

$$\delta(\bar{\Lambda}) = \sum_{i=1}^m \Delta_{OTN_i} + \sqrt{\sum_{i=1}^m \sigma_{OTN_i}^2},$$

где Δ_{OTN_i} – систематические и $\sigma_{OTN_i}^2$ – случайные составляющие погрешности.

Основываясь на приведенных выше результатах, можно сказать, что погрешности, обусловленные конечным временем усреднения и конечной шириной ДНА, преобладают в суммарной погрешности.

При выполнении сформулированных выше требований к времени усреднения ($T_y=40$ с), допустимым значением углов крена и тангажа ($\beta_0 \leq \pm 10^\circ$), ширине ДНА ($\theta_a \geq 120^\circ$), средней скорости полета ЛА $V_f \geq 100$ м/с, суммарная относительная погрешность измерения $\bar{\Lambda}$ не превышает 10 %.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лобач В.Т. Статистические характеристики радиолокационных сигналов, отраженных от морской поверхности. – М.: Радио и связь, 2006. – 250 с.
2. Лобач В.Т. Радиолокационное измерение длины морских волн // Известия вузов «Электромеханика». Спец. выпуск «Радиоэлектронные устройства и системы». – 2005. – С. 10-14.
3. Тихонов В.И. Выбросы случайных процессов. – М.: Советское радио, 1975. – 430 с.
4. Луговский В.В. Динамика моря // Судостроение. – Л., 1976. – С. 200.
5. Лобач В.Т. Исследование статистических характеристик радиосигналов, отраженных от морской поверхности, и методов измерения параметров морского волнения с летательного аппарата: Дис. ... канд. техн. наук. – Таганрог, 1974. – 217 с.
6. Небылов А.В. Измерение параметров полета вблизи морской поверхности. – СПб.: СПбГААП, 1994. – 307 с.

Статью рекомендовал к опубликованию д.т.н., профессор Д.А. Безуглов.

Лобач Владимир Тихонович – Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Южный федеральный университет»; e-mail: RTS@TTL.SFEDU.RU; 347928, г. Таганрог, пер. Некрасовский, 44. тел.: 88634371637; кафедра радиотехнических и телекоммуникационных систем; зав. кафедрой; к.т.н.; доцент.

Lobach Vladimir Tikhonovich – Federal State-Owned Autonomy Educational Establishment of Higher Vocational Education “Southern Federal University”; e-mail: ugenie@tumoyan.ru; 44, Nekrasovskiy, Taganrog, 347928, Russia; phone: +78634371637; the department of radio engineering and telecommunication systems; cand. of eng. sc.; associate professor.

УДК 519.6+681.3

С.В. Николаев

О ВОССТАНОВЛЕНИИ НЕПРЕРЫВНЫХ СИГНАЛОВ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ДИНАМИЧЕСКИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ ПО ДВУМ СОСЕДНИМ ОТСЧЕТАМ

Рассмотрен процесс восстановления непрерывных сигналов после их равномерной дискретизации путем кусочной интерполяции по двум соседним отсчетам. В качестве априорной информации об исходном сигнале используются его динамические характеристики – предельные значения n-й производной сигнала. В отличие от классической интерполяции степенными полиномами рассматриваемый способ восстановления требует только два соседних отсчета, независимо от порядка n известных динамических характе-

ристик. В качестве интерполирующих функций рассмотрены: ступенчатая, линейная и комбинированная (горизонтально наклонная) функции. Получены оценки погрешности восстановления.

Равномерная дискретизация; восстановление дискретных сигналов; динамические характеристики сигналов.

S.V. Nikolaev

ON THE RECONSTRUCTION ON THE BASE OF TWO NEARBY SAMPLES OF CONTINUOUS SIGNALS WITH LIMITED DYNAMIC RESPONSE

The reconstruction process of continuous signals after its have uniformly sampling by piecewise interpolation of two nearby samples is consider. As a priori information about the source signal used by the dynamic characteristics – limits the n -th derivative of the signal. In contrast to the classical polynomial interpolation the proposed approach dealt with by way of restoration requires only two adjacent samples, non-dependent on a degree n of dynamic characteristics.

A step, linear, and combined (horizontally slopping) functions are considered as interpolation function. The estimates of the recovery error are obtained.

Uniform sampling; reconstruction of digital signals; dynamical characteristics of the signals.

При проектировании автоматизированных измерительных систем приходится решать задачу выбора шага Δt (или частоты $f_d = \Delta t^{-1}$) временной дискретизации. Исходными для этого являются требования к погрешности восстановления, априорные сведения об измеряемом процессе (измерительном сигнале), а также выбранный способ восстановления и особенности его реализации. В работе рассматривается ситуация, когда в качестве априорных сведений о сигнале задана одна или несколько динамических характеристик сигнала $x(t)$ (максимум модуля n -й производной сигнала):

$$M_n = \text{Max}_t |x^{(n)}(t)| = \text{Max}_t \left| \frac{d^n}{dt^n} x(t) \right|; n = 0, 1, \dots \quad (1)$$

В этом случае для восстановления сигнала между моментами взятия отсчетов обычно используются интерполяционные полиномы степени n . Техника использования степенных полиномов для интерполяции хорошо разработана [1, 2], однако традиционный подход предполагает жесткую связь между выбранной степенью полинома n , построением интерполирующей функции по $(n+1)$ соседним отсчетам (узлам) и выражением оценки погрешности через динамическую характеристику M_{n+1} . С точки зрения технической реализации наиболее удобным является восстановление сигнала по двум соседним отсчетам – текущему $x(t_i)$ и предшествующему $x(t_{i-1})$. Именно этот специальный случай и рассматривается в данной работе. Кроме того, анализ погрешности осуществляется на основе только эмпирически доступных данных, а именно на основе измеренных отсчетов $x(t_{i-1})$ и $x(t_i)$. Сам исходный сигнал $x(t)$ («истинное значение») для оценки погрешности не требуется.

Формальная постановка задачи. В качестве априорных сведений о непрерывном измерительном сигнале задана одна (или несколько) его динамических характеристик M_n ($n=0, 1, \dots$). Количество доступных для интерполяции отсчетов (узлов интерполяции) фиксировано и равно 2 (текущий $x(t_i)$ и предшествующий $x(t_{i-1})$ отсчеты). Аппроксимация осуществляется кусочно, т. е. на каждом интер-

вале (t_{i-1}, t_i) используется свой отрезок аппроксимирующей функции с последующей стыковкой их на границах интервалов. Для оценки погрешности восстановления используется критерий максимального отклонения, т.е. отличия функций определяются посредством функции метрики

$$\rho[x(t), \tilde{x}(t)] = \text{Max}_t |x(t) - \tilde{x}(t)|, \quad (2)$$

где $x(t)$ – исходный непрерывный сигнал, $\tilde{x}(t)$ – его аппроксимация (восстановленная «копия»), построенная на дискретных отсчетах $\{x(t_i)\}$. Кроме того, необходимо уточнить вид оценки погрешности в зависимости от доступной для ее построения информации.

В качестве решения задачи требуется подобрать аппроксимацию $\tilde{x}(t)$, наилучшую с точки зрения заданной метрики (2) и выбранного вида оценки погрешности.

Уточнение вида оценки погрешности. В работах [3–5] предложен подход к корректному определению оценки погрешности на основе компонентов модельного морфизма (соответствия), который в общем виде связывает выраженные через абстрактные алгебраические модели исходную бесконечно непрерывную задачу по обработке непрерывных сигналов (проблемную область) с замещающей ее дискретно-конечной задачей или рабочим алгоритмом (область реализации). Рассматриваемая в данной статье ситуация (восстановление непрерывного сигнала по его дискретным отсчетам) является частным случаем общего подхода. Для изложения ее в общих терминах приведем определения основных понятий из указанных работ.

Определение 1. Будем называть *моделью* тройку $\mathbf{M} = \langle X, S, Y \rangle$, где X – множество входов, Y – множество выходов, S – оператор (отображение) связывающий вход с выходом $S: X \rightarrow Y$. ▶

Определение 2. Будем называть *морфизмом* модели $\mathbf{M}_1 = \langle X_1, S_1, Y_1 \rangle$ на модель $\mathbf{M}_2 = \langle X_2, S_2, Y_2 \rangle$ соответствие $\mathbf{F}: \mathbf{M}_1 \rightarrow \mathbf{M}_2$, задаваемое тройкой частных соответствий $\mathbf{F} = \langle F_X, F_S, F_Y \rangle$, где $F_X: X_1 \rightarrow X_2$, $F_S: S_1 \mapsto S_2$, $F_Y: Y_1 \rightarrow Y_2$. ▶

Понятия модели и морфизма позволяют формализовать ситуацию, когда решение исходной бесконечно непрерывной задачи (модель в проблемной области $\mathbf{M}_P = \langle X_P, S_P, Y_P \rangle$) аппроксимируется с заданной точностью некоторой конечно-дискретной задачей, доступной для непосредственной программной или аппаратной реализации (модель в области реализации $\mathbf{M}_R = \langle X_R, S_R, Y_R \rangle$) (рис. 1).

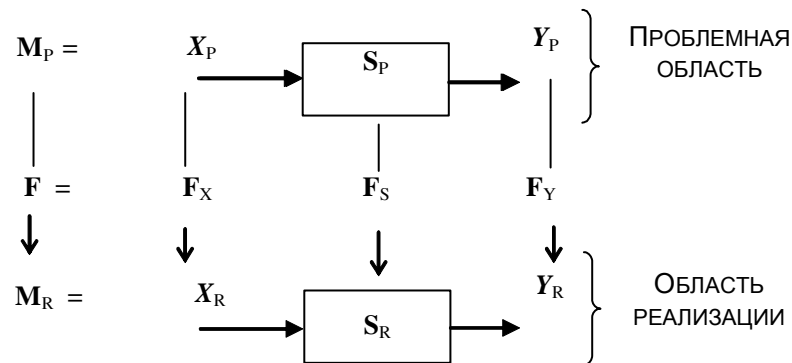


Рис. 1. Отображение проблемной области на область реализации

Для корректного определения погрешности такой аппроксимации требуется дополнительно уточнить, какие исходные данные доступны (элементы из X_P или из X_R) и в какой области мы будем сравнивать точный и приближенный результат (в проблемной области или в области реализации). В данной работе будем ориентироваться на погрешность в проблемной области с точки зрения наблюдателя в области реализации (*RP*-погрешность) [5]. В этом случае для определения погрешности потребуется «измеренный входной сигнал» (элемент множества X_R), а числовая оценка погрешности будет строиться на основе сравнения «точного» y_P и «восстановленного» \tilde{y}_P результата (оба суть элементы множества Y_P) в проблемной области. Числовое значение оценки погрешности выражается через некоторую функцию метрики $\rho(y_{P1}, y_{P2})$, заданную на множестве Y_P , а для снятия неопределенности при выполнении обратного отображения $F_Y^{-1}(y_R)$ на множестве Y_P должна быть задана функция выбора $\text{Choice}(F_Y^{-1}(y_R))$ одного элемента \tilde{y}_P из подмножества $F_Y^{-1}(y_R)$.

Определение 3. Локальной приведенной к проблемной области погрешностью аппроксимации модели M_P моделью M_R с точки зрения наблюдателя в области реализации (*RP-погрешностью*) назовем величину

$$e_{RP}(x_R) = \sup_{y_P \in S_P[F_X^{-1}(x_R)]} \rho(y_P, \tilde{y}_P),$$

где $\tilde{y}_P = \text{Choice}(F_Y^{-1}(y_R))$.

Локальная *RP*-погрешность $e_{RP}(x_R)$ кроме аргумента x_R зависит еще от F_X, S_R, S_P, F_Y , что явно не обозначается. ►

Определение 4. Глобальной приведенной к проблемной области погрешностью аппроксимации модели M_P моделью M_R с точки зрения наблюдателя в области реализации (*глобальной RP-погрешностью*) назовем величину

$$e_{RP} = \Phi_{RP}[e_{RP}(x_R)],$$

где Φ_{RP} – некоторый функционал $\Phi_{RP} : (\mathbf{R}^+)^{X_R} \rightarrow \mathbf{R}^+$, определяющий вид глобальной оценки. Глобальная *RP*-погрешность e_{RP} зависит от класса, к которому принадлежит множество X_R , а также от F_X, S_R, S_P, F_Y . ►

Используемые в определениях 1–4 общие понятия будут для рассматриваемой задачи дискретизации восстановления непрерывных сигналов иметь следующий смысл.

Множества входов X_P и выходов Y_P – это множество (класс) непрерывных функций с ограниченными динамическими характеристиками вида (1). Для рассматриваемой задачи дискретизации восстановления эти множества совпадают, а оператор S_P является тождественным, поскольку задача восстановления в проблемной области не требует никаких действий, т.е. $y_P = x_P, (\forall x_P \in X_P)$. В области реализации множества входов X_R и выходов Y_R – это множества дискретных (решетчатых) функций; оператор S_R также является тождественным. Компоненты морфизма F_X и F_Y в данном случае одинаковы и символизируют процедуру дискретизации по времени с шагом Δt .

Оставшиеся свободные компоненты в определениях 3 и 4 должны быть определены из внешних соображений. В качестве метрики $\rho(y_{P1}, y_{P2})$ в проблемной области будем использовать метрику (2), т.е. ограничимся рассмотрением равномерной аппроксимации. В этом случае вполне естественно в качестве глобализующего функционала в определении 4 использовать критерий наихудшего случая, т.е.

$$\Phi_{RP} [e_{RP}(x_R)] = \sup_{x_R \in X_R} [e_{RP}(x_R)]. \quad (3)$$

Функция выбора $\text{Choice}(\mathbf{F}_Y^{-1}(y_R))$ в данном случае ассоциируется с процедурой восстановления, поскольку y_R – решетчатая функция, $\mathbf{F}_Y^{-1}(y_R)$ – подмножество непрерывных функций, совпадающих в узлах с y_R , а проведение через те же узлы конкретной интерполирующей функции может трактоваться как выбор одного элемента (непрерывной функции) из подмножества $\mathbf{F}_Y^{-1}(y_R)$. Рассмотрение и сравнительный анализ оценок RP -погрешностей для некоторых наиболее интересных вариантов восстанавливающих функций (по двум соседним отсчетам) представлены ниже.

Особенности определения оценок RP -погрешности. Согласно определению 3 локальная RP -погрешность определяется максимальным расстоянием между восстановленным в проблемной области выходным элементом \tilde{y}_P и всеми возможными элементами $y_P \in \mathbf{S}_P[\mathbf{F}_X^{-1}(x_R)]$. Если учесть, что оператор \mathbf{S}_P – тождественный, то $y_P \in \mathbf{F}_X^{-1}(x_R)$. Для класса функций с ограниченной динамической характеристикой M_1 подмножество $\mathbf{F}_X^{-1}(x_R)$ образовано функциями, которые: а) проходят через отсчеты x_{i-1} , x_i и б) лежат внутри области, ограниченной сверху и снизу предельными функциями $s^+(t)$ и $s^-(t)$, соответственно (показаны пунктиром на рис. 2, 3). Они определены на интервале (t_{i-1}, t_i) и имеют кусочно-линейный вид:

$$s^+(t) = \begin{cases} x_{i-1} + \text{sgn}(\Delta x) \cdot M_1 \cdot t, & t < \tau_2; \\ x_{i-1} + \text{sgn}(\Delta x) \cdot M_1 \cdot \tau_2 - \text{sgn}(\Delta x) \cdot M_1 (t - \tau_2), & t \geq \tau_2, \end{cases}$$

$$s^-(t) = \begin{cases} x_{i-1} - \text{sgn}(\Delta x) \cdot M_1 \cdot t, & t < \tau_1; \\ x_{i-1} - \text{sgn}(\Delta x) \cdot M_1 \cdot \tau_1 + \text{sgn}(\Delta x) \cdot M_1 (t - \tau_1), & t \geq \tau_1, \end{cases}$$

где

$$\Delta x = x_i - x_{i-1}; \quad \text{sgn}(x) = \begin{cases} -1, & x < 0; \\ +1, & x \geq 0. \end{cases} \quad \tau_1 = \frac{1}{2} \left(\Delta t - \frac{|\Delta x|}{M_1} \right), \quad \tau_2 = \frac{1}{2} \left(\Delta t + \frac{|\Delta x|}{M_1} \right).$$

Таким образом, для нахождения супремума в определении 3 достаточно вместо полного перебора элементов $y_P \in \mathbf{S}_P[\mathbf{F}_X^{-1}(x_R)]$ ограничиться рассмотрением в качестве них только двух функций $s^+(t)$ и $s^-(t)$, тогда локальная RP -погрешность определится как

$$e_{RP}(x_R) = \text{Max} \{ \rho(s^+(t), \tilde{y}_P), \rho(s^-(t), \tilde{y}_P) \}.$$

Для получения оценки глобальной RP -погрешности в соответствии с определением 4 и с использованием глобализующего функционала (3) нужно перебирать все возможные элементы $x_R = (x_{i-1}, x_i)$, однако в виду очевидной инвариантности метрики (2) относительно согласованного вертикального смещения обоих отсчетных значений в паре (x_{i-1}, x_i) , достаточно варьировать одну обобщающую величину – разность между ними Δx .

Далее рассмотрим оценки погрешности при условии различного выбора восстанавливающих функций (функция Choice $(F_Y^{-1}(y_R))$ в определении 3), которые используются для получения приближенного результата \tilde{y}_p .

Восстановление ступенчатыми функциями. Рассмотрим два варианта ступенчатых функций, которые обычно используются при интерполяции нулевого порядка. Область их определения – интервал (t_{i-1}, t_i) . Для упрощения формулы (записаны для $t_{i-1}=0$), другие значения могут быть учтены соответствующим сдвигом аргумента t .

$$\text{Step1}(t) = \begin{cases} x_{i-1}, & t < \Delta t; \\ x_i, & t = \Delta t, \end{cases} \quad \text{Step2}(t) = x_{i-1} + \frac{\Delta x}{2}, \quad 0 \leq t < \Delta t.$$

Соответствующие им графики показаны на рис. 2. Там же показаны соответствующие функции максимального отклонения. Для функции Step1(t) оценки локальной и глобальной погрешности будут следующими:

$$e_{RP}(\Delta x) = s^+(\tau_2) - x_{i-1} = \frac{1}{2}(M_1 \cdot \Delta t + \Delta x);$$

$$e_{RP} = e_{RP}(M_1 \cdot \Delta t) = M_1 \cdot \Delta t.$$

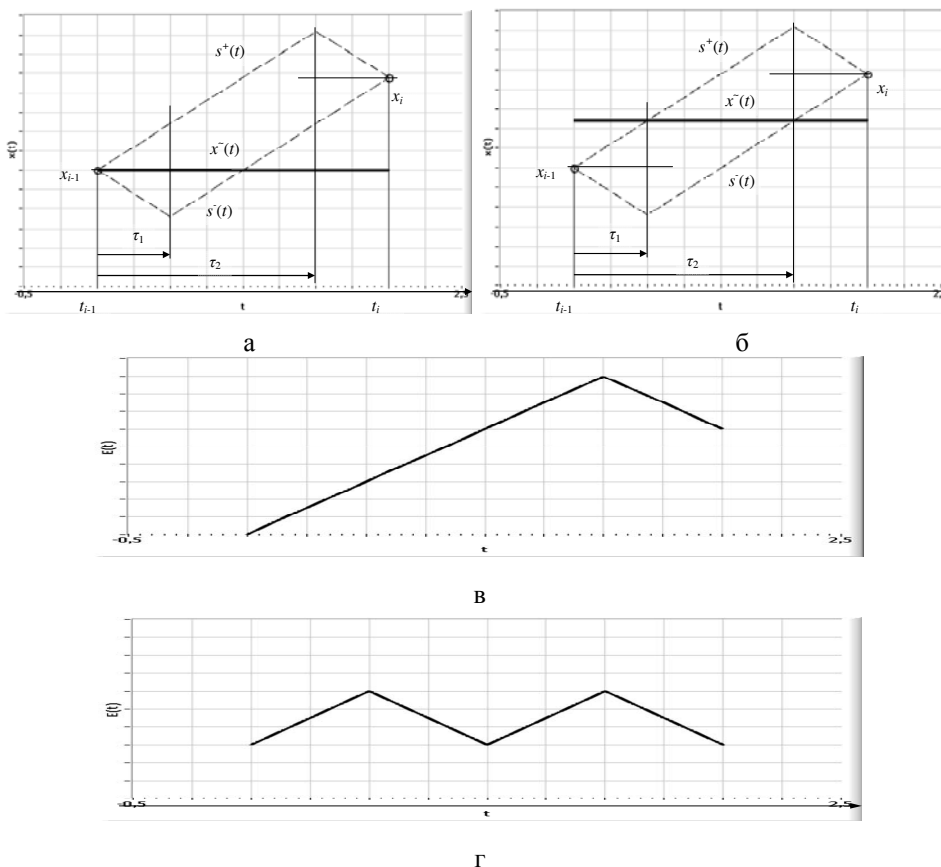


Рис. 2. Восстановление ступенчатыми функциями: а – Step1(t); б – Step2(t); в и г – соответствующие им функции E(t)

Восстановление линейной функцией. Именно этот случай на практике используется чаще всего. Здесь два соседних отсчета соединяются прямой линией. Восстанавливающая функция имеет вид (рис. 3,а) (ее график на рис. 3,а):

$$\text{Line}(t) = x_{i-1} + \frac{\Delta x}{\Delta t} \cdot t, \quad 0 \leq t < \Delta t.$$

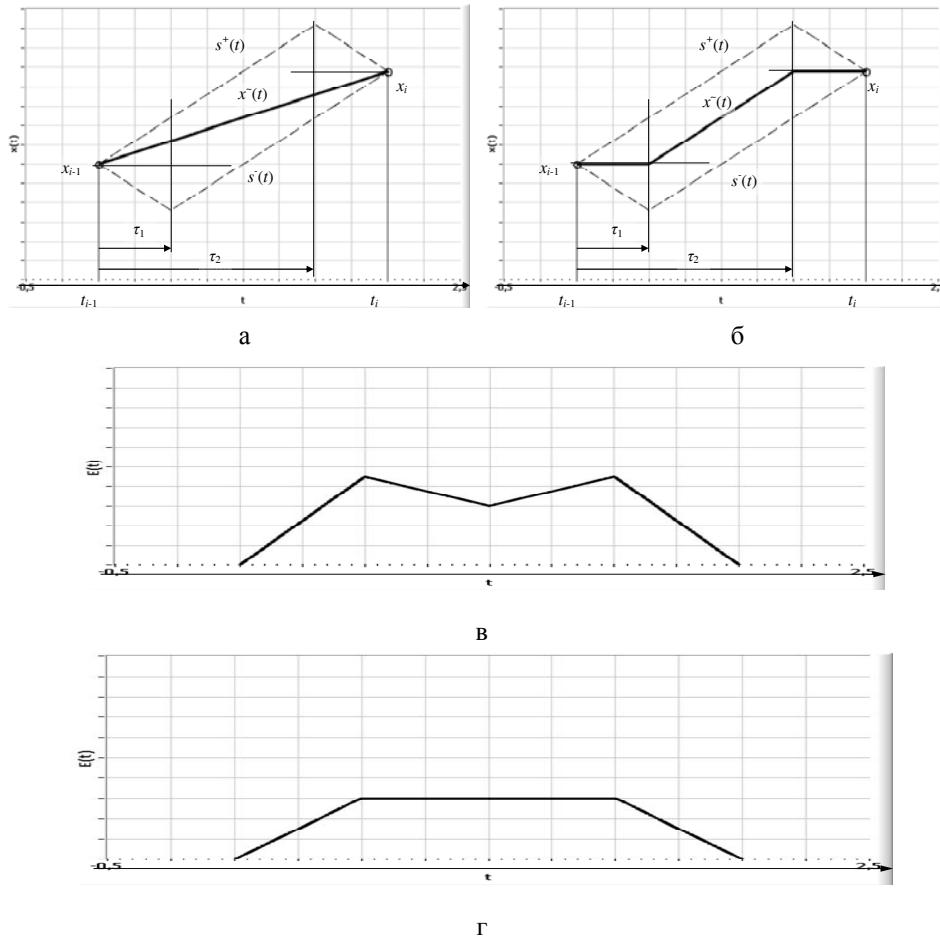


Рис. 3. Восстановление функциями: а – $\text{Line}(t)$; б – $\text{HS}(t)$; в и г – соответствующие им функции $E(t)$

Для функции $\text{Line}(t)$ оценки локальной (максимум при $\Delta x = 0$) и глобальной погрешности будут следующими:

$$e_{RP}(\Delta x) = s^+(\tau_2) - \text{Line}(\tau_2);$$

$$e_{RP} = e_{RP}(0) = \frac{1}{2} \cdot M_1 \cdot \Delta t.$$

Восстановление с помощью горизонтально наклонной функции вида (рис. 3,б):

$$HS(t) = \begin{cases} x_{i-1}, & 0 \leq t < \tau_1; \\ x_{i-1} + \operatorname{sgn}(\Delta x) \cdot M_1 \cdot (t - \tau_1), & \tau_1 \leq t < \tau_2; \\ x_i, & \tau_2 \leq t < \Delta t. \end{cases}$$

Эта функция примечательна тем, что она принимает значения равноудаленные от границ области, ограниченной предельными функциями $s^+(t)$ и $s^-(t)$. Именно поэтому она является заведомо оптимальной с точки зрения величины локальной погрешности среди всех других возможных восстанавливающих функций. Для функции $HS(t)$ оценки локальной (максимум при $\Delta x = 0$) и глобальной погрешности будут следующими:

$$e_{RP}(\Delta x) = s^+(\tau_2) - HS(\tau_2);$$

$$e_{RP} = e_{RP}(0) = \frac{1}{2} \cdot M_1 \cdot \Delta t.$$

Из сравнения оценок погрешностей видно, что наилучшие (наименьшие) оценки глобальной погрешности достигаются при использовании восстанавливающих функций $Line(t)$ и $HS(t)$, причем достигаются они в обоих случаях при $\Delta x = 0$ (это соответствует потоку одинаковых отсчетов). С точки зрения оценок локальной погрешности функция $HS(t)$ предпочтительнее, поскольку при всех других значениях Δx ($0 < |\Delta x| \leq M_1 \cdot \Delta t$) ее локальная погрешность будет меньше, чем для функции $Line(t)$.

Рассмотренный в настоящей статье подход может быть применен к ситуации, когда в качестве априорных сведений о сигнале доступны динамические характеристики более высоких порядков ($n=2,3 \dots$). При этом для восстановления по-прежнему используются только два соседних отсчета. Предельные функции $s^+(t)$ и $s^-(t)$ при этом образуются из отрезков парабол, гипербол и т.д. Оптимальными (наилучшими с точки зрения локальной погрешности восстановления) в этих случаях будут функции похожие на $HS(t)$. Они будут отличаться только на среднем участке, где вместо отрезков прямой будут отрезки парабол, гипербол и т.д. Такого рода восстанавливающие функции удобны для измерительных систем с адаптивной дискретизацией, поскольку строятся по двум соседним отсчетам, с одной стороны, и позволяют учесть динамические характеристики произвольных порядков, с другой стороны. Это позволит в конечном счете более полно учесть априорные сведения о дискретизируемых сигналах и снизить избыточность информационных потоков в измерительных системах.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Калиткин Н.Н.* Численные методы. – М.: Наука, 1978. – 512 с.
2. *Самойлов Л.К., Николаев С.В.* Автоматизированные системы научных исследований и комплексных испытаний: Уч. пособие. – Таганрог: ТРТИ, 1989. – 81 с.
3. *Николаев С.В.* Формализация понятия точности результата цифровой обработки данных. // Теория, методы и средства измерений, контроля и диагностики: Материалы Международной научно-практич. конф.: В 10 частях. – Ч. 8. – Новочеркасск: ЮРГТУ, 2000. – С. 10-12.
4. *Николаев С.В.* Алгебраические модели систем ЦОС: виды подобия и критерии близости. // Известия ТРТУ. – 2002. – № 1 (24). – С. 108-109.
5. *Николаев С.В.* Компьютерное моделирование измерительных систем: Курс лекций. – Таганрог: Изд-во ТТИ ЮФУ, 2009. – 44 с.

Статью рекомендовал к опубликованию д.т.н., профессор Я.Е. Ромм.

Николаев Сергей Васильевич – Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Южный федеральный университет»; e-mail: nik@atan.ru; 347928, г. Таганрог, пер. Некрасовский, 44; тел.: 88634371638; кафедра автоматизированных систем научных исследований и экспериментов; к.т.н.; доцент.

Nikolaev Sergey Vasilyevich – Federal State-Owned Autonomy Educational Establishment of Higher Vocational Education “Southern Federal University”; e-mail: nik@atan.ru; 44, Nekrasovskiy, Taganrog, 347928, Russia; phone: +78634371638; the department of automated research systems; cand. of eng. sc.; associate professor.

УДК 534.222: 615.47: 681.883

А.П. Волощенко, А.Н. Куценко, А.А. Резниченко, Д.С. Слущкий

ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК АКУСТИЧЕСКИХ И БИМЕДИЦИНСКИХ СИГНАЛОВ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ДИАГНОСТИЧЕСКОЙ И ГИДРОАКУСТИЧЕСКОЙ АППАРАТУРЫ

Рассматриваются модели и характеристики акустических и биомедицинских процессов, полей и сигналов: теоретическое и экспериментальное исследование влияния неоднородных низкочастотных акустических волн на коэффициент прохождения через границу раздела вода/воздух; применение пространственной обработки сигналов с использованием многомерных спектральных функций для повышения чувствительности приема гидроакустической и биомедицинской аппаратуры; теоретическое и экспериментальное моделирование и практическое выявление фрактальной структуры кардиоинтервалограммы для оптимизации проведения терапевтической процедуры.

Неоднородная волна; коэффициент прохождения; граница раздела; корреляционный метод; пространственная обработка; многомерный спектр; кардиоинтервалограмма; спектр интервалов сердечбиения; фрактальный ряд.

A.P. Voloshchenko, A.N. Kutsenko, A.A. Reznichenko, D.S. Slutsky

THE RESEARCH OF ACOUSTIC AND BIOMEDICAL SIGNALS FEATURES FOR DIAGNOSTIC AND HYDROACOUSTIC EQUIPMENT CREATION

Models and features of acoustic and biomedical processes, fields and signals is consider: the theoretical and experimental investigation of the inhomogeneous waves influence on the transmission coefficient through the water-air interface; the signals spatial processing using with multivariate spectral functions for the hydroacoustic and biomedical devices receiving sensitivity increasing; the theoretical and experimental modeling and practical identification of fractal cardio interval gram structure for therapeutic procedure organization optimization .

Inhomogeneous waves; transmission coefficient; the interface; correlation method; spatial processing; multivariate spectrum; cardio interval gram; range of inter-beat intervals; fractal row.

Исследование аномальности прозрачности границы вода/воздух в диапазоне звуковых, низких и инфразвуковых частот может иметь большое значение в целом ряде геофизических, биологических и прикладных проблем, таких как гидролокация, профилирование грунта, исследование пузырьковых слоев, ультразвуковая интроскопия, кардиография. Низкая точность существующих методов пеленгации при малых отношениях сигнал/помеха требует разработки новых подходов к определению местоположения цели и ее характеристик. Экспериментальный анализ фрактальной характеристики кардиоинтервалограммы имеет большое значение при диагностике в период проведения терапевтической процедуры.