

Таким образом эффект оператора от общения абонентов А и Б можно представить в следующем виде:

$$\mathcal{E} = Z * SA + \sum (Y_i * SB) - \sum (X_i * SA), \quad (3)$$

где SA и SB – объем разговоров абонентов в случае когда вызов осуществляет абонент А или Б соответственно.

Очевидно, что финансовая деятельность рассматриваемого оператора зависит от всех ценовых составляющих услуг, но в случае если цена Z рассматриваемого оператора будет существенно отличаться от цены Z оператора, оказывающего услуги абоненту Б, то будет наблюдаться «перекос» трафика в ту или иную сторону (уже традиционное «перезвони мне»). В этом случае в формуле (3) вторая или первая с третьей составляющей (в зависимости от направления «перекоса» трафика) будут стремиться к нулю, а, следовательно, это скажется и на изменениях итогового результата. Соответственно можно сделать вывод о том, что Z, X и Y рассматриваемого оператора находятся в тесной взаимосвязи между собой и возможны различные варианты поведения оператора:

1. Увеличение Z. Возможные последствия:

1.1. Увеличение доходов от оказанных услуг абонентам и как итог улучшение финансового результата.

1.2. Уменьшение доходов от оказываемых услуг абонентам, но компенсация данного уменьшения за счет увеличения доходов от услуг по пропуску трафика

1.3. Отток абонентов и общее снижение доходной части.

2. Снижение Z. Возможные последствия:

2.1. Привлечение дополнительных абонентов и увеличение поступлений от оказанных услуг абонентам.

2.2. Привлечение дополнительных абонентов и увеличение поступлений от оказанных услуг абонентам, но снижение общего финансового результата за счет увеличения платежей взаимодействующим операторам за получаемые услуги по пропуску трафика.

3. Уменьшение Y в обмен на уменьшение X. Данный вариант может рассматриваться, к примеру, с одним из взаимодействующих операторов и способен привести к увеличению общего финансового результата за счет того, что сеть данного оператора может использоваться для исходящего трафика на абонента Б по уменьшенной стоимости при получении большей части входящего трафика на абонента А с сети другого оператора, не участвующего в соглашении об уменьшении стоимости.

Выводы

Для привлекательности своей тарифной политики на рынке услуг телефонной связи для конечных пользователей оператор может применять воздействие к ценам на услуги по пропуску трафика, в зависимости от возможностей распределения трафика через сети взаимодействующих операторов путем выстраивания соответствующих договорных отношений с этими операторами.

Литература

1. Правила оказания услуг местной, внутризоновой, междугородной и международной телефонной связи. Утв. пост. Правительства РФ № 310 от 18.05.2005.
2. Правила присоединения сетей электросвязи и их взаимодействия. Утв. пост. Правительства РФ № 161 от 28.03.2005.

УДК 577.38:612.172.2

ХАРАКТЕРИСТИКИ ВИРТУАЛЬНОЙ ДИАГРАММЫ РИТМА СЕРДЦА

Кузнецов А.А.

Предложено понятие и процедура формирования виртуальной диаграммы ритма сердца (ДРС). Исследованы ее характеристики. Приведены результаты сравнительного параметрического и структурнотопологического анализа реальных ДРС группы здоровых обследуемых и соответствующих им (по величине σ) виртуальных ДРС. Определено, что виртуальная ДРС представляет хаотическую составляющую ритма и является динамической базой механизмов адаптации организма к внешним влияниям.

Постановка задачи

Ритмическая активность сердца является интегральным показателем функционального состояния организма (ФСО) [1-2], поскольку сердечный ритм регулируется нервными и гуморальными факторами с участием вегетативной нервной системы, а также более высокими отделами центральной нервной системы [2]. Наличие и повторяемость структурных особенностей на диаграммах работы сердца при патогенезе позволило создать определенную базу

симптоматики заболеваний. Однако, причины и механизмы возникновения таких особенностей не ясны [2]. Это делает проблематичным донозологическое прогнозирование их зарождения, появления и развития. Причиной этого является сильное ограничение в применении физического анализа ритмических процессов сердца из-за отсутствия адекватного универсального эталона ритма сердца в норме. Поэтому и понятию нормы ФСО посредством ритмических характеристик сердца нет адекватного определения.

Параметрическая оценка нормы ФСО обычно проводится при помощи метода оценки вариабельности сердечного ритма (ВСР) [3]. Параметры ВСР являются взаимозависимыми. Они сильно зависят как от длины записи ЭКГ, так и от психоэмоционального состояния и даже от положения тела испытуемого в состоянии покоя. Ясно, что такая оценка является очень условной. До настоящего времени применение метода физических аналогий и сопоставлений для реальных диаграмм ритма сердца (ДРС) не было успешным. Отсутствие эталонной ДРС приводило к необходимости попарному сравнению ДРС или величин параметров ВСР. Целью данной работы является поиск эталонного ритма сердца при ФСО в норме.

Виртуальная диаграмма ритма сердца

Виртуальной (воображаемой) диаграммой ритма сердца (вДРС) автор называет диаграмму, построенную генерацией случайных чисел по нормальному закону распределения около среднего значения RR-интервала ($\langle X \rangle$) с назначенной величиной стандартного отклонения (σ) [4]. вДРС, созданная по величине σ реальной ДРС, является виртуальной, воспринимаемой как реальная (рис. 1 а, б).

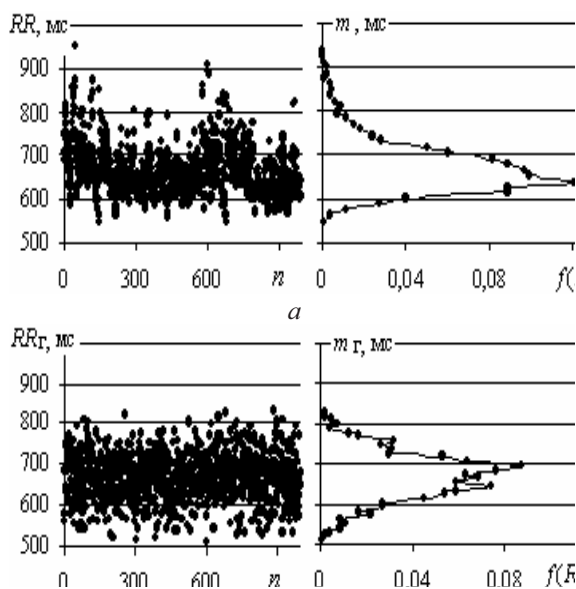


Рис. 1. Точечные графики ДРС (а) и вДРС (б) и соответствующих горизонтальных полигонов распределений УЗО Е-вой (21 год)

Приведем результаты сравнительного анализа параметров реальных ДРС группы молодых условно здоровых обследуемых (УЗО) и соответствующих им (по величине σ) вДРС. В состав группы 32 УЗО входили 20 юношей и 12 девушек в возрасте от 18 до 21 года. Двухминутные регистрации электрокардиограмм (ЭКГ) были проведены по стандартной методике [3-4] за период февраль-март 2008 г. в режиме покоя, сидя. Все ЭКГ конвертировались в последовательности RR-интервалов с получением ДРС.

Известно [3, 4], что величина стандартного отклонения σ имеет тенденцию к медленному росту с ростом объема n выборочной реализации ДРС. Поэтому возникает необходимость определения динамики величины σ с ростом размера цифрового ряда вДРС. Для этой цели в *Excel 7.0* было создано около сотни вДРС для разных величин σ (от 1 до 300 мС) при заданном $\langle X \rangle = 937$ мС (64 уд/мин) и с объемом выборки n от 50 до 10000 отсчетов. На рис. 2 показана динамика σ от размера выборки в форме графика функции $\sigma(n)$, построенного для вДРС, сгенерированной для $\sigma = 70$ мС. Для используемой программы генерации $\sigma = 70,0 \pm 2,6$ мС (при уровне значимости $\alpha = 0,05$). Максимальные отклонения от принятого значения характерны для $n < 500$. Исключая из рассмотрения малые объемы выборки с $n = (50 \dots 300)$, получаем $\sigma = 69,9 \pm 1,1$ мС. В первом случае относительная погрешность ε_{σ} составляет 7,4 %, во втором – 3,1 %. Таким образом, назначенная при генерации вДРС с $n \geq 500$ величина $\sigma = 70$ мС сохраняется внутри интервала значений (68,8 ÷ 71) мС с вероятностью не менее 0,95.

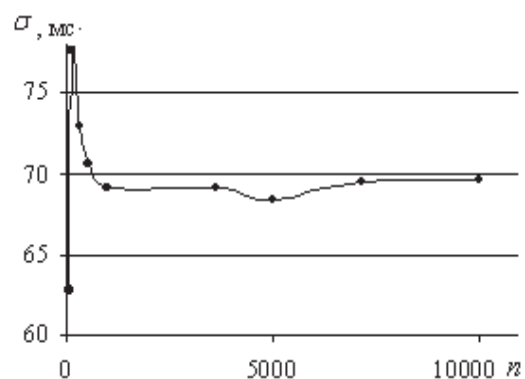


Рис. 2. График зависимости $\sigma(n)$ для вДРС

Очевидно, что изменение величины σ при генерации вДРС приводит к перераспределению значений RR-интервалов на ярусной вДРС [4-6]. При этом меняются основные параметры ВСР и структурно-топологические параметры диаграммы: вариационный размах ΔX , количество «рабо-

чих» ярусов k_n^* [4-5], количество информации I_Σ и информационная энтропия I^* [4; 7] ДРС.

Для используемой программы генерации случайных чисел по нормальному закону распределения ΔX слабо зависит от размера цифрового ряда в интервале $500 < n < 5000$ и сильно зависит для $n > 5000$ (рис. 3). Для любых значений n функция $\Delta X(\sigma)$ имеет вид $\Delta X = a\sigma$, где линейный коэффициент a принимает значения 13,53, 6,76, 6,39 и 5,97 для значений n , равных 10000, 3600, 1000 и 500, соответственно и при коэффициенте достоверности линейной аппроксимации $R^2 = 1$. В интервале значений $500 < n < 5000$ и для $\sigma = 69,9 \pm 1,1$ мс величина $\Delta X = 453$ мс с относительной погрешностью $\varepsilon_{\Delta X} = 11,5\%$. В пределах $1000 < n < 2000$, характерных для двадцатиминутной регистрации ЭКГ, $\varepsilon_{\Delta X} < 5\%$. Величина σ для вДРС с ростом n не меняется (см. рис. 1), поэтому можно принять неизменным и вариационный размах.

Для ДРС группы УЗО в интервале значений $1223 < n < 2437$ и для $\sigma = 72,9 \pm 8,9$ мс величина $\Delta X = 439$ мс с относительной погрешностью $\varepsilon_{\Delta X} = 18,7\%$. Функция $\Delta X(\sigma)$ имеет вид $\Delta X = a\sigma$, где линейный коэффициент $a = 5,82$ при коэффициенте достоверности линейной аппроксимации $R^2 = 0,68$.

Все основные параметры (X) варибельности сердечного ритма (ВСР) временной области [2], определенные по вДРС и в сравнении с ДРС здоровых людей, имеют качественно одинаковую функциональную зависимость от σ и практически не зависят от объема n выборки (рис. 3).

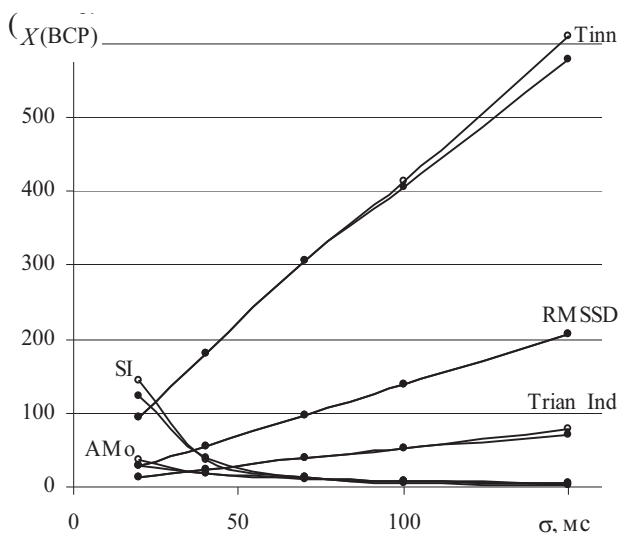


Рис. 3. Графические зависимости параметров ВСР от σ при $n = 1000$ (•) и $n = 3600$ (○)

В частотной области анализа полная спектральная мощность (TP), определенная для вДРС, сильно зависит от σ и более слабо от n (рис. 4а). Эти зависимос-

ти для вДРС и ДРС качественно совпадают, однако распределение составляющих мощностей по четырем частотным диапазонам (рис. 4б) прямо противоположно. Это связано с тем, что при фиксированных границах частотных диапазонов спектр плотности мощности вДРС широкополосный, а спектр плотности мощности ДРС здорового молодого человека в состоянии абсолютного покоя – узкополосный с максимумом на околонулевых частотах [3-4].

При простом сравнении функциональных зависимостей параметров ВСР для виртуальной и реальной ДРС выяснились основные сходства и различия в механизмах структуризации при их формировании. Обе ДРС формируются с одним шагом дискретизации ($\Delta x = 1$ мс), поэтому на диаграммах значения RR-интервалов располагаются ярусно [4-6]. Такая ярусная структура диаграмм формируется посредством микро-переходов между отдельными ярусами. При формировании ярусных структур при переходе от отсчета к отсчету для вДРС преобладают случайные (хаотические) по направлению и величине переходы между ярусами, а для ДРС – и случайные, и регулируемые.

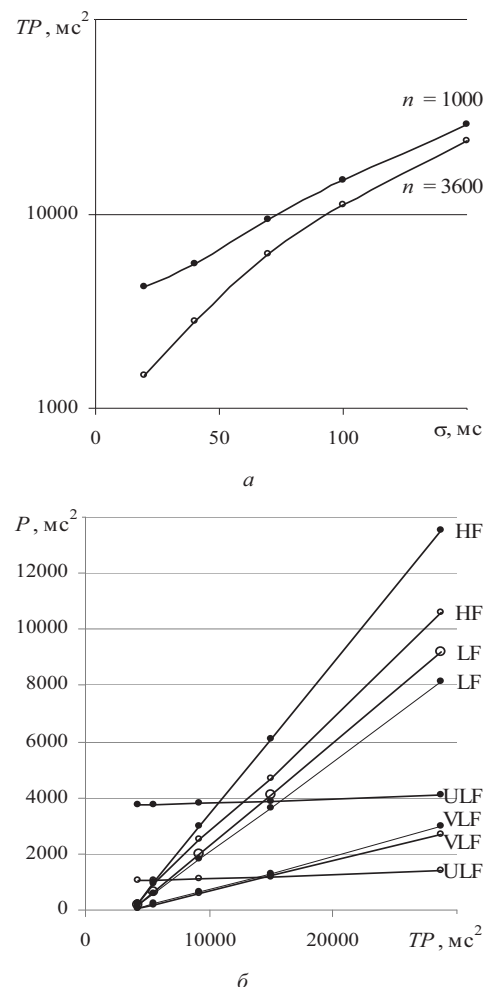


Рис. 4. Графические зависимости полной спектральной мощности (TP) вДРС от σ (а) и составляющих спектральных мощностей (P) по четырем частотным диапазонам от TP при $n = 1000$ (•) и $n = 3600$ (○) (б)

При формировании вДРС все микропереходы равновероятны. Ярусная структура с заданными первичными значениями σ и Δx наполняется однородно с учетом нормального закона распределения. При формировании ДРС предпочтение отдается соседним переходам. Это легко проверяется при построении дифференциальной ДРС. Значения σ (и ΔX) являются вторичными и обеспечиваются внешними низкочастотными процессами, проявляющихся в формах медленных волн первого и второго порядков [1]. Поэтому при формировании вДРС превалируют «процессы» диапазонов высоких (HF) и низких (LF) частот, а в случае ДРС превалируют процессы диапазонов очень низких (VLF) и ультранизких (ULF) частот [3].

Таким образом, вДРС является математической моделью ДРС с первично заданной величиной σ и распределением по нормальному закону. Ярусная структура вДРС, определенная постоянной и неравной нулю величиной Δx , формируется без внешней регуляции, но под заданные ограничения. Наполнение спектральных диапазонов VLF и ULF является ложным, связанным с недостатками Фурье-преобразования [8].

В формировании реальной ДРС на базе собственной функции автоматии сердца участвуют два внешних механизма: детерминистский внешней регуляции ритма с частотным механизмом наполнения ярусами и самих ярусов и хаотический, связанный с шумом внешних и внутренних влияний. Проявление первого механизма приводит к структуризации ярусной диаграммы, проявление второго – к деструктуризации. В рамках такого разделения системного процесса формирования ритма вДРС представляет только хаотическую составляющую с максимальной степенью неупорядоченности значений в рамках заданной величины σ и является динамической базой механизмов адаптации организма к внешним влияниям.

Здесь необходимо отметить, что вДРС формируется под величину σ , равную расчетной для исходной реальной ДРС. Очевидно, что «истинная» хаотическая составляющая, «выделенная» (если это возможно) из реальной ДРС, вообще говоря, будет иметь другую величину σ .

Для определения количества рабочих ярусов $k_{я}^*$ на диаграммах ритма был создан программный модуль «идентификации ярусов» [4]. На рис. 5а приведены расчетные данные числа рабочих ярусов для вДРС, созданных для разных σ и n , а на рис. 5б представлены те же данные по отношению к общему числу ярусов, захватываемых вариационным размахом.

Распределение значений RR-интервалов на ярусах диаграммы может быть представлено в форме количества возможных комбинаций Γ для реализации этого распределения или количества информации I_{Σ} , недостающего для описания для его описания [4; 7] (рис. 6а). Тогда среднее количество информации, приходящееся на один отсчет, определяет информационную энтропию диаграммы ритма $I^* = I_{\Sigma}/n$. Функция $I^*(\sigma, n)$ имеет границу определения и при $n \rightarrow \infty$ она совпадает с функцией $H(X)$ математического ожидания энтропии системы X , состояния которой распределены по нормальному закону (рис. 6б) [9-10]. При росте n величина I^* всегда растет и при $n \rightarrow \infty$ принимает максимально возможное значение при заданном σ [4].

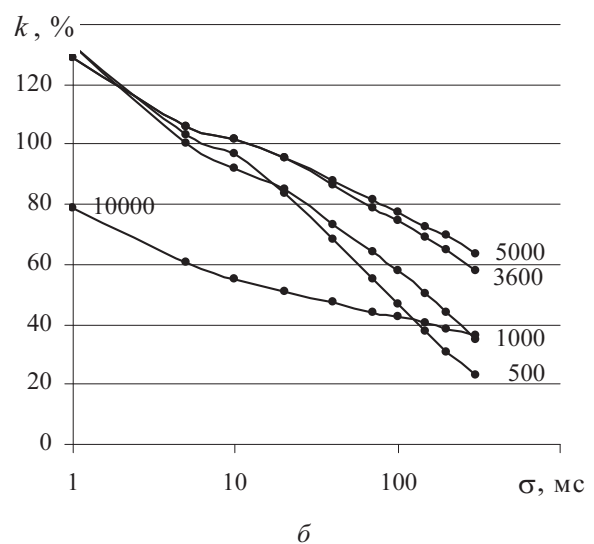
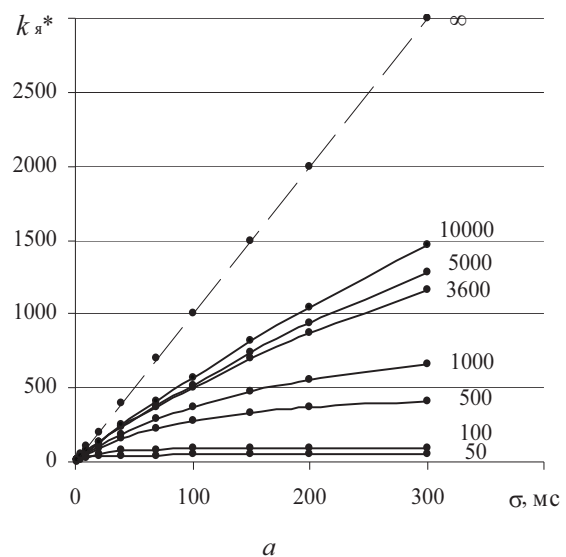


Рис. 5. Графики зависимостей числа рабочих ярусов на вДРС от σ и n

Сравнивая графики на рис. 5а и 5б, можно увидеть, что ход исследуемых функций одинако-

вый для соответствующих значений n . Также очевидно, что существует функция $k_{\text{я}}^*(\sigma)$ для $n \rightarrow \infty$, соответствующая граничной прямой на рис. 6б.

«Рождение» каждого нового яруса при росте n фиксируется разными параметрами поразному. Число «рабочих» ярусов прирастает на 1, если ярус «открылся» одним значением. Величины I_{Σ} и I^* на это не реагируют и чувствуют лишь подтверждение этого открытия еще одним значением. Поэтому ход функции $I^*(n)$ всегда запаздывает относительно $k_{\text{я}}^*(n)$. Отсюда следует очевидное правило формирования диаграммы ритма: рост $k_{\text{я}}^*$ первичен по отношению к функции их неупорядоченного формирования.

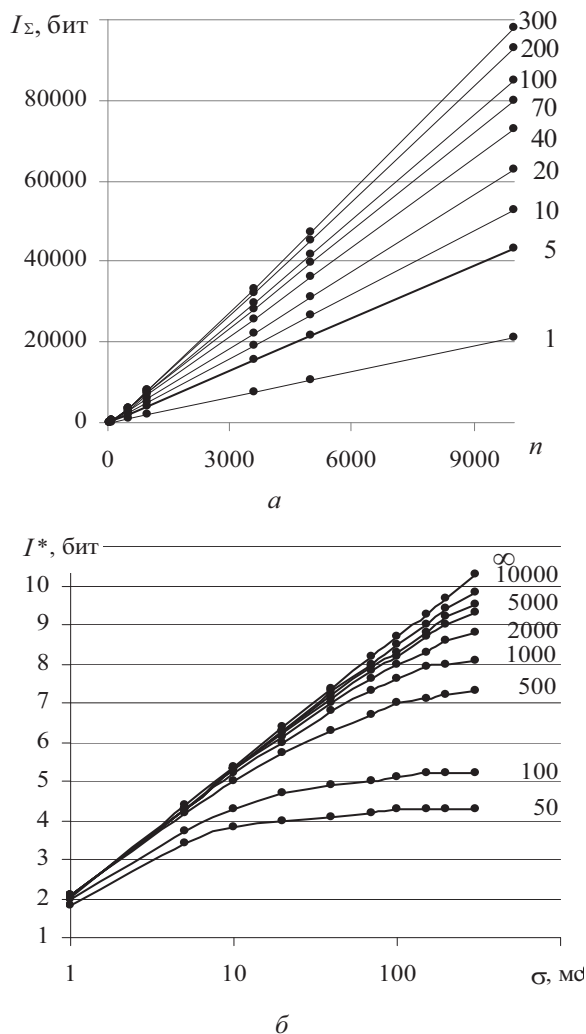


Рис. 6. Графики зависимости количества информации $I_{\Sigma}(\sigma, n)$ (а) и информационной энтропии $I^*(\sigma, n)$ (б) для ВДРС

На рис. 7 приведен график зависимости $I^*(k_{\text{я}}^*)$ в полулогарифмическом масштабе для разных n , построенный по возрастающему ряду значений σ (1; 5; 10 ... 300). Видно, что при росте числа ярусов зависимость степени неупорядоченности

ярусной структуры вДРС от числа ярусов на ней слабеет по логарифмическому закону.

Спектр оконной функции $I^*(n_{\text{о}})$ вДРС всегда широкополосный, а график этой функции является горизонтальной линией с малыми флуктуациями, определенными погрешностью вычисления (см. рис. 6б). Спектр оконной функции $I^*(n_{\text{о}})$ для ДРС здоровых молодых людей также широкополосный, а график этой функции также является горизонтальной линией с небольшими флуктуациями, определенными как погрешностью вычисления, так и отклонениями текущего состоянием [11].

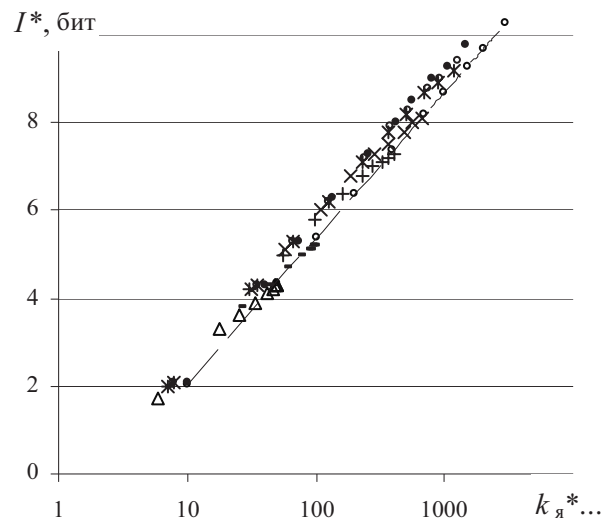


Рис. 7. График зависимости $I^*(k_{\text{я}}^*)$ для возрастающего ряда значений σ и для разных n : 50 (Δ), 100 (-), 500 (+), 1000 (x), 3600 (ж), 10000 (\bullet) и $n \rightarrow \infty$ (o) с уравнением трендовой линии $I^* = \log_2(k_{\text{я}}^*) - 1,28$ при $R^2 = 1$

Предложенные характеристики вДРС могут быть полезны при сравнении значений параметров реальной ДРС, описывающей регулируемое формирование диаграммы и вДРС, описывающей не регулируемое хаотическое формирование диаграммы. Применение структурно-топологических характеристик ($k_{\text{я}}^*$, I_{Σ} , I^*) при анализе диаграмм ритма имеет очевидные преимущества над использованием параметров ВСП, так как последние могут быть адекватными в применении лишь для стационарных процессов.

Выводы

Виртуальная ДРС является математической моделью ДРС с первично заданной величиной стандартного отклонения (σ) и распределением по нормальному закону. Ярусная структура вДРС формируется без внешней регуляции и представляет хаотическую составляющую ритма с максимальной степенью неупорядоченности в рамках заданной величины σ .

Основные параметры variability сердечного ритма временной области, определенные по вДРС и в сравнении с ДРС здоровых людей, имеют качественно одинаковую функциональную зависимость от σ и практически не зависят от объема n выборки. Для вДРС с ростом объема выборки назначенная величина стандартного отклонения практически не меняется, величина вариационного размаха очень медленно растет в пределах интервала $500 < n < 5000$, число ярусов и информационная энтропия растут к насыщению, а количество информации I_{Σ} растет линейно.

Виртуальная диаграмма ритма сердца, представляющая хаотическую составляющую ритма, является динамической базой механизмов адаптации организма к внешним влияниям. Снижение уровня хаотической составляющей для ДРС определяется уменьшением величин k_{α}^* и I^* , что означает включение механизмов резонансного отклика ритма сердца и захват им ритмов внешней среды. Возникающая дисгармония в отношениях ритмов приводит к аритмии сердца.

Литература

1. Парин В.В., Баевский Р.М., Волков Ю.Н., Газенко О.Г. Космическая кардиология. Л.: Медицина, 1967. – 206 с.
2. Анохин П.К. Очерки по физиологии функциональных систем. М.: Наука, 1972. – 372 с.
3. Вариабельность сердечного ритма. Стандарты измерения, физиологической интерпретации и клинического использования. Рабочая группа Европейского Кардиологического Общества и Северо-Американского общества стимуляции и электрофизиологии // Вестник аритмологии. № 11, 1999. – С. 53-78.
4. Кузнецов А.А. Энтропия ритма сердца: монография. Владимир: Изд. ВГУ, 2009. – 172 с.
5. Кавасма Р.А., Кузнецов А.А., Плеханов А.А., Сушкова Л.Т. Ярусный метод анализа RR-интервалограмм // Биомедицинская радиоэлектроника. №12, 2007. – С. 62-64.
6. Кавасма Р.А., Кузнецов А.А., Сушкова Л.Т. Автоматизированный анализ и обработка электрокардиографических сигналов. Методы и система. Под ред. Л.Т. Сушковой. М.: Сайн-спресс, 2006. – 144 с.
7. Кузнецов А.А. Методы анализа упорядоченности ритма сердца // Биомедицинские технологии и радиоэлектроника. № 6, 2008. – С. 21-24.
8. Макс Ж. Методы и техника обработки сигналов при физических измерениях. Т.2. Пер. с франц. М.: Мир. 1983. – 256 с.
9. Мун Ф. Хаотические колебания. Вводный курс для научных сотрудников и инженеров. Пер с англ. М.: Мир. 1990. – 312 с.
10. Вентцель Е.С. Теория вероятностей. 6-е изд. М.: Высшая школа, 1999. – 576 с.
11. Кузнецов А.А. Фазовая структура ритма сердца при физических нагрузках // Биомедицинская радиоэлектроника. №3, 2009. – С. 3-8.

ТЕХНОЛОГИИ РАДИОСВЯЗИ, РАДИОВЕЩАНИЯ И ТЕЛЕВИДЕНИЯ

УДК 621.376.33

АНАЛИЗ ПОМЕХОУСТОЙЧИВОСТИ КОМБИНИРОВАННОГО МЕТОДА ПОВЫШЕНИЯ СКОРОСТИ ПЕРЕДАЧИ ДИСКРЕТНЫХ СООБЩЕНИЙ

Гусейнов Т.А.

В статье рассматривается комбинированный метод повышения скорости передачи дискретных сообщений с точки зрения сравнения метода с современными протоколами передачи данных по кабельным каналам связи категории 3 и 5е. В ходе моделирования раскрываются все достоинства и недостатки метода, на основании которых делается вывод о границах его реализации.

Введение

На данный момент в существующих системах связи, в том числе и радиовещания, весьма распространенным являются метод с временным разделением каналов (ВРК) и последовательный метод. В качестве примера можно указать все, за

небольшим исключением, протоколы передачи данных по локальным сетям Ethernet, ЧМ-радиовещание и даже DECT телефонию, несмотря на то, что в стандарте DECT допускается существование до 10 поднесущих, внутри каждого из подканалов скачков частоты не происходит, тем самым обеспечивается только одночастотный доступ TDMA.

В сетях сотовой связи при формировании информационного кадра применяется последовательный метод, когда двоичные потоки данных не просто получают доступ к общей среде передачи данных в определенный момент времени, как в ВРК, но и сжимаются во времени в m раз, где m – количество двоичных потоков данных. Помимо