Вторая часть комплекса предназначена для аналитической обработки накопленных данных. Программа запрашивает начальную дату наблюдения и автоматически формирует список ожидаемых файлов с шагом в семь дней, что соответствует традиционному недельному циклу мониторинга. Для каждой недели производится загрузка данных и их усреднение, после чего рассчитываются ключевые показатели динамики: абсолютные изменения веса и роста за весь период наблюдения, среднедельные приросты, а также динамика между последовательными измерениями. Особенностью разработанной системы является встроенная база центильных таблиц для детей от 0 до 12 месяцев, содержащая значения 25-го и 75-го перцентилей, принятые за границы нормы. Сравнение показателей последнего измерения, соответствующего четвертой неделе наблюдения, с эталонными значениями позволяет автоматически классифицировать состояние ребенка как соответствующее норме, либо как отклонение выше или ниже установленного диапазона.

Разработанное решение полностью автоматизирует процесс сбора антропометрических данных и данных о сне, исключает ошибки ручной записи, снижает временные затраты медицинского персонала и предоставляет объективную цифровую основу для оценки развития ребенка.

Литература

1. Коновалова, К. Н. Информационные технологии и медицинские роботизированные системы / К. Н. Коновалова, Т. А. Фролова // В. И. Вернадский: устойчивое развитие регионов : материалы Междунар. науч.-практ. конф.: в 5 т. Т. 1 / Междунар. науч.-практ. конф., 7–9 июня 2016 г., г. Тамбов. –Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2016. – С. 132–138.
2. Фролова, Т. А. / Проектирование биомедицинских информационных систем / Т. А. Фролова, А. Н. Ряшенцева // Энергосбережение и эффективность в технических системах : материалы VI Междунар. науч.-техн. конф. студентов, молодых ученых и специалистов. – Тамбов : Изд-во Першина Р. В., 2019. – С. 419–421.
3. Конструирование приложения для молодых матерей / Т. А. Фролова, Е. П. Евстигнеева, Е. В. Сеченева, Н. Р. Моргунов // Виртуальное моделирование, прототипирование и промышленный дизайн : материалы X Междунар. науч.-практ. конф., Тамбов, 21–22 окт. 2024 г. – Тамбов : Тамб. гос. техн. ун-т, 2024. – С. 349–351.
4. Приложение для учета и мониторинга сна младенцев / М. А. Любавина, Н. Р. Журавлев, Е. П. Евстигнеева, Т. А. Фролова // Исследования и разработки в области машиностроения, энергетики и управления : материалы XXV Междунар. науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых : в 2 ч. Ч. 2, Гомель, 24–25 апр. 2025 г. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2025. – С. 175–178.
5. Участковый педиатр : справ. рук. / М. Ф. Рзянкина, В. П. Молочный, В. Г. Дьяченко, Е. Н. Андрюшкина. – Ростов н/Д. : Феникс, 2005. – С. 313.

СПЕКТРАЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЭКГ ПРИ ТРИГЕМИНИИ

А. В. Кузнецова

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тамбовский государственный технический университет», Российская Федерация

Научный руководитель С. Г. Проскурин

Представлены результаты исследования ЭКГ с аллоритмией типа тригеминия с использованием метода декомпозиции во временной области (DMTD) и последующего спектрального анализа. Применение цифровой фильтрации позволило снизить уровень шумов на 10–20 %. Для минимизации влияния высокочастотных зубцов QRS на спектр они были удалены, что дало возможность проанализировать плавно меняющуюся часть сигнала (Р и Т волны). В спектре регулярной части сигнала выявлены три характерных пика

на частотах 1,6, 3,2 и 4,7 Гц. Показано, что анализ гладкой составляющей ЭКГ позволяет выявить предпосылки к возникновению экстрасистол даже при отсутствии их видимых проявлений на момент обследования.

Ключевые слова: цифровая обработка ЭКГ, электрокардиосигнал, аллоритмия, тригеминия, спектральный анализ, гармоники ЭКС.

Аллоритмия представляет собой нарушение сердечного ритма, при котором экстрасистолы чередуются с нормальными синусовыми сокращениями в строгой последовательности. Тригеминия характеризуется появлением экстрасистолы после каждого второго нормального комплекса QRS.

Стандартные методы анализа ЭКГ во временной области хорошо зарекомендовали себя для диагностики явных нарушений. Однако они не всегда позволяют обнаружить скрытые паттерны, предшествующие аритмии. Классический спектральный анализ всего сигнала малоинформативен из-за наличия острых пиков комплекса QRS, которые вносят широкополосный шум в спектр электрокардиосигнала (ЭКС).

В данном исследовании представлен разработанный и экспериментально проверенный алгоритм спектрального анализа сигналов ЭКГ при тригеминальном режиме сердечного ритма, включающий разделение кардиосигнала на гладкую и импульсную компоненты. Применение метода DMTD обеспечивает снижение уровня шумовых артефактов и уменьшение числа ложноположительных гармонических составляющих.

В данной работе применен метод декомпозиции сигнала во временной области (DMTD) [1], который разделяет ЭКГ на высокочастотную (QRS комплексы) и низкочастотную (P и T волны) составляющие. Это позволяет изучить спектр гладкой части кардиосигнала и выявить гармонические компоненты, соответствующие работе предсердий и реполяризации желудочков при скрытой патологии [2].

Исходным материалом для исследования являлся оцифрованный сигнал первого отведения стандартной системы ЭКГ, содержащий фрагменты с регулярным синусовым ритмом и последующей тригеминией. Кроме того, на этапе предварительной обработки сигнала применялась процедура сглаживания, реализованная с помощью интерполяции полиномами Лагранжа, с целью подавления высокочастотных помех. Основной этап обработки заключался в декомпозиции исходного сигнала. С этой целью выполнялась идентификация и последующее удаление остроконечных компонентов – QRS-комплексов, включая экстрасистолы. Соответственно оставшиеся гладкие сегменты, соответствующие волнам P и T, подвергались интерполяционной аппроксимации. К полученному массиву данных применялось БПФ (1), описываемое следующим выражением:

$$X(k) = \frac{1}{N}\sum_{n=0}^{N-1} x(n) e^{\frac{-j\pi nk}{N}}, \qquad (1)$$

где N – число отсчетов; $x(n)$ – значение сигнала; $X(k)$ – комплексная амплитуда спектра.

Верификация полученных результатов включала применение полосового фильтра с полосой пропускания 0,2–5 Гц, а также выполнение обратного преобразования Фурье для реконструкции сигнала и его последующего сопоставления с исходным. На первом этапе анализировался участок ЭКГ, соответствующий стабильному синусовому ритму (первая половина записи), предшествующий появлению

экстрасистолии. Однако спектр полного сигнала характеризовался множеством выраженных пиков, что усложняло его интерпретацию. После применения алгоритма DMTD и удаления фрагментов, содержащих QRS-комплексы, количество значимых гармонических составляющих сократилось с 23 до 5.

В полученном спектре наблюдались три выраженных максимума на следующих частотах: $\omega_1 = 1{,}6$ Гц, $\omega_2 = 3{,}2$ Гц, $\omega_3 = 4{,}7$ Гц. Данные частоты обнаруживают приближенную кратность ($\omega_2 \approx 2\omega_1$, $\omega_3 \approx 3\omega_1$), что согласуется с ранее полученными экспериментальными данными о характере непроизвольной мышечной активности и может указывать на наличие нелинейных свойств проводящей системы сердца.

Таким образом, применение полосовой фильтрации позволило установить соответствие между выделенными частотными диапазонами и морфологическими элементами ЭКГ:

– Частоты ω_1 и ω_2 соотносятся с волнами *P* и *T*.

– Наличие зубцов *Q* и *S* объясняется вкладом спектральных компонентов, близких по частоте.

Реконструированный сигнал, полученный путем суммирования трех доминирующих гармоник (ω_1, ω_2, ω_3) с последующим обратным преобразованием Фурье, продемонстрировал высокую степень сходства с предварительно сглаженным исходным сигналом. Коэффициент детерминации R^2 составил 0,92, что подтверждает адекватность предложенного подхода.

Ключевым результатом исследования явилось обнаружение трех характерных частотных составляющих в спектре регулярного участка ЭКГ у пациентов с подтвержденной тригеминией.

В физиологических условиях спектр гладкой составляющей ЭКГ содержит, как правило, две основные гармоники, соответствующие волны P и T. Наличие третьей гармоники (ω_3) может рассматриваться как маркер скрытой миокардиальной нестабильности и предрасположенности к последующему развитию экстрасистолии. Таким образом, применение метода динамического моделирования временных зависимостей к анализу фрагментов ЭКГ, свободных от видимых аритмических проявлений, позволяет выявлять специфические признаки аллоритмии, что расширяет диагностические возможности прогнозирования нарушений ритма в условиях стандартных краткосрочных исследований и снижает необходимость в длительном холтеровском мониторировании.

Спектральный анализ гладких компонентов ЭКГ (волн P и T) у пациентов с диагностированной тригеминией выявил три доминирующие частоты – 1,6, 3,2 и 4,7 Гц. Присутствие трех значимых гармоник в структуре регулярного синусового ритма может быть ассоциировано с субклинической кардиальной патологией и повышенным риском возникновения экстрасистолии. Численная реконструкция сигнала на основе выделенных спектральных характеристик подтвердила клиническую значимость указанных частот [3–6].

Дальнейшие исследования предполагают применение методов вейвлет-анализа для уточнения спектральной структуры ЭКГ-сигнала при наличии экстракардиальных комплексов, а также изучение связи выявленных спектральных компонентов с конкретными формами сердечно-сосудистых заболеваний.

Литература

1. Proskurin, S. G. Trigeminy electrocardiogram spectral characteristics study / S. G. Proskurin // Cardiometry. – 2023. – iss. 27. – P. 75–79.

2. Фролов, С. В. Система поддержки принятия врачебных решений в кардиологии на основе цифрового двойника сердечно-сосудистой системы / С. В. Фролов, А. А. Коробов, А. Н. Ветров // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. – 2023. – Т. 11, № 1 (40). – С. 3–4.
3. Мигель, А. С. Анализ дифракционных спектров периодических решеток, профиль которых описывается электрокардиограммами / А. С. Мигель, С. В. Малый // Журнал Белорусского государственного университета. Физика. – 2025. – № 1. – С. 49–56.
4. Концепция гибридного интеллектуального анализа сердечных ритмов: применение спектральных методов и машинного обучения / В. В. Евдокимова, С. В. Колесников, Л. С. Афанасов, А. Г. Масловская // Информатика и системы управления. – 2024. – № 1. – С. 121–123.
5. Diaz-Maue, L. Unraveling cardiac arrhythmia frequency: comparative analysis using time and frequency domain algorithms / L. Diaz-Maue, A. Witt, L. Elshareif, H. Nobach // Frontiers in Signal Processing. – 2026. – Vol. 5. – Article ID 1707422. – DOI 10.3389/frsip.2025.1707422
6. Wang, T. Multi-window temporal analysis for enhanced arrhythmia classification: leveraging long-range dependencies in electrocardiogram signals / T. Wang, W. Haverkamp, N. Strodthoff // Physiological Measurement, 2026. – Vol. 47, № 1. – Article ID 015010. – DOI 10.1088/1361-6579/ae3937

ОБ ИНСТРУМЕНТАХ ПРАКТИЧЕСКОЙ РЕАЛИЗАЦИИ ОНТОЛОГИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ПОДГОТОВКИ ИТ-СПЕЦИАЛИСТОВ

Д. А. Андреев

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Псковский государственный университет», Российская Федерация

Научный руководитель С. М. Вертешев

Обсуждена концепция практической реализации онтологической модели образовательной программы направления подготовки бакалавриата 09.03.02 «Информационные системы и технологии», с использованием стека RDF/OWL/SHACL для формального описания и автоматизированного аудита структуры подготовки. Модель объединяет основные сущности образовательной программы в единый граф знаний, и поддерживает автоматическую валидацию средствами SHACL и выполнение аналитических запросов SPARQL. Апробация на учебно-методической документации Псковского государственного университета показала применимость подхода для выявления структурных разрывов, контроля логической согласованности образовательной программы и повышения прозрачности учебного плана.

Ключевые слова: онтология, образовательная программа, компетенция, пререквизиты, учебный план.

Подготовка ИТ-специалистов ведется в условиях быстрого обновления технологий, поэтому образовательные программы должны регулярно пересматриваться не только содержательно, но и структурно. Как правило, учебный план существует как набор таблиц и текстовых документов, в которых связи между дисциплинами, компетенциями, результатами обучения и оценочными средствами заданы фрагментарно и плохо поддаются машинной проверке. В результате трудно быстро ответить на вопросы, критичные для учебно-методической работы и процедуры государственной аккредитации: какая дисциплина действительно формирует заявленную компетенцию, чем подтверждается результат обучения, нет ли «бесхозных» дисциплин и логических разрывов в последовательности освоения содержания образовательной программы в целом. Для направления подготовки бакалавриата 09.03.02 «Информационные системы и технологии», профиль «Информационные системы и техноло-