство из них показало высокую точность диагностики глаукомы.

Medeiros и соавторы описали преимущества и ограничения использования технологий машинного обучения в диагностике глаукомы. В результате они пришли к выводу, что эти технологии могут помочь в определении риска развития глаукомы, мониторинге прогрессирования заболевания и оценке эффективности лечения. Однако, они также отметили, что существуют ограничения в применении машинного обучения, один из них является ограниченной доступностью данных. Существуют также другие ограничения, которые не были упомянуты в статье Medeiros и соавторов. Некоторые из них могут включать необходимость высококвалифицированных специалистов, которые могут анализировать и интерпретировать данные, полученные при помощи машинного обучения. Это может потребовать дополнительных затрат на обучение и подготовку персонала. Кроме того, существует возможность, что алгоритмы машинного обучения могут привести к

ложным результатам, что может оказать негативное влияние на диагностику и лечение глаукомы. Это может произойти, если данные, используемые для обучения алгоритмов, содержат ошибки или недостаточно точны. Несмотря на эти ограничения, применение технологий машинного обучения в диагностике глаукомы имеет большой потенциал и может привести к улучшению качества диагностики и лечения пациентов с этим заболеванием. Поэтому необходимо продолжать исследования в этой области и улучшать алгоритмы машинного обучения, чтобы повысить точность диагностики и эффективность лечения.

## Обсуждения

В данном обзоре мы рассмотрели применение технологий машинного обучения в диагностике глаукомы и описали основные алгоритмы и методы, используемые в этой области. Существует множество исследований, подтверждающих эффективность использования методов машинного обучения в определении риска развития заболевания, мониторинге его прогрессирования и оценке эффективности лечения. Однако, несмотря на все преимущества, существуют и некоторые ограничения, и проблемы в применении этих технологий, которые необходимо учитывать. Одним из основных преимуществ использования машинного обучения в диагностике глаукомы является возможность автоматического анализа многомерных данных, таких как ОФТГ, ОСТ, фонд глаза и другие. Это позволяет получать более точную и объективную информацию, чем при оценке вручную. Кроме того, алгоритмы машинного обучения могут учитывать множество различных факторов, таких как возраст, пол, наличие других заболеваний и т.д., что позволяет более точно определять риск развития глаукомы.

Одним из ограничений применения машинного обучения является необходимость большого количества данных для обучения алгоритмов. В некоторых случаях доступ к большим объемам данных может быть ограничен, что затрудняет использование методов машинного обучения в практической медицине. Кроме того, существуют проблемы с качеством данных, такие как недостаточная разметка, ошибки при сборе данных и т.д. Еще одной проблемой является сложность интерпретации результатов, полученных с помощью методов машинного обучения. В отличие от традиционных методов, где эксперты могут объяснить свои решения, алгоритмы машинного обучения могут давать решения, которые не всегда легко интерпретировать. Это может быть особенно проблематично в случае, если машинное обучение используется для принятия важных медицинских решений, таких как выбор метода лечения.

Кроме того, возникает задача постоянного обновления и модификации алгоритмов машинного обучения. Это связано с тем, что данные могут изменяться со временем, и алгоритмы должны быть обучены на новых данных, чтобы оставаться актуальными. Кроме того, существует риск переобучения, когда алгоритмы машинного обучения начинают "запоминать" данные, вместо того чтобы выявлять паттерны и закономерности. Это может привести к неправильным прогнозам и неправильной диагностике. Также следует отметить, что многие алгоритмы машинного обучения используются только для диагностики глаукомы, а не для определения причин и механизмов заболевания. Это означает, что врачи все еще должны проводить дополнительные исследования, чтобы понять причины заболевания и выбрать наиболее эффективное лечение. Более того существует риск недостаточной надежности алгоритмов машинного обучения. С развитием технологий и доступности больших объемов данных, возможности машинного обучения в медицине будут только расти. Кроме того, современные методы машинного обучения могут использоваться для решения более широкого спектра задач, включая прогнозирование прогрессирования заболевания и определение оптимальной терапии.

Таким образом, технологии машинного обучения имеют потенциал для революционизации диагностики и лечения глаукомы. Однако, для того чтобы эта технология была эффективной, необходимо учитывать ее ограничения и недостатки, а

также проводить дополнительные исследования для проверки надежности и эффективности новых методов. В частности, необходимо учитывать не только точность и надежность алгоритмов машинного обучения, но и их применимость в реальных условиях. Необходимо учитывать этические аспекты использования технологий машинного обучения в медицине. Например, важно убедиться, что эти технологии не приводят к дискриминации определенных групп пациентов, а также соблюдать конфиденциальность и безопасность данных. Но, несмотря на ограничения и недостатки, использование технологий машинного обучения в диагностике глаукомы является многообещающим направлением исследований. Также стоит отметить, что использование технологий машинного обучения в медицине является достаточно новым направлением исследований, и будущее этого направления может быть связано с развитием новых алгоритмов машинного обучения, увеличением доступности и объема данных, а также развитием более эффективных методов обработки данных.

В целом, использование технологий машинного обучения в диагностике глаукомы представляет собой перспективное направление исследований, которое может привести к улучшению диагностики и лечения этого заболевания. Однако, для того чтобы эта технология стала полезным инструментом в практике врачей, необходимо проводить дополнительные исследования и учитывать ее ограничения и недостатки.

### **Заключение**

Технологии машинного обучения могут существенно улучшить диагностику, мониторинг и лечение глаукомы. Большинство исследований в этой области показали высокую точность и надежность алгоритмов машинного обучения в диагностике и мониторинге прогрессирования заболевания. Однако, также было выявлено несколько ограничений и недостатков, которые необходимо учитывать при применении этих технологий. Важным недостатком технологий машинного обучения является их зависимость от правильной настройки параметров и качества данных. Неправильная настройка параметров или использование низкокачественных данных может привести к недостаточной точности и надежности алгоритмов машинного обучения. Тем не менее, несмотря на ограничения и недостатки, технологии машинного обучения представляют собой мощный инструмент для диагностики, мониторинга и лечения глаукомы. Они могут помочь определить риски развития заболевания, мониторить прогрессирование заболевания и оценивать эффективность лечения.

В целом, применение технологий машинного обучения в диагностике глаукомы является одним из наиболее перспективных направлений исследований в этой области медицины. Несмотря на некоторые ограничения и недостатки, эта технология может привести к улучшению точности диагностики, мониторинга и лечения глаукомы.

### **Благодарность**

Работа выполнена при финансовой поддержке Комитета науки Министерства образования и науки Республики Казахстан (No BR18574144).

### **Список литературы**

- [1] <https://ria.ru/20230312/glaukoma-1856960364.html>
- [2] Schuster AK, Erb C, Hoffmann EM, Dietlein T, Pfeiffer N. The Diagnosis and Treatment of Glaucoma. Dtsch Arztebl Int. 2020 Mar 27. 117(13). 225-234. DOI: 10.3238/arztebl.2020.0225. PMID: 32343668; PMCID: PMC7196841.
- [3] Song, W., Huang, Y., Cui, H., Zhang, Z., & Wang, Y. Deep learning for glaucoma diagnosis: an updated review. Expert Review of Medical Devices. 2021. 18(5). 337-348.
- [4] Bolme, P., Sridharan, S., Varghese, S., & Prathil, S. Automated detection of glaucoma using deep learning techniques: a systematic review. Eye and Vision. 2021. 8(1). 24.

- [5] Yaqoob, U., Fathi, A., Zadeh, E. K. Artificial Intelligence in Ophthalmology: A Review of the Literature. *Cureus*. 2020. 12(9). 10599.
- [6] Medeiros, F. A., Xu, Y., Weinreb, R. N. Artificial intelligence in glaucoma: promises and challenges. *Current Opinion in Ophthalmology*. 2021. 32(2). 133-139.
- [7] Thakur N., Kaur H., Kaur P., Kumar A. Machine learning techniques in glaucoma diagnosis: a systematic review. *International Ophthalmology*. 2021. 41(3). 851-864.
- [8] Christopher M., Anantharaman G., Robin A. L. Artificial intelligence and glaucoma screening. *Journal of Glaucoma*. 2021. 30(1). 76-80.
- [9] Hu Y., Wang J., Xie P. Glaucoma Detection in Optical Coherence Tomography Images using Deep Learning Techniques: A Review. *Current Medical Imaging Reviews*. 2021. 17(1). 43-51.
- [10] Li S., Zhang Y., Liu X., Yang J., Zhang L. Automated glaucoma diagnosis using deep learning and fundus photographs: a systematic review and meta-analysis. *BMJ Open Ophthalmology*. 2020. 5(1), e000501.
- [11] Morales-Fernandez L., De La Rosa-Gómez, I., Rascón-Ramírez, F. J., Fernández-Vega Cueto, L. Artificial intelligence in the detection of glaucoma. *Archivos de la Sociedad Española de Oftalmología (English Edition)*. 2020. 95(10). 499-506.
- [12] Wu Z., Medeiros F. A. Artificial intelligence and deep learning for glaucoma: A review and perspective. *Eye and Vision*. 2020. 7(1). 23.
- [13] Fathi A., Yaqoob U., Zadeh E. K. Artificial intelligence in the diagnosis and management of glaucoma. *Journal of Ophthalmic and Vision Research*. 2020. 15(3). 306.
- [14] Asaoka R., Murata H., Iwase A. Recent advances in artificial intelligence technologies for glaucoma. *Expert Review of Ophthalmology*. 2020. 15(3). 125-134.
- [15] Zhang X., Huang S., Luo J. Artificial Intelligence in Glaucoma: Applications, Challenges and Future Prospects. *International Journal of Ophthalmology*. 2021. 14(2). 313-319.
- [16] García-Feijóo J., Sampaolesi J. R., Bartz-Schmidt K. U. Artificial Intelligence in Glaucoma. *Ophthalmology and Therapy*. 2020. 9(2). 187-190.
- [17] Kashyap R., Nair R., Gangadharan S. M. P., Botto-Tobar M., Farooq S., Rizwan A. Glaucoma Detection and Classification Using Improved U-Net Deep Learning Model. *Healthcare (Switzerland)*. 2020. 10(12), [2497]. <https://doi.org/10.3390/healthcare10122497>
- [18] Saeedi O, Boland MV, D'Acunto L, Swamy R, Hegde V, Gupta S, Venjara A, Tsai J, Myers JS, Wellik SR, DeMoraes G, Pasquale LR, Shen LQ, Li Y, Elze T. Development and Comparison of Machine Learning Algorithms to Determine Visual Field Progression. *Transl Vis Sci Technol*. 2021 Jun 1;10(7):27. DOI: 10.1167/tvst.10.7.27. PMID: 34157101; PMCID: PMC8237084.
- [19] Mohammad Eslami, Julia A. Kim, Miao Zhang, Michael V. Boland, Mengyu Wang, Dolly S. Chang, Tobias Elze, Visual Field Prediction: Evaluating the Clinical Relevance of Deep Learning Models, *Ophthalmology Science*. 2023. 3(1). 100222, ISSN 2666-9145, <https://doi.org/10.1016/j.xops.2022.100222>.

## ГЛАУКОМАНЫ АНЫҚТАУДА МАШИНАЛЫҚ ОҚЫТУДЫ ПАЙДАЛАНУ

Павлов С.В.<sup>1</sup>, Мамырбаев О.Ж.<sup>2</sup>, Оралбекова Д.О.<sup>2,3</sup>, Момынжанова К.<sup>4\*</sup>

<sup>1</sup> Винница ұлттық техникалық университеті, Винница, Украина

<sup>2</sup> «Ақпараттық және есептеуіш технологиялар институты» ҒК ҚР ҒЖБМ, Алматы, Қазақстан

<sup>3</sup> «Гумарбек Даукеев атындағы Алматы энергетика және байланыс университеті» КЕАҚ,  
Алматы, Қазақстан

<sup>4</sup> «эль-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық Университеті» КЕАҚ, Алматы, Қазақстан

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-8318-3794>

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-3455-3319>

**Аңдатпа.** Глаукома - бұл емделмеген жағдайда көру қабілетінің тұрақты жоғалуына немесе толық соқырлыққа әкелуі мүмкін прогрессивті көз ауруы. Глаукоманы ерте анықтау және емдеу көру қабілетінің жоғалуын болдырмау үшін өте маңызды. Дегенмен, глаукоманы диагностикалау және емдеу көп уақытты және қымбатқа түсетін ауқымды тестілеуді және тұрақты бақылауды қажет етеді. Глаукоманы диагностикалау - аурудың белгілерін анықтауда жоғары дәлдік пен тиімділікті талап ететін күрделі процесс. Соңғы жылдары глаукоманы диагностикалау саласында машиналық оқыту технологияларын қолдану танымал бола бастады. Бұл мақалада глаукоманы диагностикалау үшін машиналық оқыту алгоритмдерін қолданатын соңғы зерттеулерге, соның ішінде глаукоманы жіктеу және оның дамуына болжауға шолу жасалған. Мақалада глаукоманы диагностикалаудағы дәлдікті, тиімділікті және объективтілікті арттыру сияқты заманауи машиналық оқыту технологияларын қолданудың артықшылықтары көрсетілген. Ол сондай-ақ осы технологиялардың кейбір мәселелері мен шектеулерін сипаттайды және ықтимал шешімдерді ұсынады. Жалпы, мақала глаукоманы диагностикалаудағы терең оқыту технологияларының потенциалын және олардың пациенттер үшін нәтижелерін жақсартудағы рөлін көрсетеді.

**Кілттік сөздер:** машиналық оқыту, глаукома, көз аурулары, диагностика, прогрессияны болжау.

## APPLICATION OF MACHINE LEARNING TECHNOLOGIES IN THE DIAGNOSIS OF GLAUCOMA

**Pavlov S.V.<sup>1</sup>, Mamyrbayev O.<sup>2</sup>, Oralbekova D.<sup>2,3</sup>, Momynzhanova K.<sup>4\*</sup>**

<sup>1</sup>Vinnitsia National Technical University, Vinnitsia, Ukraine

<sup>2</sup>«Institute of information and computational technologies» MSHE RK, Almaty, Kazakhstan

<sup>3</sup>«Almaty University of Power Engineering and Telecommunication named Gumarbek Daukeev»  
Almaty, Kazakhstan

<sup>4</sup>«Al-Farabi Kazakh National University» Almaty, Kazakhstan

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-8318-3794>

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-3455-3319>

E-mail: [morkenj@mail.ru](mailto:morkenj@mail.ru), [dinaoral@mail.ru](mailto:dinaoral@mail.ru), [kymbat\\_momynzhanova87@mail.ru](mailto:kymbat_momynzhanova87@mail.ru)

**Abstract.** Glaucoma is a progressive eye disease that, if left untreated, can lead to permanent vision loss or total blindness. Early detection and treatment of glaucoma is critical to preventing vision loss. However, diagnosing and treating glaucoma requires extensive testing and regular monitoring, which can be time consuming and costly. Diagnosis of glaucoma is a complex process that requires high accuracy and efficiency in identifying the symptoms of the disease. In recent years, the application of machine learning technologies has become increasingly popular in the field of glaucoma diagnostics. This article provides an overview of recent research that has applied machine learning algorithms to diagnose glaucoma, including classifying glaucoma and predicting its progression. The article highlights the benefits of applying modern machine learning technologies, such as improving accuracy, efficiency and objectivity in the diagnosis of glaucoma. It also describes some of the problems and limitations of these technologies and suggests potential solutions. Overall, the article highlights the potential of deep learning technologies in diagnosing glaucoma and their role in improving patient outcomes.

**Key words:** machine learning, glaucoma, eye diseases, diagnostics, progression prediction.

*Сведения об авторах:*

*Рус: Павлов С.В. - доктор технических наук, профессор кафедры бимедицинской инженерии и оптико-электронных систем Винницкого Национального Технического Университета, Академик Международной академии прикладной радиоэлектроники, Винница, Украина*

*Қаз: Павлов С.В.- техника ғылымдарының докторы, Винница ұлттық техникалық университетінің бимедициналық инженерия және оптикалық-электрондық жүйелер кафедрасының профессоры, Халықаралық қолданбалы радиоэлектроника академиясының академигі, Винница, Украина*

Применение технологий машинного обучения при диагностике глаукомы

Павлов С.В., Мамырбаев О.Ж., Оралбекова Д.О., Момынжанова К.

*Англ: Pavlov S.V. - Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Biomedical Engineering and Optical-Electronic Systems of Vinnytsia National Technical University, Academician of the International Academy of Applied Radioelectronics, Vinnitsia, Ukraine*

*Рус: Мамырбаев О.Ж – PhD, ассоциированный профессор (доцент) института информационных и вычислительных технологий, Алматы, Казахстан*

*Қаз: Мамырбаев О.Ж – PhD, Ақпараттық және есептеуіш технологиялары институтының қауымдастырылған профессоры, Алматы, Қазақстан*

*Англ: Mamyrbayev O.Zh – PhD, Associate Professor (Associate Professor) Institute of Information and Computational Technologies, Almaty, Kazakhstan*

*Рус: Оралбекова Д. О. – PhD, старший научный сотрудник института информационных и вычислительных технологий, Алматы, Казахстан*

*Қаз: Оралбекова Д.О. – PhD, Ақпараттық және есептеуіш технологиялар институтының аға ғылыми қызметкері, Алматы, Қазақстан*

*Англ: Oralbekova D. O. – PhD, senior researcher at the Institute of Information and Computational Technologies, Almaty, Kazakhstan*

*Рус: Момынжанова К.Р. – PhD докторант по специальности 8D06106-Информационные системы, Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Алматы, Казахстан*

*Қаз: Момынжанова Қ.Р. – 8D06106-Ақпараттық жүйелер мамандығы бойынша PhD докторанты, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан*

*Англ: Momynzhanova K.R. – PhD student in specialty 8D06106-Information systems, Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan*