



заметить, что такое сравнение с промышленно развитыми странами, особенно в последние 15–20 лет, не в нашу пользу.

На стадии обучения качество подготовки можно оценить, если учесть, что образование это не то, что преподаватель рассказывает студенту, а то, что студент может потом рассказать преподавателю, Государственной экзаменационной комиссии, а получив диплом, коллегам на будущей работе по специальности. Для этого в процесс обучения вводятся устные опросы на лабораторных и практических занятиях, письменные контрольные работы, курсовые проекты, тестирование, зачёты и экзамены. При этом, очевидно, необходимо констатировать, что единственным критерием уровня подготовки является способность студента ответить на вопросы "как?" и "почему?".

Опыт проверки так называемых остаточных знаний на контрольных работах студентов старших курсов технического вуза показывает, что в современном, весьма усложненном мире, наиболее слабым местом являются основы фундаментальных и технических дисциплин. Эти основы должны быть усвоены студентом на более ранней стадии обучения, и храниться, если можно так выразиться, в его "оперативной памяти", то есть должны воспроизводиться студентом без особых затруднений. Незнание этих основ не позволяет осмысленно воспроизводить, а не зазубривать более сложные объекты и проверять корректность предлагаемых или изучаемых технических решений.

Реальный уровень подготовленности аудитории к изучению курса может быть легко проверен преподавателем на первой же лекции близи контрольной по основным положениям и закономерностям, которые понадобятся студентам при изучении курса. Полученные результаты позволяют сделать вывод о необходимости действий по реанимации или самостоятельному изучению студентами основ необходимых для дальнейшего изучения курса. В первую очередь на эти основы должно быть указано студентам. Они должны быть перечислены, а зачастую и сформулированы. Это не требует больших затрат времени, так как число таких основ невелико.

В области радиоэлектроники и схемотехники можно насчитать не более десяти таких основных положений теории электрических цепей и электроники, которые студенту, необходимо помнить постоянно при изучении последующих специальных дисциплин. Увы, но основные закономерности физики, получаемые из эксперимента, студенту необходимо просто зазубрить.

Игнорирование преподавателем реального уровня исходных знаний студентов в начале изучения курса приводит к тому, что для внешне успешного освоения курса студент вынужден зазубривать уже не основы необходимые для осмысленного овладения курсом, а весь курс целиком.

Кроме недостаточного уровня исходных знаний можно отметить и другие причины недостаточного уровня подготовки выпускника технического вуза.

К одной из таких причин относится завышенный объём изучаемого в курсе материала. Студент перегружен изучаемым материалом и зачастую физически не в состоянии усвоить курс с требуемым качеством. Зачастую преподаватель, игнорирует нормы времени, указанные в учебном плане и



учитывающие затраты времени, необходимые на изучение других курсов, и сам завышает объём материала и выдаваемых заданий, не принимая во внимание то, что студент выполняет эту работу впервые и на её выполнение требуется намного больше времени.

Нормальному восприятию изучаемого материала очень сильно мешает излишняя занаукообразность курсов и многих вузовских учебников, не отличающихся ясностью и доступностью изложения. В области электроники, схемотехники и измерительной техники нередко встречаются учебники с ошибочным изложением отдельных вопросов, например, представление усилительного элемента в виде управляемого переменного сопротивления. В современном компьютеризированном высокотехнологичном мире некоторые курсы спецдисциплин содержат большое количество справочного материала и больше напоминают справочники продавца-консультанта, которые без осмысленного понимания сути предмета можно только вызубрить. Внешне это выдаётся за стремление преподавателя ознакомить студента с самыми последними достижениями науки и техники.

Немаловажную роль имеют и психологические моменты. Если кто-то говорит студентам, что какой-то предмет не пригодится им в последующей практической работе, то все старания преподавателя этой дисциплины будут напрасными. Студент будет изучать этот предмет только для того, чтобы сдать. Кроме этого непонимание студентом сути изучаемой дисциплины, возникающее, как правило, по причине незнания тех самых основ, приводит к потере интереса к её изучению и к вынужденной зубрёжке изучаемого материала для последующей успешной сдачи предмета.

Большое значение имеет и взаимосвязь, последовательность дисциплин, определяемая учебным планом. Несмотря на самостоятельный выбор студентом специальности, до него должна быть доведена конечная цель обучения. Очевидно, что проще это сделать преподавателю, имеющему собственный опыт работы по избранной студентом специальности.

И.И. Волков, А.Г. Золин

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА КОНЕЧНЫХ РАЗНОСТЕЙ В ЗАДАЧАХ ВОССТАНОВЛЕНИЯ СИГНАЛОВ С ИЗВЕСТНОЙ ФУНКЦИЕЙ ИСКАЖЕНИЯ

(Самарский государственный технический университет)

При решении задач обработки экспериментальных данных часто приходится решать обратную задачу восстановления неизвестного входного сигнала по результатам откликов на выходе средств измерения. В большинстве случаев это задача компенсации искажающего действия аппаратной функции, обеспечивающая улучшение разрешающей способности различного рода измерительных приборов и систем.



На сегодняшний день теория и практика разработки оптимальных алгоритмов восстановления сигналов разработана достаточно полно. Однако существующие методы либо требуют для своей реализации не всегда доступной априорной информации, либо сталкиваются с вычислительными проблемами, связанными с некорректностью обратных задач и необходимостью использования регуляризирующих процедур [1,2].

В данной работе представлено решение обратной задачи восстановления сигнала, основанного на конечно-разностном подходе.

Пусть имеется сигнал  $y_m$ , полученный со средств изменения и являющийся результатом искажения интересующего нас, но неизвестного числового ряда  $x_m$ :

$$y_m = \sum_{i=0}^{N_0-1} h_0(i) x_{m-i} \quad (1)$$

Предполагается, что  $h_0(i)$  и  $N_0$  - известны. Введем в рассмотрение понятие конечной разности ряда  $x_m$

$$\Delta_\nu(m) = \sum_{i=0}^{\nu} (-1)^i C_\nu^i x_{m-i}, \quad (2)$$

где  $\nu$  - порядок разности. На будущее отметим, что

$$\Delta_\nu(m) \approx \Delta^{\nu} x_m^{(\nu)}. \quad (3)$$

Воспользуемся соотношением

$$x_{m-i} = \sum_{\nu=0}^i (-1)^\nu C_i^\nu \Delta_\nu(m). \quad (4)$$

С учетом этого, соотношение (1) примет вид:

$$y_m = \sum_{\nu=0}^{N_0-1} E_\nu \Delta_\nu(m), \quad (5)$$

где:

$$E_\nu = (-1)^\nu \sum_{i=\nu}^{N_0-1} C_i^\nu h_0(i) \quad (6)$$

Так как  $h_0(i)$  и  $N_0$  известны, то величина  $E_\nu$ , также известна. Восстанавливать неизвестный ряд  $x_m$  будем по алгоритму:

$$\hat{x}_m = \sum_{k=0}^{N-1} \beta_k \Delta_k^y(m). \quad (7)$$

Здесь:  $\hat{x}$  - восстановленный ряд (оценка  $x_m$ ),  $N$  - заданная величина, подбираемая экспериментально,  $\beta_k$  - неизвестные коэффициенты, подлежащие определению.

$$\Delta_k^y(m) = \sum_{i=0}^k (-1)^i C_k^i y_{m-i} \quad (8)$$

— конечная разность  $k$ -го порядка наблюдаемого ряда  $y_m$ . Подставив в (8)  $y_m$  из (5), будем иметь:



$$\Delta_k^y(m) = \sum_{\nu=0}^{N_0-1} E_\nu \sum_{i=0}^k C_k^i \Delta_\nu(m-i).$$

Так как  $\sum_{i=0}^k (-1)^i C_k^i \Delta_\nu(m-i) = \Delta_{\nu+k}(m)$ , то  $\Delta_k^y(m) = \sum_{\nu=0}^{N_0-1} E_\nu \Delta_{\nu+k}(m)$ .

Подставив значение  $\Delta_k^y(m)$  в (2), получим

$$\hat{x}_m = \sum_{\nu=0}^{N_0-1} \sum_{k=0}^{N-1} E_\nu \beta_k \Delta_{\nu+k}(m) \quad (9)$$

Пусть  $N \geq N_0$ . Тогда формула (9) сведется к следующей:

$$\hat{x}_m = \sum_{k=0}^{N_0-1} \Delta_k(m) \sum_{\nu=0}^k E_\nu \beta_{k-\nu} + \sum_{k=N_0}^{N-1} \Delta_k(m) \sum_{\nu=0}^{N_0-1} E_\nu \beta_{k-\nu} + \sum_{k=N}^{N_0+N-2} \Delta_k(m) \sum_{\nu=k-N+1}^{N_0-1} E_\nu \beta_{k-\nu} \quad (10)$$

Из (10) следует, что для обеспечения наибольшей точности (уменьшения погрешности) надо в этой формуле оставить лишь члены содержащие конечные разности высокого порядка. Для этого коэффициенты  $\beta_k$  должны быть определены из условия:

$$\left. \begin{aligned} \sum_{\nu=0}^k E_\nu \beta_{k-\nu} &= \delta_k, k = \overline{0, N_0 - 1} \\ \sum_{\nu=0}^{N_0-1} E_\nu \beta_{k-\nu} &= 0, k = \overline{N_0, N - 1} \end{aligned} \right\} \quad (11)$$

Из (11) получаем расчетные формулы для коэффициентов

$$\left. \begin{aligned} \beta_0 &= \frac{1}{E_0} \\ \beta_k &= -\frac{1}{E_0} \sum_{\nu=1}^k E_\nu \beta_{k-\nu}, k = \overline{1, N_0 - 1} \\ \beta_k &= -\frac{1}{E_0} \sum_{\nu=1}^{N_0-1} E_\nu \beta_{k-\nu}, k = \overline{N_0, N - 1} \end{aligned} \right\} \quad (12)$$

При выполнении условия (11) формула (10) примет вид:

$$\hat{x}_m = x_m + \sum_{k=N}^{N_0+N-2} \Delta_k(m) \sum_{\nu=k-N+1}^{N_0-1} E_\nu \beta_{k-\nu} \quad (13)$$

Алгоритм вычисления восстановленного ряда может быть следующий:



$$\left. \begin{aligned}
 E_\nu &= (-1)^\nu \sum_{i=\nu}^{N_0-1} C_i^\nu h_0(i), \nu = \overline{0, N_0-1} \\
 \beta_0 &= \frac{1}{E_0} \\
 \beta_k &= -\frac{1}{E_0} \sum_{\nu=1}^k E_\nu \beta_{k-\nu}, k = \overline{1, N_0-1} \\
 \beta_k &= -\frac{1}{E_0} \sum_{\nu=1}^{N_0-1-k} E_\nu \beta_{k-\nu}, k = \overline{N_0, N-1} \\
 \Delta_0^y(m) &= y_m \\
 \Delta_k^y(m) &= \Delta_{k-1}^y(m) - \Delta_{k-1}^y(m-1), k = \overline{1, N-1} \\
 \hat{x}_m &= \sum_{k=0}^{N-1} \beta_k \Delta_k^y(m)
 \end{aligned} \right\} (14)$$

Для определения значений восстановленного ряда, необходимы следующие исходные данные:  $N$  – экспериментально подбираемая величина,  $h_0(i)$  – весовая функция прямого фильтра,  $N_0$  – длина весовой функции прямого фильтра.

В процессе исследования данного подхода был проведен ряд экспериментов, в котором в качестве исходных данных была взята строка некоторого тестового изображения ( $x_m$ ). Затем, для получения  $y_m$ , были выполнены преобразования по формуле (1) с тремя различными видами весовой функции  $h_0(i)$  с разными значениями  $N_0$ . Вид весовых функций показан на рисунке 1.

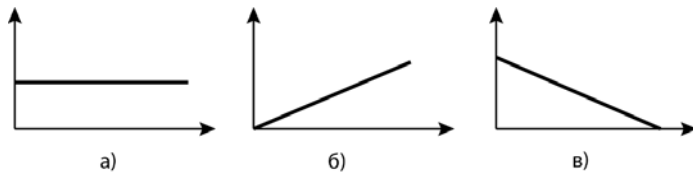


Рисунок 1. Вид весовых функций прямого фильтра

Значения относительной среднеквадратической погрешности (ОСП) восстановления, которая вычислялась по формуле

$$\text{ОСП} = \sqrt{\frac{\sum (x_m - \hat{x}_m)^2}{\sum x_m^2}}$$

представлены в таблицах 1, 2 и 3.



Таблица 1. ОСП восстановления для весовой функции а) рисунка 1.

$N_0 \setminus N$	1	2	3	4	5	6	7
3	0.0638	0.0387	0.0278	0.0264	0.0289	0.0289	0.0242
5	0.0943	0.0593	0.0481	0.0605	0.0567	0.0767	0.1429
7	0.1116	0.0726	0.0684	0.0885	0.0808	0.2317	0.3159
9	0.1228	0.0796	0.0884	0.1182	0.1500	0.5220	0.3924
11	0.1314	0.0843	0.1081	0.1480	0.2789	0.8338	0.6113
13	0.1387	0.0882	0.1245	0.1699	0.4432	1.0667	1.2160
15	0.1452	0.0911	0.1433	0.1975	0.6459	1.2023	1.3766
20	0.1591	0.1019	0.1834	0.2539	1.0307	1.3522	1.4555

Таблица 2. ОСП восстановления для весовой функции б) рисунка 1.

$N_0 \setminus N$	1	2	3	4	5	6	7
3	0.0840	0.0743	0.0813	0.1008	0.1319	0.1720	0.2136
5	0.1217	0.1224	0.1528	0.2281	0.3465	0.4472	0.4537
7	0.1416	0.1551	0.2203	0.3769	0.5925	0.7189	0.6106
9	0.1537	0.1735	0.2749	0.5282	0.8296	0.9230	1.0797
11	0.1629	0.1863	0.3271	0.6750	1.0204	1.0564	1.3423
13	0.1708	0.1968	0.3769	0.8054	1.1438	1.1245	1.4133
15	0.1780	0.2047	0.4237	0.9134	1.2313	1.1632	1.4438
20	0.1936	0.2322	0.5271	1.0852	1.3607	1.2564	1.4701

Таблица 3. ОСП восстановления для весовой функции в) рисунка 1.

$N_0 \setminus N$	1	2	3	4	5	6	7
3	0.0440	0.0166	0.0059	0.0046	0.0047	0.0035	0.0018
5	0.0690	0.0253	0.0103	0.0127	0.0079	0.0144	0.0125
7	0.0852	0.0312	0.0179	0.0179	0.0233	0.0361	0.0339
9	0.0966	0.0348	0.0268	0.0218	0.0560	0.0529	0.1887
11	0.1054	0.0373	0.0355	0.0245	0.1040	0.0571	0.5116
13	0.1126	0.0392	0.0440	0.0276	0.1688	0.1006	0.8846
15	0.1188	0.0407	0.0527	0.0328	0.2488	0.2505	1.1377
20	0.1315	0.0441	0.0735	0.0602	0.4979	0.8886	1.3756

В результате исследований был поучен простой в реализации алгоритм восстановления сигналов с известной функцией искажения. При соответствующем подборе параметра  $N$ , представленный алгоритм дает приемлемые результаты в случаях а) и в). В случае б), решение становится неустойчивым.

### Литература

1. Батищев В.И. Аппроксимационный подход к решению обратных задач анализа и интерпретации экспериментальных данных [Текст]/ Батищев В.И., Золин А.Г., Косарев Д.Н, Романев А.Е.// Вестник СамГТУ, сер. Технические науки. 2006, вып. №40, с. 57-65.
2. Леонов А.С. Решение некорректно поставленных обратных задач [Текст] М.: Либликом, 2010.