

**Письменный отзыв официального рецензента  
по диссертации Ларгина Александра Васильевича  
на тему «Разработка программно-аппаратных средств и метода  
цифровой обработки и интеллектуального анализа сигналов  
электрокардиограммы и фотоплетизмограммы для прогнозирования  
уровня артериального давления», на соискание степени доктора  
философии (PhD) по специальности 8D06201 – «Радиотехника,  
электроника и телекоммуникации».**

№ п/п	Критерии	Соответствие критериям (подчеркнуть один из вариантов ответа)	Обоснование позиции официального рецензента (замечания выделить курсивом)
1.	Тема диссертации (на дату ее утверждения) соответствует направлениям развития науки и/или государственным программам	1.1 Соответствие приоритетным направлениям развития науки или государственным программам: 1) диссертация выполнена в рамках проекта или целевой программы, финансируемого(ой) из государственного бюджета (указать название и номер проекта или программы); 2) диссертация выполнена в рамках другой государственной программы (указать название программы); 3) диссертация соответствует приоритетному направлению развития науки, утвержденному Высшей научно-технической комиссией при Правительстве Республики Казахстан (указать направление).	Тема диссертации на дату ее утверждения соответствует следующим государственным программам 1. Стратегии "Казахстан-2050: Новый политический курс состоявшегося государства", утвержденной Указом Президента Республики Казахстан № 577 от 14 декабря 2012 года. 2. Государственной программе развития здравоохранения Республики Казахстан на 2020–2025 годы, утвержденной Постановлением Правительства Республики Казахстан № 982 от 26 декабря 2019 года. 3. Концепции развития здравоохранения Республики Казахстан до 2026 года, утвержденной Постановлением Правительства Республики Казахстан от 24 ноября 2022 года № 945.  Диссертационное исследование соответствует приоритетному направлению развития науки, утвержденному Высшей научно-технической комиссией при Правительстве Республики Казахстан, а именно: разделу «Передовое производство, цифровые и космические технологии», подпункту №7 «Информационные и вычислительные технологии» и подпункту №9 «Искусственный интеллект».
2.	Важность для науки	Работа <u>вносит</u> /не вносит существенный вклад в науку, а ее важность <u>хорошо раскрыта</u> /не раскрыта.	Работа вносит существенный вклад в науку, предлагая новый подход в неинвазивном и безманжетном прогнозировании артериального давления (АД). Разработаны алгоритмы обработки сигналов электрокардиограммы (ЭКГ) и фотоплетизмограммы (ФПГ), которые прогнозируют уровни систолического, диастолического и среднего АД без использования манжет, что позволяет проводить скрининг и длительный мониторинг без индивидуальной калибровки. Эти методы расширяют возможности

			<p>диагностики и мониторинга сердечно-сосудистых заболеваний.</p> <p>Важность работы хорошо раскрыта через подробное описание научной новизны и решение актуальной проблемы измерения АД с применением современных методов цифровой обработки и анализа данных.</p>
3.	Принцип самостоятельности	<p>Уровень самостоятельности:</p> <p>1) <b>высокий;</b></p> <p>2) средний;</p> <p>3) низкий;</p> <p>4) самостоятельности нет.</p>	<p>Уровень самостоятельности диссертационного исследования высокий. Все использованные материалы сопровождаются соответствующими ссылками. По результатам исследования опубликовано 8 научных работ, включая 2 статьи в международных рецензируемых научных журналах, 3 статьи в научных изданиях, включенных в перечень, рекомендуемый для публикаций основных результатов научной деятельности, утверждаемый уполномоченным органом, а также 3 материала на международных научных конференциях, получено 1 авторское право.</p>
4.	Принцип внутреннего единства	<p>4.1 Обоснование актуальности диссертации:</p> <p>1) <b>обоснована;</b></p> <p>2) частично обоснована;</p> <p>3) не обоснована.</p>	<p>Актуальность диссертации обоснована, так как определение АД с использованием методов цифровой обработки и интеллектуального анализа сигналов ЭКГ и ФПГ является важной проблемой для медицинской техники. Высокий уровень сердечно-сосудистых заболеваний и потребность в ранней диагностике делают мониторинг АД крайне актуальным. Кроме того, актуальность работы подтверждается необходимостью создания доступных инструментов для постоянного мониторинга АД, что важно в условиях растущего числа людей страдающих артериальной гипертензией.</p>
		<p>4.2 Содержание диссертации отражает тему диссертации:</p> <p>1) <b>отражает;</b></p> <p>2) частично отражает;</p> <p>3) не отражает.</p>	<p>Содержание диссертации полностью отражает тему диссертации. Все разделы исследования, включая теоретическую часть, методы обработки данных, разработку алгоритмов и экспериментальные исследования, направлены на решение поставленной задачи, связанной с улучшением точности прогнозирования АД.</p>
		<p>4.3. Цель и задачи соответствуют теме диссертации:</p> <p>1) <b>соответствуют;</b></p> <p>2) частично соответствуют;</p> <p>3) не соответствуют.</p>	<p>Цель и задачи соответствуют теме диссертации. Количество и последовательность задач способствуют эффективному достижению цели диссертационного исследования.</p>



		<p>4.4 Все разделы и положения диссертации логически взаимосвязаны:</p> <p>1) <b><u>полностью взаимосвязаны;</u></b>  2) взаимосвязь частичная;  3) взаимосвязь отсутствует.</p>	<p>Все разделы и положения диссертации полностью взаимосвязаны, четко обоснованы и характеризуются ясностью и последовательностью изложения материала. Диссертационная работа представляет собой рукопись компьютерного набора объемом 102 страницы, состоит из введения, четырех разделов, заключения, списка используемых источников из 98 наименований и приложения. В тексте представлены 50 рисунков и 13 таблиц.</p>
		<p>4.5 Предложенные автором новые решения (принципы, методы) аргументированы и оценены по сравнению с известными решениями:</p> <p>1) <b><u>критический анализ есть;</u></b>  2) анализ частичный;  3) анализ представляет собой не собственные мнения, а цитаты других авторов;  4) анализ отсутствует.</p>	<p>Критический анализ есть. В работе автор представляет аргументированные новые решения, включая многоступенчатый алгоритм цифровой обработки сигналов ЭКГ и ФПГ для определения АД. Эти решения обоснованы на основе анализа существующих методов и подходов, описанных в научной литературе.</p> <p>В частности, автор проводит критический анализ известных алгоритмов машинного обучения, используемых для прогнозирования АД. В диссертации показано, что существующие методы либо требуют индивидуальной калибровки, либо имеют ограниченную точность, что делает их малоэффективными для прогнозирования АД.</p>
5.	Принцип научной новизны	<p>5.1 Научные результаты и положения являются новыми?</p> <p>1) <b><u>полностью новые;</u></b>  2) частично новые (новыми являются 25-75%);  3) не новые (новыми являются менее 25%).</p> <p>5.2 Выводы диссертации являются новыми?</p> <p>1) <b><u>полностью новые;</u></b>  2) частично новые (новыми являются 25-75%);  3) не новые (новыми являются менее 25%).</p> <p>5.3 Технические, технологические, экономические или управленческие решения являются новыми и обоснованными:</p>	<p>Научные результаты и положения диссертации являются полностью новыми, так как предложенный метод прогнозирования АД с использованием ЦОС ЭКГ и ФПГ значительно отличаются от существующих решений. Разработаны многоступенчатые алгоритмы для извлечения информативных признаков АД, методы машинного обучения для прогнозирования систолического, диастолического и среднего АД, а также программно-аппаратный комплекс для мониторинга АД.</p> <p>Выводы в диссертационной работе являются полностью новыми, получены автором и сформулированы в диссертации, являются новыми научными знаниями в области неинвазивного и безманжетного мониторинга АД и могут быть использованы для улучшения диагностики и профилактики сердечно-сосудистых заболеваний.</p> <p>Представленные в диссертации технические и технологические решения являются полностью новыми и обоснованными. Разработка новых алгоритмов ЦОС для синхронных ЭКГ и ФПГ — новый подход, не описанный ранее. Эти алгоритмы обеспечивают высокую точность прогнозирования</p>

		<p>1) <b>полностью новые;</b></p> <p>2) частично новые (новыми являются 25-75%);</p> <p>3) не новые (новыми являются менее 25%).</p>	<p>АД и эффективную фильтрацию помех, что делает их пригодными для практического применения. Создание программно-аппаратного комплекса для непрерывного мониторинга АД с использованием разработанных алгоритмов является технологическим новшеством. Этот комплекс интегрирует передовые технологии обработки сигналов, машинного обучения и микроэлектроники, что позволяет реализовать носимые устройства для оценки параметров АД..</p>
6.	Обоснованность основных выводов	<p>Все основные выводы <b>основаны</b>/не основаны на весомых с научной точки зрения доказательствах либо достаточно хорошо обоснованы (для qualitative research и направлений подготовки по искусству и гуманитарным наукам).</p>	<p>Все основные выводы основаны на весомых с научной точки зрения доказательствах с применением соответствующего инструментария аналитических и экспериментальных исследований, а так же средств автоматизации математических расчетов и визуализации результатов. В результате предложен метод прогнозирования АД на основе анализа синхронных сигналов ЭКГ и ФПГ.</p>
7.	Основные положения, выносимые на защиту	<p>Необходимо ответить на следующие вопросы по каждому положению в отдельности:</p> <p>7.1 Доказано ли положение?</p> <p>1) <b>доказано;</b></p> <p>2) скорее доказано;</p> <p>3) скорее не доказано;</p> <p>4) не доказано;</p> <p>5) в текущей формулировке проверить доказанность положения невозможно.</p> <p>7.2 Является ли тривиальным?</p> <p>1) да;</p> <p>2) <b>нет;</b></p> <p>3) в текущей формулировке проверить тривиальность положения невозможно.</p> <p>7.3 Является ли новым?</p> <p>1) <b>да;</b></p> <p>2) нет;</p> <p>3) в текущей формулировке проверить новизну положения невозможно.</p> <p>7.4 Уровень для применения:</p> <p>1) узкий;</p> <p>2) средний;</p> <p>3) <b>широкий;</b></p> <p>4) в текущей формулировке проверить уровень</p>	<p>Все основные положения, представленные в диссертации и выносимые на защиту:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Доказаны;</li> <li>2. Не являются тривиальными;</li> <li>3. Являются новыми;</li> <li>4. Уровень применения широкий;</li> <li>5. Доказаны в статьях автора.</li> </ol> <p>Положение 1: Многоступенчатый алгоритм цифровой обработки ФПГ и ЭКГ, позволяющий извлекать из синхронно зарегистрированных сигналов значимые информативные признаки для прогнозирования уровня АД. Отражены в статьях:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Метод автоматического детектирования характерных точек пульсовой волны. Труды Карагандинского технического университета им. Абылкаса Сағынова, 2024, №1 (94), с. 508-510. DOI 10.52209/1609-1825 2024 1 498.</li> <li>- Анализ методов подавления сетевой наводки в задачах цифровой обработки электрокардиографических сигналов. Труды Карагандинского технического университета им. Абылкаса Сағынова, 2022, №1 (92), с. 291-296. <a href="https://doi.org/10.52209/1609-1825_2022_2_291">https://doi.org/10.52209/1609-1825_2022_2_291</a></li> </ul> <p>Положения 2 и 3: Отражены в статье:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Devising a method for predicting a blood pressure level based on electrocardiogram and photoplethysmogram signals, Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 2022, Vol. 5, No. 2, pp. 62-74 (Scopus). <a href="https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.265066">https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.265066</a>.</li> </ul>



		<p>применения положения невозможно. 7.5 Доказано ли в статье? 1) <b>да;</b> 2) нет; 3) в текущей формулировке проверить доказанность положения в статье невозможно.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Также отражены в авторском свидетельстве: Свидетельство о внесении сведений в государственный реестр прав на объекты, охраняемые авторским правом №29850 от «21» октября 2022 года.</li> </ul> <p>Положение 4: Программно-аппаратный комплекс для прогнозирования в реальном времени параметров АД по данным сигнала ФПГ с пальца руки и сигнала ЭКГ в первом стандартном отведении, снимаемых синхронно. Отражено в статьях:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Разработка измерительного устройства для оценки уровня кровяного давления по данным сигналов электрокардиограммы и фотоплетизмограммы. Вестник КазАТК, 2023, № 2 (125), с. 354-362. <a href="https://doi.org/10.52167/1609-1817-2023-125-2-354-362">https://doi.org/10.52167/1609-1817-2023-125-2-354-362</a>.</li> <li>- Design of a complex of medical service robots and analysis of transmission characteristics of drives. Journal of Applied Engineering Science, 2022, Vol. 20, No. 4, pp. 1242-1253 (Scopus). <a href="https://doi.org/10.5937/jaes0-38656">https://doi.org/10.5937/jaes0-38656</a>.</li> </ul>
8.	<p>Принцип достоверности. Достоверность источников предоставляемой информации</p>	<p>8.1 Выбор методологии обоснован или методология достаточно подробно описана: 1) <b>да;</b> 2) нет.</p> <p>8.2 Результаты диссертационной работы получены с использованием современных методов научных исследований и методик обработки и интерпретации данных с применением компьютерных технологий: 1) <b>да;</b> 2) нет.</p> <p>8.3 Теоретические выводы, модели, выявленные взаимосвязи и закономерности доказаны и подтверждены экспериментальным исследованием (для направлений подготовки по педагогическим наукам результаты доказаны на основе педагогического эксперимента):</p>	<p>Методологический комплекс исследования достаточно обоснован и подкреплен достаточным количеством изученных источников.</p> <p>В диссертационной работе использованы современные методы научных исследований, включая методы цифровой обработки сигналов и машинного обучения, что является актуальным для новых методов определения АД.</p> <p>Теоретические выводы, модели, выявленные взаимосвязи и закономерности доказаны и подтверждены экспериментальными результатами, полученными на основе реальных данных ЭКГ и ФПГ, что демонстрирует их точность и применимость для прогнозирования АД в реальных условиях.</p>

		1) <u>да</u> ; 2) нет.	
		8.4 Важные утверждения <u>подтверждены</u> /частично подтверждены/не подтверждены ссылками на актуальную и достоверную научную литературу.	В исследовании опирались на современную и надежную научную литературу, которая обосновывает ключевые положения, включая методы цифровой обработки сигналов, применение машинного обучения для предсказания АД. Все выводы подтверждены ссылками на статьи и исследования, опубликованные в ведущих научных журналах за последние годы.
		8.5 Используемые источники литературы <u>достаточны</u> /не достаточны для литературного обзора.	В работе использованы достаточные и актуальные источники, которые охватывают ключевые аспекты цифровой обработки и интеллектуального анализа сигналов ЭКГ и ФПГ, для прогнозирования АД, включающие современные подходы в области машинного обучения и биомедицинских технологий. Все источники относятся к высокорейтинговым и авторитетным публикациям последних лет, что подтверждает достаточность использованной литературы для глубокого и всестороннего обзора темы. Всего в работе использовано 98 источников литературы, что является достаточным для литературного обзора.
9	Принцип практической ценности	9.1 Диссертация имеет теоретическое значение: 1) <u>да</u> ; 2) нет.	Диссертация имеет теоретическое значение, предлагая инновационные методы цифровой обработки сигналов ЭКГ и ФПГ, а также совершенствуя подходы к прогнозированию АД с применением технологий машинного обучения. Эти разработки углубляют понимание неинвазивных методов мониторинга АД и способны служить основой для дальнейших исследований и создания теоретических моделей в области биомедицинской инженерии.
		9.2 Диссертация имеет практическое значение и существует высокая вероятность применения полученных результатов на практике: 1) <u>да</u> ; 2) нет.	Диссертация имеет практическое значение и существует высокая вероятность применения полученных результатов на практике, что подтверждается разработанным прототипом программно-аппаратного комплекса для прогнозирования АД. Этот комплекс интегрирует современные методы цифровой обработки сигналов и машинного обучения, что открывает возможности для его применения в медицинской практике, а также в носимых устройствах, таких как фитнес-браслеты и мобильные приложения. Полученные результаты имеют высокий потенциал для внедрения в повседневную практику, что может существенно улучшить диагностику и профилактику сердечно-сосудистых заболеваний.
		9.3 Предложения для практики являются новыми: 1) <u>полностью новые</u> ;	Предложения для практики в диссертации являются полностью новыми, поскольку включают разработку и внедрение инновационного метода



		2) частично новые (новыми являются 25-75%); 3) не новые (новыми являются менее 25%).	определения уровня АД, что ранее не применялось в подобных системах. Это открывает новые возможности для мониторинга здоровья и создания устройств анализа АД в реальном времени, что значительно улучшает диагностику и профилактику заболеваний сердечно-сосудистой системы.
10.	Качество написания оформления	Качество академического письма: 1) <b>высокое;</b> 2) среднее; 3) ниже среднего; 4) низкое.	Качество академического письма высокое. В работе соблюдены все требования академического письма: четкая структура, высокая точность изложения, правильное использование научной терминологии и актуальных источников, ясность и логичность выводов.

### Решение официального рецензента:

Рекомендую ходатайствовать перед Комитетом по обеспечению качества в сфере науки и высшего образования Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан для присуждения докторанту Ларгину Александру Васильевичу степени доктора философии (PhD) по специальности 8D06201 – «Радиотехника, электроника и телекоммуникации»

### Официальный рецензент

доктор PhD по специальности  
Information and Communication  
Technologies, профессор-исследователь  
Международного университета  
информационных технологий, г. Алматы

**Омаров Батырхан Султанович**


