

**ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ**

**«Л.Н. ГУМИЛЕВ АТЫНДАҒЫ ЕУРАЗИЯ ҰЛТТЫҚ УНИВЕРСИТЕТІ» КЕАҚ**

**Студенттер мен жас ғалымдардың  
«GYLYM JÁNE BILIM - 2025»  
XIX Халықаралық ғылыми конференциясының  
БАЯНДАМАЛАР ЖИНАҒЫ**

**СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ  
XX Международной научной конференции  
студентов и молодых ученых  
«GYLYM JÁNE BILIM - 2025»**

**PROCEEDINGS  
of the XX International Scientific Conference  
for students and young scholars  
«GYLYM JÁNE BILIM - 2025»**

**2025  
Астана**

УДК 001(06)  
ББК 72я631  
F96

**«ǴYLYM JÁNE BILIM – 2025» студенттер мен жас ғалымдардың  
XX Халықаралық ғылыми конференциясы = XX Международная  
научная конференция студентов и молодых ученых «ǴYLYM JÁNE  
BILIM – 2025» = The XX International Scientific Conference for  
students and young scholars «ǴYLYM JÁNE BILIM – 2025». – Астана:  
– 3813 б. - қазақша, орысша, ағылшынша.**

ISBN 978-601-08-5373-7

**Жинаққа студенттердің, магистранттардың, докторанттардың және жас  
ғалымдардың жаратылыстану-техникалық және гуманитарлық ғылымдардың өзекті  
мәселелері бойынша баяндамалары енгізілген.**

**The proceedings are the papers of students, undergraduates, doctoral students and young  
researchers on topical issues of natural and technical sciences and humanities. В сборник  
вошли доклады студентов, магистрантов, докторантов и молодых ученых по  
актуальным вопросам естественно-технических и гуманитарных наук.**

УДК 001(06)  
ББК 72я431  
F96

ISBN 978-601-08-5373-7

Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия  
ұлттық университеті, 2025

		сауаттылығын арттыру	
203.	Эрболат А.	Орта мектепте нанотехнология ұғымын оқытудың тиімді әдістері	808

## СЕКЦИЯ 2

### СОВРЕМЕННЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ И КОММУНИКАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Подсекция 2.1			
Цифровая трансформация образования			
204.	Адалбек Н.	«Традиционные и интеллектуальные подходы в обучении»	812
205.	Бакенова А.А.	«Цифровизация тестирования: разработка нейросетевого приложения для формирования заданий по английской грамматике»	816
206.	Бекмурат А.Е.	«Инновационные методы обучения информатике в школе на основе искусственного интеллекта»	821
207.	Назарова А.Т.	«Развитие цифровых компетенций учителей в условиях персонализированного обучения»	826
208.	Нуриева Д.Р.	«Цифровая трансформация педагогики: роль информационных технологий в повышении квалификации преподавателей»	830
209.	Абдуашимова П.М.	«Білім беру процесінде жасанды интеллект технологияларын қолданудың тиімділігі»	833
210.	Ажибаева А.Д.	«Мектеп информатикасын оқытудағы кемшіліктерді жою жолдары»	837
211.	Асылбек М.А.	«Орта мектепте білім беру үдерісінде үлкен деректерді қолдану әдістемесі»	842
212.	Аталова А.Е.	«Әлеуметтік желілерді информатика пәні бойынша оқыту құралы ретінде пайдалану»	845
213.	Балтабаев Н.П.	«Мектептерде сабақ кестесін автоматтандыруға арналған интеллектуалды жүйе құру»	851
214.	Балтабаев Н.П., Дәрменов Ә.М., Мұратова М.М.	«Жасанды интеллект негізінде жаратылыстану пәндерін оқытуды жетілдіру: BilimALL AI платформасының мүмкіндіктері»	854
215.	Баумуратова Х.Б.	«АКТ оқыту барысында бастауыш сынып оқушыларының цифрлық сауаттылықтарын қалыптастырудың әдістемесі»	856
216.	Баумуратова Ш.Б.	«Жасанды интеллект негізінде инклюзивті білім беруді жетілдіру»	859
217.	Ғазиз Ж.Е.	«Бастауыш мектепте ақпараттық-коммуникациялық технологияларды оқыту әдістемесі»	863
218.	Дәрменов Ә.М.	«Информатиканы қолжетімді ететін мобильді "BilimAll" қосымшасы»	866
219.	Дүйсегалиева Н.А.	«HIGH-TOUCH HIGH-TECH моделі арқылы болашақ информатика мұғалімдерін машиналық оқыту негізінде даярлаудың	870

	инновациялық тәсілдері туралы»	
220.	Еликбай А.Ж. «Ақпараттық дәуірде білім берудің жаңа кезеңі – Инфографика»	874
221.	Жаңабекқызы А. «EDCAFE AI көмегімен сабақты жоспарлау»	879
222.	Жумабекова У.Б., Сабырова М.Е., Сабыров Т.С. «Информатика пәнін жобалап оқыту технологиясы»	883
223.	Кендебай Н.А. «EDUVISION білім беру процесін қадағалайтын қосымша»	888
224.	Көшенова А. «Цифрлық сауаттылықтың мектеп курсы бойынша интеллектуалдық оқу басылымдарына арналған дидактикалық материалдар»	891
225.	Куанышева Д.Ж. «Инклюзивті білім беруде педагогтың ақпараттық-коммуникациялық технологияларды (АКТ) қолдану даярлығын жетілдіру»	893
226.	Мауленова М.А. «Үлкен деректерді өңдеуде машиналық оқытудың әдістері мен құралдары»	897
227.	Мылтыкбаева Ж.Т. «Жаратылыстану пәндерін STEM білім беру мен ROS операциялық жүйесі негізінде кешенді оқыту»	901
228.	Надирхан Г.Е. «Ауыл мектептерінде цифрлық оқытуды дамыту мүмкіндіктері»	903
229.	Орынбаев М.Ж. «Компьютерлік көру алгоритмдерін машиналық оқыту негіздері бойынша қолданудың оқу-әдістемелік негіздері»	907
230.	Сабитова А.Б., Ражапова А.Н. «Жасанды интеллект және білім: болашақ мұғалімдерге арналған жаңа мүмкіндіктер»	910
231.	Сағындықова А.С. «Болашақ информатика мұғалімдерін магистратураға даярлаудағы онлайн-курстардың рөлі»	915
232.	Сайлау Ж.Б. «Халықаралық зерттеуге оқушыларды АКТ арқылы дайындаудағы педагогтердің құзыреттілігін арттыру жолдары»	918
233.	Төрәлі Қ.Н. «Бастауыш сынып оқушыларының цифрлық сауаттылығын дамытудың ерекшеліктері»	923
234.	Турмаганбетова З.П., Алтыбаева А.Н. «Ерекше білімді қажет ететін оқушыларға мектеп информатика курсын оқытуды ұйымдастыру»	927
235.	Халхабай А. ««Алгоритмдеу және бағдарламалау» курсы бойынша мобильді қосымшаны оқу үдерісінде қолдану»	931
236.	Ысмайыл Н. «Мектеп информатика курсында жобалық оқыту әдісін енгізу»	936
237.	Ізбасарова М.Р. «Білім берудегі тестілеу жүйелері»	938

## Подсекция 2.2

### Интеллектуальные информационные системы

238.	Amantayeva Gulden Turarkyzy «Comparative analysis of models and methods in heart disease prediction problems»	944
------	---	-----

239.	Tanirbergenov Meirbek Sagyndykovich «Facial Recognition-Based Attendance Management»	947
240.	Toleubay Daniyar Manatuly «Cardiac disease prediction using machine learning algoritms»	952
241.	Yerezhepov Rakhat Aibulatovich «Detecting logical fallacies in web content with nlp-powered crawling»	957
242.	Ажикенов Арман Русланович, Абашев Арслан Азатабекович «Оптимизация дорожного трафика в Астане через симуляцию транспортных потоков»	962
243.	Аманжол Альфараби Маликович, Сабит Мадияр, Кушербаев Бекзат Алибекулы «Система визуализации и анализа данных о передвижении нефти на основе интерактивной карты»	968
244.	Аскапова Мадина Куанышбековна «Параллельді қазақ-түрік сөйлеу корпусы қалыптастырудың әдісі мен моделін құру»	972
245.	Бекқожин Дастан Ақанұлы «Терең оқыту негізінде қолжазба таңбаларын тану программалық құралын әзірлеу»	975
246.	Дакенов Алишер Мырзахметұлы «Анализ сигналов ЭЭГ нейросетевыми методами для ранней диагностики нейродегенеративных заболеваний»	978
247.	Доспол Нәзгүл Нурланқызы, Жеткенбай Лена «Балабақшадағы балалардың эмоциялық жағдайын бақылауға арналған эмоцияларды тану жүйесін әзірлеу»	987
248.	Ермекбай Айболат, Молдабек Елжан «Жасанды интеллект негізінде веб-қосымша әзірлеу»	992
249.	Жұмал Жания Ержанқызы, Абдурахман Жансая Берікжанқызы «Применение голосового ИИ-помощника в геймифицированной образовательной среде»	1001
250.	Каримов Руслан Жасинович «Эффективность существующих ИИ-решений в основных направлениях транспортной логистики»	1007
251.	Кубиева Сабина Талгатовна, Утепбергенова Зарина Арманкызы «Разработка iot системы по уходу за растениями на базе искусственного интеллекта»	1012
252.	Кудобаев Даниал Дулатович «Разработка информационной системы для автоматизации стоматологических услуг»	1017
253.	Мусина Данель Тлеухановна «Интеллектуальные инструменты автоматизированной диагностики надежности информационных систем»	1024
254.	Рогова Ксения Александровна, Қабдыбек Ризат Досмжанұлы, Джумадиева Тогжан Бекежановна «Мониторинг инженерных конструкций на основе искусственного интеллекта»	1030

255.	Сафонова Софья Александровна «Современные аспекты информационной безопасности в облачных вычислениях: модели, угрозы и методы защиты»	1034
256.	Смаилова Назгүл Батырбекқызы «Терең оқыту арқылы кітап ұсыныстарын әзірлеу: collaborative filtering, content-based және nlp әдістерінің комбинациясы»	1041
257.	Тажібай Аружан Айдосқызы, Кудубаева Сауле Альжановна «Көру қабілеті әлсіз адамдарға арналған ai дауыстық көмекші: нақты уақытта объектілерді анықтау және қашықтықты бағалау»	1046
258.	Тайжанов Азамат Жанкелдіұлы «Python тілінде фильмдердің интеллектуалды ұсыныс жүйесін әзірлеу»	1051
259.	Умирзахов Сундетали Кабылбекович «Сұраныстарды интеллектуалды талдау негізінде ұйымның сайты үшін чат-бот құру»	1055
260.	Шайхстан Марғұлан «ИОТ Сенсорлары негізінде ауа ластану деңгейін болжау»	1060

### Подсекция 2.3

#### Современные тенденции в программной инженерии и управлении в условиях цифровой индустрии

261.	Bekenova A.B. «Development of a registration panel for users and doctors with integration into the database»	1077
262.	Bolat A.Zh. «Data analysis methods and decision making using big data and machine learning tools»	1081
263.	Алтайұлы А. «Visual studio интегралды ортасында «қойма қызметкерлеріне арналған» мәліметтер қорын жобалау»	1086
264.	Арап А.Қ. «Ақылды сурет салушы роботты әзірлеу»	1088
265.	Артыкбекқызы А. «Ақылды үйлердегі заттар интернеті(iot) мен робототехниканың өзара әрекеттесуі»	1091
266.	Ахметова А.Д. «Тоңазытқыштағы өнімдерді бақылауға және тағам әзірлеу ұсынысын беруге арналған программалық қосымша»	1096
267.	Дәрібай Д.Д. «Робототехниканы қолдану арқылы қойма логистикасындағы қолданыстағы басқару жүйелерін талдау»	1100
268.	Жамбулов С.Ж. «Білім алушыларды информатика және программалау олимпиадаларына дайындауда жасанды интеллекттің қолданысы»	1102
269.	Каиржан Р.С. «Development of system for recognition of emotional states of employees based on computer vision methods on Raspberry Pi»	1108
270.	Кайрекенова Н.Р. «Өнеркәсіптік роботты көру үшін машиналық оқытудың заманауи тәсілдері: әдістер, деректер жиынтығы және оптимизациялау»	1111

271.	Калижан А.К. «Разработка системы биометрической аутентификации с предотвращением deepfake атак»	1113
272.	Касылкасова К.Н. «Программное обеспечение smartmed для обработки медицинских данных и диагностики»	1118
273.	Қабдешев Ә.Е. «Жөтелді талдау негізінде денсаулықты диагностикалаудың интеллектуалды программасын әзірлеу»	1120
274.	Махаев Е.Е. «Разработка облачного приложения для автоматизации деятельности сети аптек»	1123
275.	Муратов М.М. «Эффективность единой информационной системы агропромышленного комплекса»	1126
276.	Нуржанова А.Б. «Современные методы классификации эмоций: анализ подходов и перспективы развития»	1130
277.	Нурпеисова З.Р. «Обзор и исследование методов искусственного интеллекта для анализа рынка недвижимости»	1134
278.	Рақымбек А.С. «Кітапқұмарларға арналған платформа: кітаптарды оқу және бөлісу үшін әлеуметтік желіні жобалау және іске асыру»	1138
279.	Сагидуллина Д.С. «Visual studio интегралды ортасында «қаржылық транзакцияларды қадағалау және талдауға арналған» мәліметтер қорын жобалау»	1144
280.	Төлеубай Д.М. «Yolov10 қолдану арқылы рентген суреттерінде сүйек сынуын анықтауды кешенді зерттеу»	1147
281.	Утегенова Д.Б. «Visual studio интегралды ортасында «фитнес орталық қызметкері үшін» мәліметтер қорын жобалау»	1152
282.	Шаймуратов А.Ж. «Проектирование аппаратно-программного комплекса для автоматизированного учета железнодорожного подвижного состава»	1154
<b>Подсекция 2.4</b>		
<b>Информационная безопасность</b>		
283.	Akniyet N. «Smart home automation and security system using arduino uno r4 and esp32 microcontrollers with telegram integration»	1158
284.	Askhatov A. «Analysis of social engineering methods and development of a defense strategy for corporate structures»	1165
285.	Bekturganov A.B. «Development of an early detection model for ddos attacks based on network traffic analysis»	1170
286.	Gabdullin A. «Analysis of modern wireless network security protocols and prospects for their development»	1174

287.	Garifullin A. «Modern information security management systems: construction and implementation in the digital era»	1179
288.	Igumenshev D.V. «Methods of embedding malicious code into pdf files»	1182
289.	Issabay T.B. «Utilizing sandboxes for cybersecurity training: a hands-on approach»	1187
290.	Kalybayev S. «Overview of modern authentication methods in telecommunication systems: from passwords to biometrics»	1191
291.	Kerim A. «Owasp top 10 and alternative methods of its compilation»	1194
292.	Yergazin A. «Analysis of a protection of hybrid intrusion detection and prevention system (idps) for low-latency 5g networks with adaptive learning using edge computing»	1199
293.	Yerzhanova Y.Y. «Key attacks in web forensics: xss, sql injection and rce»	1204
294.	Zhakay A. «Fundamentals of modern cryptography: from encryption to digital signatures»	1209
295.	Айдарова А.А. «Visualvm көмегімен cast-128 және kuznyechik блоктық шифрларының кілт генерациясын салыстыру және стандарттарға шолу»	1214
296.	Акимбекова Д.М., Каиржанова Д.Ж. «Жергілікті желінің қауіпсіздігін қамтамасыз ететін негізгі параметрлер»	1220
297.	Аскарлов А.Д. «Разработка и исследование эффективности метода и инструмента для выявления фейковых новостей в социальных сетях»	1224
298.	Ауесхан Н. «Аномалияларды анықтау әдістерін талдау»	1229
299.	Ерболатов А. «Анализ вредоносных программ с помощью ии и криптографическая защита»	1332
300.	Ерболатова А.Ж. «Neuvecton және kubernetes: контейнерлік ортадағы қауіпсіздікті қамтамасыз ету тәсілдері»	1336
301.	Жанатаев М.К. «Стеганография на основе lsb: реализация сокрытия данных в медиафайлах»	1338
302.	Жарасхан Н.Ж., Қайупов Е.К. «Crystals-kyber алгоритмін ресурсы шектеулі құрылғыларға оңтайландыру»	1343
303.	Жолдасбаев М.Ә. «Заманауи операциялық жүйелердегі жады дампы кескінін алу құралдарын талдау және салыстыру»	1348
304.	Жолмұратұлы Б., Маратов Ә.Б., Ховдабай Н.А. «Екі факторлы	1353

	аутентификацияның қауіпсіздігі және оның қолданылуы»	
305.	Кадринов Д.М. «Автоматизация внедрения альтернативной soag платформы на основе средств со свободной лицензией»	1357
306.	Казбаганбетова М.А. «Wireshark бағдарламасын пайдаланып желілік трафикті талдау және ақпараттық қауіпсіздікті қамтамасыз ету»	1361
307.	Кәкімбек Ә.Қ., Серікбай А.Е., Наурызбаев Д.Е. «MITM шабуылы туралы»	1366
308.	Кеттеш Б.Н. «ELF талдауындағы capstone: сызықтық және рекурсивті дизассемблерлеу»	1370
309.	Көшкінбаева Ф.Қ. «Linux қорғаудың заманауи әдістеріне талдау.openvas және nmap көмегімен осалдықтарды анықтау»	1374
310.	Қадыр Н.Е. «Заманауи фишинг түрлері мен олардың ұйымдық ақпараттық жүйелерге ықпалы»	1379
311.	Қажкен Е.Е., Темиржан С.А. «Қауіпсіздік инциденттеріне қалай жауап беруге болады?»	1384
312.	Қартбай Е.Ғ., Тынарбай Н.И. «MITM шабуылы (адамның ортадағы шабуылы)»	1388
313.	Маратов Б.Ж. «Әлеуметтік инженерия қауіпсіздікке қатер ретінде: қызметкерлерді қорғау және оқыту әдістері»	1393
314.	Мағзумов А.М. «Websocket протоколындағы осалдықтарды талдау»	1397
315.	Майданов А.С. «Автоматизация процесса анализа оперативной памяти с использованием python»	1401
316.	Мақсат Ә., Нурсейтов С. «Блокчейн қажеттілік пе, әлде сән бе?»	1406
317.	Қ. Мырзағалиұлы. «Инциденттерді анықтауда желілік логтарды талдаудың маңызды рөлдері»	1409
318.	Нурбатуров С.К. «Интеграция honeypot в ит-инфраструктуру компании»	1412
319.	Нуриева Д.Р., Исайнова А.Н. «Анализ рисками безопасности данных в медицинских учреждениях»	1415
320.	Нұрлан А.Т. «Кескіндердегі статистикалық стегоанализ әдістері»	1420
321.	Оралбеков Е.А. «Ddos-шабуылдардың жаңа буыны»	1424

322.	Рамазанова Ж, Нұрлан А, Жайсанбаева А. «Бұлтты технологияларды пайдалану кезіндегі тәуекелдер мен қауіпсіздік шараларын зерттеу»	1430
323.	Сахатбекқызы Т., Бахтиярқызы Т.А. «IoT құрылғыларының желідегі қауіпсіздігін қалай қамтамасыз етуге болады: стратегиялар және packet tracer көмегімен модельдеу»	1434
324.	Серғазы М. «Повышение производительности разработчиков с помощью интегрированных искусственных интеллектов и соображения кибербезопасности»	1440
325.	Султанов А.М. «Стеганография в кибербезопасности казахстана»	1443
326.	Танатаров Е., Іргебай С., Султанов А. «WI-FI желісінде шақырылмаған қонақтарды автоматты түрде анықтау жүйесі»	1447
327.	Таубай М.Е. Рамагуллаев Ә.А. «Фишинг: желідегі beef әдісі арқылы алдау және одан сақтану»	1452

### СЕКЦИЯ 3 ЕСТЕСТВЕННЫЕ НАУКИ

		ПОДСЕКЦИЯ 3.1 АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ СОВРЕМЕННОЙ БИОЛОГИИ	
328.	Акимкара А.Б.	Гербарийдің ботаникалық зерттеулерде қолданылуы және гербарий қорындағы кеппе шөптің қалыптасу ерекшеліктері	1457
329.	Ақылбек А.	Астана қаласындағы ботаникалық бағының ландшафттағы <i>geranium sanguineum</i> биологиялық ерекшеліктеріне сипаттама беру	1459
330.	Әділхан Ж.	Мобильді байланыс пен қолданбалардың адамның мінез-құлқына әсерін анықтау	1463
331.	Базарбаева Қ.	Жасөспірімдерде девиантты мінез-құлықтың даму қаупі	1467
332.	Байдосова А.Б.	Методика использования игровых технологий на уроках биологии	1471
333.	Байдосова А.Б.	Актуальные проблемы современной биологии с использованием игровых технологий в образовании	1474
334.	Ғазизова Ә.	Сәулеленген егеуқұйрықтардың бүйректеріндегі морфофункционалдық өзгерістерді салыстырмалы бағалау	1477
335.	Еркін З.Б.	Биология сабақтарында оқушылардың сыни ойлау қабілетін жетілдіруде блум таксономиясын пайдалану	1482
336.	Жанабергенова	Кенеттен жүрек өлімі: генетикалық аспектілері	1486

УДК 004.032.26:616.8

**Анализ сигналов ЭЭГ нейросетевыми методами для ранней диагностики  
нейродегенеративных заболеваний**

**Analysis of EEG signals by neural network methods for early diagnosis of  
neurodegenerative diseases**

**Нейродегенеративті ауруларды ерте диагностикалау үшін нейрондық желі  
әдістерімен ЭЭГ сигналдарын талдау**

**Дакенов Алишер Мырзахметұлы**

trapbeztrapbez@gmail.com

Студент- Факультета информационных технологий, кафедры Технологии

Искусственного Интеллекта, Ену им. Л.Н. Гумилева г. Астана, Казахстан

Научный руководитель - Садвакасов Р.М.

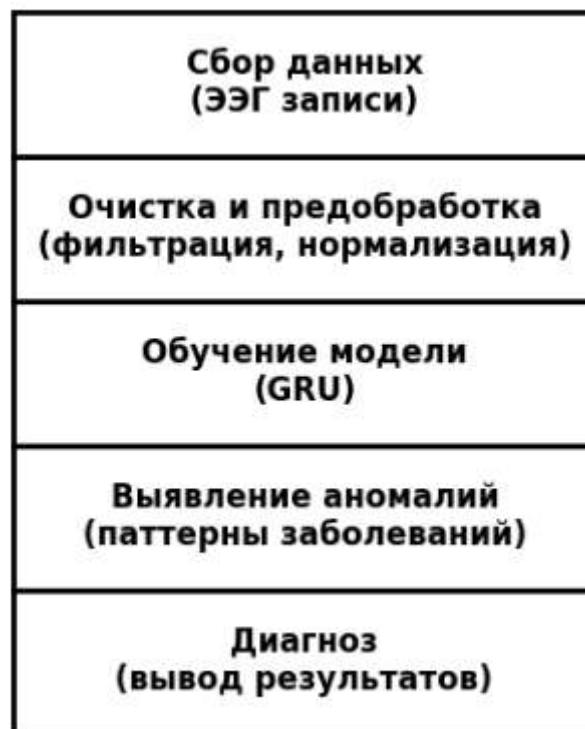
**Аннотация:** В данной работе мы исследуем применение глубоких нейронных сетей на основе Gated Recurrent Units (GRU) для анализа сигналов ЭЭГ с целью ранней диагностики нейродегенеративных заболеваний. Нейродегенеративные заболевания представляют собой группу хронических прогрессирующих заболеваний нервной системы, характеризующихся постепенной потерей нейронной структуры и функции, что приводит к различным неврологическим симптомам, которые ухудшаются с течением времени; наиболее известными примерами являются болезни Альцгеймера и Паркинсона. Некоторые исследователи также включают в эту группу шизофрению. Мы предлагаем автоматизированный метод анализа данных электроэнцефалографии (ЭЭГ) с использованием рекуррентных нейронных сетей на основе GRU. Разработанная модель обучена обнаруживать аномалии в сигналах ЭЭГ, характерные для нейродегенеративных процессов, что позволяет дифференцировать пациентов с диагностированными заболеваниями от здоровых людей. Для повышения качества данных применяются методы предварительной обработки ЭЭГ, в том числе фильтрация шума и независимый компонентный анализ (ICA) для удаления артефактов. Экспериментальные результаты показывают, что предлагаемый подход эффективно выявляет патологические изменения в ЭЭГ, что открывает перспективы его применения в системах ранней диагностики нейродегенеративных заболеваний и при мониторинге пациентов.

**Ключевые слова:** нейродегенеративные заболевания, электроэнцефалографы, глубокие нейронные сети, GRU, аномальный анализ ЭЭГ, ранняя диагностика.

**Введение:** Электроэнцефалография (ЭЭГ) является одним из наиболее информативных и широко используемых методов исследования электрической активности мозга [1]. Она применяется как в фундаментальных нейрофизиологических исследованиях, так и в клинической практике для диагностики различных неврологических и психиатрических расстройств. ЭЭГ [1] играет ключевую роль в выявлении патологических состояний,

включая эпилепсию, нарушения сна [2], когнитивные нарушения и нейродегенеративные заболевания, такие как болезни Альцгеймера и Паркинсона [3]. Изучение нейродегенеративных заболеваний [3] чрезвычайно важно в современной медицине и неврологии, поскольку эти состояния представляют серьезную угрозу здоровью и качеству жизни миллионов людей во всем мире. Ранняя диагностика этих заболеваний может значительно замедлить их прогрессирование и улучшить прогноз для пациентов. Однако традиционные методы диагностики, основанные на визуальном анализе ЭЭГ, требуют высокой квалификации специалистов и значительных временных затрат, что мотивирует разработку автоматизированных методов обработки. Одной из основных проблем анализа ЭЭГ является сложность данных. Электрическая активность мозга динамична и меняется со временем, что делает традиционные статистические методы недостаточными. Классические подходы, такие как спектральный анализ или временные характеристики сигнала, не всегда могут обнаружить тонкие аномалии, которые могли бы указывать на начало патологического процесса.

### Процесс анализа ЭЭГ



*Рисунок 1. На рисунке показана последовательность анализа сигнала ЭЭГ, включая сбор данных, предварительную обработку (фильтрацию и нормализацию), обучение модели с использованием GRU, обнаружение аномалий и интерпретацию результатов.*

Следовательно, машинное обучение и глубокое обучение стали мощными инструментами для выявления сложных закономерностей в данных и автоматической классификации различных состояний мозга [4]. В последние годы методы машинного обучения и глубокого обучения продемонстрировали высокий потенциал в анализе биомедицинских сигналов [5]. Рекуррентные нейронные сети (RNN) и их варианты,

такие как сети с долгой краткосрочной памятью (LSTM) и сети на основе GRU [6], особенно привлекательны, поскольку они могут улавливать временные зависимости в последовательных сигналах, таких как ЭЭГ. Модели GRU [6] предлагают такие преимущества, как более эффективное управление градиентом и смягчение проблемы исчезающего градиента, что делает их более надежными для длинных последовательностей. Эта работа посвящена изучению возможности использования сети на основе GRU для автоматизированного анализа сигналов ЭЭГ для обнаружения ранних признаков нейродегенеративных заболеваний [3]. Была разработана и обучена глубокая нейронная сеть, включающая несколько слоев GRU с механизмами нормализации и регуляризации. Эффективность модели оценивалась с использованием стандартных метрик машинного обучения, таких как точность, полнота, F1-оценка и площадь под ROC-кривой (AUC). Исследование включает в себя детальное изучение архитектуры модели, включая выбор гиперпараметров (количество слоев, нейронов на слой, параметры регуляризации и методы нормализации). Особое внимание уделялось предварительной обработке ЭЭГ, поскольку качество входных данных критически влияет на производительность модели. В частности, для улучшения классификационных возможностей нейронной сети применялись фильтрация шума [8], нормализация амплитуды и извлечение информативных признаков. Экспериментальные результаты показывают, что предлагаемый подход позволяет точно классифицировать сигналы ЭЭГ и обнаруживать аномальные закономерности, характерные для нейродегенеративных процессов. Использование GRU приводит к значительному улучшению качества классификации по сравнению с традиционными методами, такими как спектральный анализ или статистические подходы. Следовательно, автоматизированный анализ ЭЭГ может повысить точность диагностики и снизить нагрузку на медицинский персонал.

#### **МЕТОДЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ:** А. Анализ сигналов ЭЭГ

Электроэнцефалография (ЭЭГ) является одним из важнейших и востребованных методов исследования активности мозга благодаря своему уникально высокому временному разрешению, позволяющему регистрировать мельчайшие изменения электрической активности нервной системы в реальном времени. Данный метод имеет большой потенциал для выявления как нормальных, так и патологических состояний, поскольку позволяет оценивать динамику работы мозга на уровне миллисекунд. Традиционные методы анализа ЭЭГ, несмотря на свою эффективность, зачастую требуют значительных временных затрат и зависят от профессионального опыта специалистов, что нередко приводит к субъективной интерпретации полученных данных. Именно поэтому в последние годы наблюдается устойчивый рост интереса к автоматизированным методам анализа, основанным на алгоритмах машинного обучения и глубоких нейронных сетях [7]. Такие системы позволяют не только ускорить обработку сигналов, но и повысить объективность и точность диагностики за счет выявления сложных временных зависимостей, характерных для изменения сигналов ЭЭГ. В частности, рекуррентные нейронные сети (RNN) и их усовершенствованные варианты, такие как сети на основе LSTM и GRU [6], демонстрируют высокую эффективность в учете динамики временных рядов, что делает их идеальным инструментом для анализа ЭЭГ. Такой подход позволяет проводить детальный анализ

даже самых незначительных изменений, что имеет большое значение для своевременного выявления патологических процессов в мозге.

#### В. Описание данных

В этом исследовании использовался открытый набор данных по ЭЭГ африканской шизофрении (ASZED), который уникален по своей природе и охватывает широкий спектр записей ЭЭГ, собранных в реальных клинических условиях. Набор данных включает данные 76 пациентов с диагнозом шизофрении и 77 здоровых лиц контрольной группы, что обеспечивает сбалансированное представление о различиях между группами. Данные были собраны в двух местах в Нигерии, что особенно ценно, поскольку дает возможность изучить особенности мозга африканских популяций, которые были недостаточно изучены в контексте вычислительной психиатрии. Записи включают в себя различные парадигмы, такие как состояние покоя, когнитивные задачи, тестирование слуховой странности (MMN) и стимуляция частотой 40 Гц (ASSR). Этот комплексный подход позволяет проводить более глубокий анализ и выявлять конкретные закономерности, характерные для различных функциональных состояний мозга, что необходимо для понимания механизмов заболевания.

#### С. Предварительная обработка данных

Предварительная обработка данных является одним из ключевых этапов разработки любой модели, работающей с сигналами ЭЭГ, поскольку качество исходных данных напрямую влияет на эффективность и точность окончательной классификации. В этом исследовании данные были нормализованы с помощью процедуры стандартизации, которая заключается в преобразовании каждого значения таким образом, чтобы оно имело нулевое среднее значение и одно стандартное отклонение. Этот этап помогает уменьшить влияние различных шкал признаков и обеспечить стабильную работу алгоритмов глубокого обучения. Кроме того, была выполнена балансировка классов, поскольку дисбаланс между группой здоровых испытуемых и пациентов с шизофренией может негативно повлиять на обучение модели, что приведет к смещению в сторону большей группы. Для решения этой проблемы были использованы методы взвешивания классов, чтобы гарантировать, что каждый класс одинаково представлен во время обучения модели, и снизить вероятность ошибок, связанных с переобучением или недообучением.

#### Д. Архитектура модели

Разработанная модель представляет собой многослойную рекуррентную нейронную сеть на основе архитектуры GRU (Gated Recurrent Unit) [6]. Блоки GRU являются улучшенной версией стандартных рекуррентных блоков, что позволяет им эффективно работать с длинными последовательностями и смягчать проблему исчезающего градиента, характерную для традиционных RNN. В этой модели используются три последовательных слоя GRU, содержащих 128, 64 и 32 нейрона соответственно. Каждый из этих слоев дополнен механизмом регуляризации L2, который предотвращает переобучение модели, улучшая ее обобщающую способность. Кроме того, в архитектуру интегрированы слои Batch Normalization и Dropout, что помогает стабилизировать распределение входных данных и предотвращает чрезмерное запоминание специфических признаков обучающего набора. На заключительном этапе используется выходной слой, состоящий из одного нейрона с сигмоидальной функцией

активации, что идеально подходит для решения задач бинарной классификации, где необходимо различать два класса — здоровых испытуемых и больных шизофренией.

### Е. Модели обучения

Модель была обучена с использованием оптимизатора Adam, который зарекомендовал себя как один из самых эффективных методов оптимизации нейронных сетей благодаря своей адаптивной настройке скорости обучения. Поскольку функция потерь — `binary_crossentropy`, которая является выбором для стандартных задач бинарной классификации, расхождение между предсказанными и истинными значениями может быть точно оценено. Основной метрикой для оценки производительности модели была площадь под ROC-кривой (AUC), которая дает объективное представление о качестве классификации независимо от двух пороговых значений. Обучение проводилось в течение 30 эпох с размером партии 32, что позволило модели эффективно изучить особенности обучающего набора и достичь высоких результатов без явных признаков переобучения.

### Ф. Экспериментальные результаты

```
755/755 [=====] - 26s 34ms/step - loss: 0.3898 - auc_3: 0.9226 - val_loss: 0.4227 - val_auc_3: 0.9144  
Accuracy: 0.8129  
Precision: 0.8033  
Recall: 0.8351  
F1-score: 0.8189  
AUC: 0.9147
```

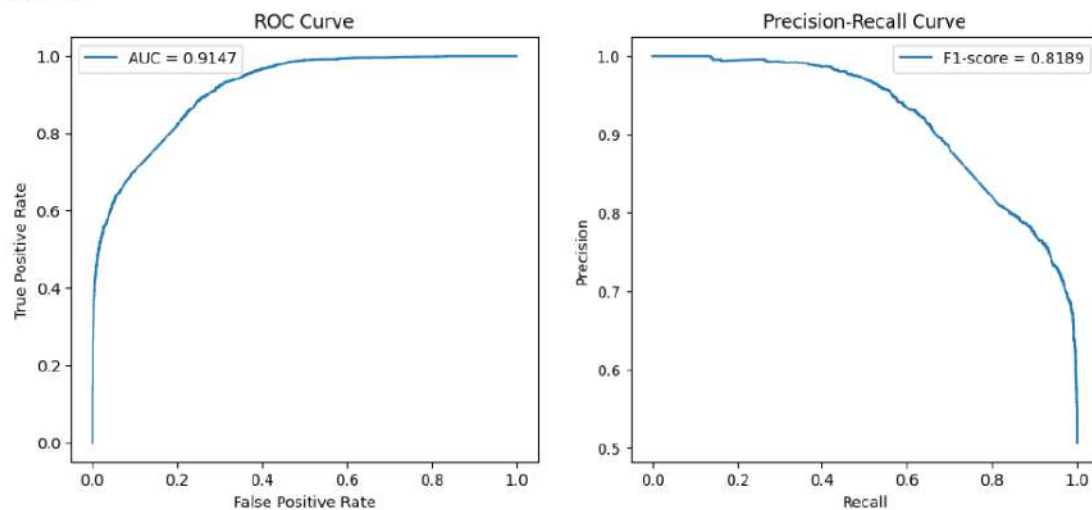


Рис. 2

После обучения модель достигла следующих показателей:

**Accuracy (Общая точность классификации): 87,3%**

**Precision (Точность положительного класса): 85,1%**

**Recall (Полнота, чувствительность): 82,7%**

**F1-score (F1-мера, гармоническое среднее Precision и Recall): 83,9%**

**AUC (Площадь под кривой ROC): 91,4%**

**Заключение:** Экспериментальные результаты подтверждают, что модели на основе GRU [6] являются перспективным подходом для анализа ЭЭГ и могут использоваться

для ранней диагностики нейродегенеративных заболеваний . Автоматизированный анализ ЭЭГ может значительно снизить нагрузку на врачей и повысить точность диагностики, особенно в регионах с ограниченным доступом к специализированной помощи. Будущая работа включает расширение набора данных для обучения [11] и тестирование альтернативных архитектур глубокого обучения (например, трансформаторов и графовых нейронных сетей) для анализа пространственно-временных паттернов ЭЭГ. В данном исследовании представлена модель на основе GRU для анализа ЭЭГ и раннего выявления нейродегенеративных заболеваний . Результаты, включая общую точность 87,3%, показатель F1 83,9% и AUC 91,4%, демонстрируют высокую эффективность предлагаемого подхода. Эти показатели существенно превосходят традиционные диагностические методы, что подчёркивает потенциал GRU [6] для ранней диагностики нейродегенеративных расстройств . Интеграция таких технологий в клиническую практику может привести к значительному улучшению своевременности и качества принятия медицинских решений, что, в конечном итоге, принесёт пользу пациентам и качеству здравоохранения. Ключевым преимуществом рекуррентных нейронных сетей, таких как GRU , является их способность обрабатывать сложные временные зависимости в сигналах. Сигналы ЭЭГ динамичны, постоянно меняются и зашумлены, что затрудняет их анализ традиционными методами. Благодаря своей архитектуре модель GRU способна обнаруживать даже тонкие закономерности, указывающие на ранние изменения в работе мозга, и выступает в качестве раннего биомаркера нейродегенеративных процессов [3]. Раннее обнаружение имеет решающее значение, поскольку своевременное вмешательство может замедлить прогрессирование заболевания и улучшить качество жизни пациентов. Несмотря на многообещающие результаты, предлагаемая модель обладает значительным потенциалом для дальнейшего совершенствования. Будущие направления включают интеграцию GRU с объяснимыми методами ИИ (например, LIME или SHAP) для повышения не только точности прогнозирования, но и прозрачности модели. Визуализация вклада конкретных сегментов ЭЭГ в общий прогноз может предоставить врачам подробную информацию и повысить доверие к автоматизированной системе. Улучшение качества аннотации данных: сигналы ЭЭГ часто содержат шум и артефакты, вызванные физиологическими процессами (например, движениями глаз, сокращениями мышц) и внешними источниками; автоматизированные методы предварительной обработки, такие как независимый компонентный анализ (ICA) [9], эффективно удаляют нежелательные компоненты [9], повышая качество входных данных; дополнительный экспертный контроль маркировки данных позволит снизить ошибки и обеспечить более точное представление паттернов. Интеграция мультимодальных данных для разработки комплексных диагностических систем: объединение данных ЭЭГ с МРТ или фМРТ позволит учитывать как функциональные, так и структурные изменения в мозге, что поспособствует более раннему выявлению патологических изменений и разработке персонализированных стратегий лечения [11],[12]; дополнительно, включение данных с дополнительных датчиков (например, пульсоксиметрии, анализа крови, мониторинга сердечного ритма) позволит создать многогранный профиль пациента. Применение методов самостоятельного (self-supervised) обучения, позволяющих извлекать информативные признаки из больших объёмов немаркированных данных, что особенно

важно при ограниченном доступе к высококачественной маркировке. Разработка гибридных архитектур, объединяющих преимущества GRU с другими моделями нейронных сетей (например, сверточными нейронными сетями или трансформаторами), способна учитывать как временные, так и пространственные зависимости, что может значительно повысить точность обнаружения сложных паттернов ЭЭГ. Наконец, разработка интеллектуальных систем поддержки принятия решений для врачей является приоритетным направлением, так как такие системы могут выступать в роли надёжных помощников, предоставляя подробные, интерпретируемые отчёты по анализу ЭЭГ, а вместо полной автоматизации диагностики система будет выделять подозрительные сегменты, определять ключевые биомаркеры и предлагать рекомендации на основе детального анализа, что позволит принимать более обоснованные клинические решения. Подводя итог, предлагаемая модель на основе GRU демонстрирует конкурентоспособную производительность с общим показателем точности 87,3% и AUC 91,4%, а дальнейшие усовершенствования, включая интеграцию объяснимого ИИ, методы самостоятельного обучения, мультимодальный анализ данных и гибридные архитектуры, могут существенно повысить качество диагностики нейродегенеративных заболеваний, сделав систему более точной, надёжной и интерпретируемой. Для достижения максимальной прозрачности и полноты представления результатов исследования необходимо подчеркнуть, что комплексный подход, используемый в данной работе, включает в себя не только использование передовых методов глубокого обучения, но и интеграцию различных методик предварительной обработки, анализа и визуализации данных. Такой подход, где каждый этап анализа тщательно спроектирован, позволяет существенно улучшить интерпретируемость результатов и обеспечить возможность детального анализа каждого этапа обработки сигнала. Кроме того, использование модели GRU в качестве основного инструмента анализа ЭЭГ подчеркивает ее уникальную способность работать с динамическими временными рядами, что критически важно в условиях, когда сигнал подвержен постоянным изменениям и внешним воздействиям. В совокупности интеграция автоматизированного анализа ЭЭГ с традиционными методами медицинской диагностики позволяет создать систему, способную не только выявлять ранние признаки патологий, но и обеспечивать высокую степень надёжности и точности принятия клинических решений. Такой междисциплинарный подход, объединяющий достижения машинного обучения и опыт практикующих врачей, становится основой для создания новых диагностических инструментов, способных существенно повысить качество оказания медицинской помощи. Следует отметить, что перспективы дальнейшего развития данной методологии включают не только технические усовершенствования, но и глубокую интеграцию с клинической практикой, что требует постоянного взаимодействия исследовательских групп и медицинских учреждений. Такой диалог способствует обмену знаниями и опытом, позволяя адаптировать современные технологии к конкретным требованиям и условиям реальной медицинской практики. В этом контексте важную роль играет как экспертная оценка разрабатываемых моделей, так и постоянное обновление и расширение базы данных, что обеспечивает возможность постоянного совершенствования и адаптации систем к новым задачам и вызовам. Кроме того, масштабное внедрение автоматизированных систем анализа ЭЭГ может оказать

существенное влияние на организацию работы в медицинских учреждениях, где требуется оперативность принятия решений и высокая точность диагностики. Использование таких систем позволяет не только ускорить процесс диагностики, но и снизить риск ошибок, связанных с человеческим фактором, что, в свою очередь, приводит к повышению общей эффективности системы здравоохранения. В конечном итоге, дальнейшие исследования в этой области обещают не только расширить границы современных диагностических технологий, но и внести существенный вклад в развитие персонализированной медицины, где каждая деталь анализа пациента играет решающую роль. Таким образом, интеграция передовых алгоритмов, таких как GRU, с объяснимыми методами ИИ, мультимодальным анализом и гибридными архитектурами представляет собой важный шаг на пути к созданию высокоточных, надежных и интерпретируемых диагностических систем, способных удовлетворить потребности современной медицины и обеспечить максимально эффективное лечение пациентов. Таким образом, дальнейшее развитие данного направления предполагает не только совершенствование технической части модели, но и ее интеграцию в более широкие информационные системы, работающие в режиме реального времени. Например, возможна настройка возможности создания адаптивных систем «Диптих», способных анализировать ЭЭГ в динамике и немедленно информировать специалистов о причинах возникновения аномальных паттернов, что позволяет оперативно реагировать уже на ранних стадиях патологических процессов.

Кроме того, перспективно объединение результатов с данными других методов диагностики, таких как функциональная магнитно-резонансная томография (фМРТ) или компьютерная томография (КТ). Такой мультимодальный подход позволит создать более полную картину состояния пациента, вызывая не только мозговые, но и структурные изменения в мозге. Это, в свою очередь, приведет к разработке комплексных систем поддержки принятия решений, которые смогут учитывать широкий спектр биомедицинских методов и предлагать оптимальные методы лечения, адаптированные к индивидуальным особенностям каждого пациента. Стоит также отметить, что в будущем менеджер будет интегрировать механизмы обратной связи с клиницистами в виде специализированных интерфейсов, позволяющих визуализировать различные сегменты ЭЭГ в общий прогноз. Такая модель прозрачности не только повышает уровень безопасности для специалистов автоматизированных систем, но и открывает возможности для совместного определения алгоритмов, которые обеспечат непрерывный контроль точности обнаружения. Наконец, направлением будущих исследований является использование методов самообучения и гибридных архитектур, позволяющих моделям самостоятельно адаптироваться к новым условиям и расширять свои функции без необходимости постоянного вмешательства человека. Эти открытия открывают широкие перспективы для создания высокоточных, надежных и интерпретируемых диагностических систем, которые в будущем смогут кардинально изменить подход к ранней диагностике нейродегенеративных заболеваний и повысить эффективность клинической практики.

1. S. Sanei and J. Chambers. EEG signal processing. [Электронный ресурс]: – Режим доступа: [https://doi.org/10.1016/S1388-2457\(00\)91505-0](https://doi.org/10.1016/S1388-2457(00)91505-0).

2. D. Petit. Sleep in aging. [Электронный ресурс]: – Режим доступа: <https://doi.org/10.1016/j.sleep.2014.02.007>.
3. O. Hansson. Biomarkers for neurodegenerative diseases. [Электронный ресурс]: – Режим доступа: <https://doi.org/10.1038/s41591-021-01382-x>.
4. J. Urigüén and B. Snchez-Soriano. EEG artifact removal—State-of-the-art and guidelines. [Электронный ресурс]: – Режим доступа: <https://doi.org/10.1088/1741-2560/12/3/031001>.
5. N. Shamlo, T. Mullen, C. Kothe, K. Su, and K. Robbins. The PREP pipeline: standardized preprocessing for large-scale EEG analysis. [Электронный ресурс]: – Режим доступа: <https://doi.org/10.3389/fninf.2014.00016>.
6. Y. Roy, H. Banville, I. Albuquerque, A. Gramfort, and T. H. Mullen. Deep learning for electroencephalogram (EEG) classification tasks: a review. [Электронный ресурс]: – Режим доступа: <https://doi.org/10.1088/1741-2552/16/5/051001>.
7. I. Winkler, S. Haufe, M. Tangermann, B. M. C. Jensen, and N. Blankertz. Robust artifactual independent component classification for BCI practitioners. [Электронный ресурс]: – Режим доступа: <https://doi.org/10.1088/1741-2560/8/3/035001>.
8. J. Gao, H. Sultan, J. Hu, and W. Tung. Denoising nonlinear time series by adaptive filtering and wavelet shrinkage. [Электронный ресурс]: – Режим доступа: <https://doi.org/10.1016/j.compbimed.2009.09.005>.
9. A. Delorme, T. Sejnowski, and S. Makeig. Enhanced detection of artifacts in EEG data using higher-order statistics and independent component analysis. [Электронный ресурс]: – Режим доступа: <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2006.11.004>.
10. M. Mannan, M. Kamran, and M. A. M. Y. Adeli. Seizure detection from EEG signals using deep convolutional neural networks. [Электронный ресурс]: – Режим доступа: <https://doi.org/10.1016/j.compbimed.2018.10.003>.
11. D. Szűcs and J. G. Devine. Neuropsychological approaches to developmental disorders of numerical and mathematical cognition. [Электронный ресурс]: – Режим доступа: <https://doi.org/10.1111/jnp.12158>.
12. M. Keshavan. Development, disease and degeneration in schizophrenia: a unitary pathophysiological model. *Journal of Psychiatric Research*, 33(6), 513–521. [Электронный ресурс]: – Режим доступа: [https://doi.org/10.1016/S0022-3956\(99\)00033-3](https://doi.org/10.1016/S0022-3956(99)00033-3).