XXIX Неделя науки СПбГТУ. Материалы межвузовской научной конференции. Ч.V: С.145-146, 2001. © Санкт-Петербургский государственный технический университет, 2001.

УДК 621.301

Н.А. Андреева (4 курс, каф. ИСУ), С.Ф. Свиньин, д.т.н., проф.

АНАЛИЗ АЛГОРИТМОВ АВТОМАТИЗАЦИИ ВЫБОРКИ ОТСЧЕТОВ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ В СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ ЛЕТАТЕЛЬНЫМИ АППАРАТАМИ

При испытаниях систем управления летательных аппаратов (СУ ЛА) актуальной является задача восстановления данных телеизмерений (ТИ) при сбоях синхронизации из неравномерно поступающего потока отсчетов.

Целью данной работы является анализ возможности использования для решения этой задачи базисных сплайнов.

Непрерывные сигналы, рассматриваемые в теории информации и теории связи, представляются в основном в виде моделей с финитным спектром. Теоретически такие сигналы должны иметь бесконечную длительность. Их компьютерные модели достаточно достоверны, если длительности сигналов значительно превосходят период их самой низкочастотной составляющей. Восстановление происходит на основе теорем отсчетов, которые доказывают необходимость применения так называемого кардинального ряда, то есть разложения сигнала по композиционным функциям вида $\sin\omega_c t/\omega_c t$, где $\omega_c = 2\pi f_c$ - частота следований дискретных отсчетов.

Если же сигнал имеет четко выраженные начало и конец, тем более разрывы в граничных точках, то применение теорем отсчетов классической теории дискретизации приводит к значительным ошибкам, которые обусловлены рядом причин. Этими причинами являются теоретически бесконечная область существования спектра, неидеальность восстанавливающих сигнал фильтров низкой частоты, погрешности измерений отсчетов, наличие помех. Ошибки тем меньше, чем более крутым является спад реальной спектральной характеристики фильтра за пределами эффективной полосы пропускания. Эта характеристика обычно аппроксимируется в соответствии с законом $1/\omega$.

Для сигналов, обладающих четко выраженными границами, в частности, имеющих разрывы, точные оценки для шагов выборок дает теория базисных полиномиальных сплайнов (В-сплайнов). Выражения для спектра последних строятся также на базе общего члена кардинального ряда Котельникова и зависят от степени сплайна.

Коэффициенты интерполяционного приближения сигналов В-сплайнами могут быть найдены в результате решения системы линейных алгебраических уравнений с матрицей, диагональные элементы которой являются преобладающими.

Различные методы интерполяции кубическими сплайнами отличаются один от другого способом выбора наклонов S_i. $S_i = S_m'(x), i = 0,1\ldots n.$ - наклон сплайна в точке x_i. Например, из системы уравнений:

$$h_i^{-1}S_{i-1} + 2(h_i^{-1} + h_{i+1})S_i + h_{i+1}^{-1}S_{i+1} = 3\left[h_i^{-2}(y_i - y_{i-1}) + h_{i+1}^{-2}(y_{i+1} - y_i)\right], i = 1,2\ldots n-1.$$

Число уравнений (n-1), число неизвестных (n+1), поэтому система должна быть доопределена в зависимости от априорной информации о значениях первой и второй производной на границах интервала [a,b].

Необходимый шаг выборки отсчетов может быть рассчитан, исходя из заданной ошибки восстановления с привлечением теоремы Парсеваля. Последнее утверждает равенство энергий сигнала в пространственной и временной областях. Сущность метода дискретизации В-сплайнами заключается в разделении энергии функции, аппроксимирующей сигнал, на низкочастотные и высокочастотные составляющие.

Важным свойством В-сплайнов является наличие аналитического описания их амплитудных спектров $F_B(\omega) = Ah\left(\sin(\omega h/2)/\omega h/2\right)^{m+1}$, где $F_B(\omega)$ - спектр начального В-сплайна, А – амплитуда В-сплайна, h – шаг дискретизации. Данное выражение положено в основу нового метода дискретизации и восстановления сигналов. Амплитудная спектральная плотность последовательности В-сплайнов, аппроксимирующих сигнал, имеет вид:

$$F_{\sum B}(\omega) = \left|F_B(\omega)\right| \left|\sum_{k=1}^{m} b_k \exp(-jk\omega(m+1))\right|.$$

В-сплайны первой, второй и третьей степени имеют длительности 2h, 3h и 4h соответственно. Каждый последующий В-сплайн сдвинут по отношению к предыдущему на величину, равную h.

В классической теории дискретизации отсчеты берутся в точках, следующих друг за другом через одинаковые интервалы. Однако в реальности не всегда имеется возможность пользоваться такими равномерными отсчетами, например, из-за физических препятствий.

Исследования Я.И.Хургина и В.П.Яковлева позволили решить задачу выбора неравномерных отсчетов для одного частного случая, когда внутри группы расположение отсчетов может быть произвольным, но сами группы периодически повторяются. Базисные сплайны также позволяют решить эту проблему, но при этом они не связаны с периодичностью повторения групп.

Таким образом, базисные сплайны могут быть использованы для восстановления неравномерно поступающих данных ТИ при испытаниях СУ ЛА.