

ВЫБОР ВИДА АДАПТАЦИИ В СИСТЕМАХ ОБРАБОТКИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ

The types of adaptation are considered in the statistical systems of processing of experimental data at the choice of error of measuring channel of the system as a determining index of quality.

Постановка проблемы. При изучении физических процессов в различных проблемных предметных областях - Problem area (PRAR) основной проблемой является создание математической модели этих физических процессов. Модели, описывающие состояния PRAR, принято называть статическими, а описывающие последовательности этих состояний – динамическими.

Чаще всего на основании априорной информации математической моделью физических процессов могут быть случайные процессы. Поэтому целью исследований в этих PRAR являются получение значений $\Theta[x(t)]$ вероятностных характеристик случайных процессов. Оценки $\Theta^*[x(t)]$ этих вероятностных характеристик, называемые статистическими характеристиками [1] и вычисляемые по алгоритму q (математическое ожидание, дисперсия, спектральные, корреляционные характеристики, моменты высоких порядков и т.д.), могут быть получены в системах обработки экспериментальных данных (СОЭД) в результате преобразований параметров электрических, акустических, оптических и других сигналов $x(t)$, несущих информацию о PRAR.

Если результатом таких преобразований, основным среди которых является К-операция сравнения мгновенных значений $x_i(t_j)$ с величиной Δx (unit - единицей измерения) будет именованное число $[N]=n \Delta x$, имеющее размерность x , то такое преобразование называется измерением. При статистических измерениях, кроме выполнения преобразования q , лежащего в основе определения оценки $\Theta^*[x(t)]$, требуется выполнение дополнительной операции Sd - усреднению по выборке объемом d .

Если результатом преобразований являются логические высказывания типа “больше, равно, меньше”, то такое преобразование называется контролем.

Результаты измерений (контроля), получаемые от измерительного канала (ИК), в качестве которого чаще всего применяются информационно-измерительные системы (ИИС), в пассивных СОЭД используются для

вычисления значений $\Theta^*[x(t)]$. В активных СОЭД имеется дополнительная возможность воздействия на объект измерений с целью приближения к экстремальному значению определяющего показателя качества системы (целевой функции эксперимента): погрешности измерений мгновенных значений $x_i(t_j)$ для вычисления $\Theta^*[x(t)]$, времени измерения, времени статистической обработки массивов $\{x_i(t_j)\}$, суммарной погрешности, метрологической надёжности (выхода погрешности ИИС из класса точности), вероятности отклонения параметра от заданного значения, надёжности контроля, электромагнитной совместимости, затрат ресурсов и т.д.

Уменьшение сроков разработки и снижение стоимости многоканальных и многофункциональных СОЭД может быть осуществлено применением CALS-технологий непрерывной информационной поддержки (Continues Acquisition and Life cycle Support - CALS) на всех этапах их жизненного цикла.

При реализации CALS-технологий на этапе внешнего проектирования, являющегося научной основой для создания СОЭД, формализуется концепция проектирования для её последующего применения в современных PLM-технологиях (Product Lifecycle Management), характеризующимся развитием в направлении, называемом GCE (Global Collaborative Environment - Глобальное коллективное окружение). Внешнее проектирование заканчивается разработкой технического задания (ТЗ) для этапа внутреннего проектирования, на котором разрабатываются алгоритмы и программы изготовления СОЭД.

GCE на базе новых информационных технологий, поддерживающих концепцию полного электронного описания объекта – EPD (Electronic Product Definition), может сократить время как проектирования, так и производства различных высокотехнологичных СОЭД.

Анализ исследований [2] по проектированию многоканальных и многофункциональных СОЭД показывает, что попытки разработок универсальных математических моделей на этапе внешнего проектирования почти всегда заканчиваются неудачей, так как некоторые параметры PRAR могут являться несущественными (с точки зрения разработчиков) даже для статического моделирования, а в динамических моделях могут не получить отражения некоторые неформализуемые черты реальности. Несоответствие реальных процессов в PRAR приписываемым им моделям, особенно динамическим, характеризуется погрешностью классификации.

Оценка погрешностей классификации динамических моделей, включающих в себя и статические модели, является одной из задач большинства научных исследований и составляет основное содержание этапа внешнего проектирования СОЭД различного типа - аналоговых (электронных, оптических и др.) и аналого-цифровых.

Цель работы. Для аналого-цифровых СОЭД, наиболее гибких в алгоритмическом плане при анализе сигналов $x(t)$, возможны три

последовательности операций получения оценок $\Theta^*[x(t)]$, которые в операторной форме могут быть записаны как показано в формуле 1:

$$\Theta^*[x(t)] = KSdq[x(t)] \vee SdKq[x(t)] \vee SdqK[x(t)], \quad (1)$$

где оператор K означает процедуру сравнения мгновенных значений $x_i(t_j)$ на каждом из N уровней квантования $x(t)$ в аналого-цифровом преобразователе (АЦП). Эти три последовательности операций определяют структуру проектируемой аналого-цифровой СОЭД и алгоритм её работы.

Вариант построения структуры аналого-цифровой СОЭД по алгоритму, в котором операция сравнения K производится первой, является предпочтительным, так как может позволить применение адаптивного унифицированного измерительного канала, интегрированного в структуру многоканальной и многофункциональной СОЭД. Целью работы является выбор типа адаптации для многоканальной и многофункциональной СОЭД с алгоритмом работы $\Theta^*[x(t)] = KSdq[x(t)]$,

Решение задачи. Массив мгновенных значений $\{x_i t_j\}$, полученный после нормирования $x(t)$ и его последующего квантования по уровню с шагом dx , равным единице младшего разряда АЦП, используется при выполнении операции осреднения Sd по выборке объёма d для вычисления оценок вероятностных характеристик по алгоритму q .

Погрешности $\Delta\Theta^*[x(t)]$ алгоритма $\Theta^*[x(t)] = KSdq[x(t)]$, в предположении, что в многоразрядных АЦП погрешности от квантования $x(t)$, т.е. погрешности выполнения операции сравнения K , можно принять пренебрежимо малыми [3], будут зависеть только от точности выполнения операторов q и Sd и определяться как:

$$\text{абсолютная } \Delta\Theta^*[x(t)] = \Theta^*[x(t)] - \Theta[x(t)] = \lim_{d \rightarrow \infty} Sd[q[t]] \quad (2)$$

$$\text{и относительная } \delta\{\Theta^*[x(t)]\} = \frac{\Delta\Theta^*[x(t)]}{\Theta[x(t)]} \quad (3)$$

Принятое за образцовое значение вероятностной характеристики $\Theta[x(t)]$ и вычисленное по результатам измерений значение её оценки $\Theta^*[x(t)]$ должны быть определены на одной и той же совокупности данных о мгновенных значениях $x_i(t_j)$, т.е. при одинаковом объёме d выборки [4]. Но в любом случае суммарные погрешности (2) и (3) измерения оценки $\Theta^*[x(t)]$ будут включать как аппаратную погрешность [5, 6] реализации алгоритмов (1) измерения, так и погрешность классификации [4] или погрешность неадекватности $\Delta_H[\Theta[x(t)]]$ математической модели.

В случае недостатка информации о PRAR, или, иначе говоря, при малой выборке значений в массиве $\{x_i, t_j\}$, возникает необходимость в адаптации, т.к. заранее практически невозможно оптимизировать структуру СОЭД, или, что одно и то же, задать количество и вид статистических характеристик $\Theta[x(t)]$ при анализе физических процессов в различных PRAR [1].

В широком смысле адаптивность технической системы - это способность системы модифицировать саму себя или внешнюю среду при изменении условий функционирования с целью компенсации (хотя бы частичной) потери эффективности функционирования.

Для СОЭД возможны четыре вида адаптации [2]:

1. Внешне-внешняя, при которой система реагирует на внешние изменения модификацией (изменением) своего окружения;

2. Внешне-внутренняя, при которой система на изменения внешней среды реагирует модификацией самой себя, включая самоликвидацию. Сюда можно отнести методы повышения точности измерительных устройств путём их структурных изменений [7]; изменение параметров узлов и блоков (коэффициента усиления, полосы пропускания и т. д.) оптимального приемника сигналов при изменении характера помех [5]; автоматический выбор пределов измерения и др.).

3. Внутренне-внешняя, при которой система на внутренние изменения реагирует модификацией своего окружения (включение внешних источников питания при энергетической адаптации, включение внешнего резерва при отказах, а также различные приёмы дублирования и резервирования и т.д.);

4. Внутренне-внутренняя, когда система в ответ на внутренние изменения модифицирует сама себя (включение устройств терморегуляции и т.п.).

Понимая под оптимизацией достижение наилучшего результата функционирования из множества возможных вариантов ее построения, в составе СОЭД на уровне системного анализа необходимо отдельно рассматривать измерительный блок (ИК) и блок анализа и принятия решений, часто называемый устройством управления (УУ), наделенный свойством памяти и обладающий способностью принимать некоторые решения на основе формальных аналитических и логических выводов по результатам измерений.

Общий принцип работы большинства аналого-цифровых статистических СОЭД является последовательной трёхшаговой процедурой. На первом шаге производится измерение мгновенных значений и их запоминание в виде массива $\{x_i, t_j\}$. На втором шаге производится обработка полученного массива по алгоритму (1) получения оценок $\Theta^*[x(t)]$ и вырабатывается корректирующее (управляющее) воздействие. На третьем шаге корректирующее воздействие оценки вводятся в алгоритм работы УУ.

При этом практически всегда остается невыясненной оптимальность

всей этой трёхшаговой процедуры в целом, т.к. вид оценок $\Theta^*[x(t)]$ выбирается с позиций статистической теории измерений [4], обязательно предполагающей получение этих оценок с некоторой погрешностью $\Delta\Theta^*[x(t)]$, а алгоритм работы УУ (функционал обработки) - с позиций теории проверки гипотез, предполагающей наличие всей (или достаточно полной) информации не только о сигналах $x(t)$, но и помехах $n(t)$.

С системной точки зрения адаптация представляет собой процесс непрерывной оптимизации, при котором любая адаптивная система должна, по крайней мере, в течение некоторого времени, например, времени измерения, поддерживать свою оптимальность.

С математической точки зрения адаптивная СОЭД должна решать задачи стохастической экстраполяции на определенном интервале времени, т.е. прогнозировать своё функционирование с сохранением определяющего показателем качества (погрешности, надёжности, затрат ресурсов и т. д.) на некотором заданном уровне, не превышающем погрешности классификация до начала процедуры адаптации.

В процессе внешнего проектировании СОЭД с интегрированным в её состав адаптивным измерительным каналом (ИК) и устройством управления и принятия решений должны (УУ) должны последовательно решаться три основные задачи.

1. Получение аналитических зависимостей для определяющего показателя качества СОЭД. Для измерительного канала СОЭД таким показателем является суммарная погрешность $\Delta\Theta^*[x(t)]$ при обработке по алгоритму q результатов измерений мгновенных значений $x_i(t_j)$ реализаций сигналов $x(t)$.

Информационно-измерительный подход гарантирует измеримость различных множеств $\Theta^*[x(t)]$, позволяет ввести амплитудную, пространственную и временную меры $x(t)$ и прийти к понятию информационной производительности признаков $x(t)$, свойства которых отражаются в виде результатов измерений. Это дает возможность разработать общую методику получения оценок $\Theta^*[x(t)]$ по результатам измерения информативных параметров $x(t)$ для многоканальных и многофункциональных СОЭД в составе GSE и оптимально согласовать частные погрешности узлов и блоков измерительного канала, а также и сред распространения сигналов (носителей информации), входящие в суммарную погрешность $\Delta\Theta^*[x(t)]$, включающей также и $\Delta_H[\Theta^*[x(t)]]$. Такая методика суммирования погрешностей может дать возможность для уменьшения необоснованно завышенных требований [1] к элементам СОЭД и, как следствие, сокращения времени её разработки и затрат ресурсов.

Для УУ таким определяющим показателем качества показателем является вероятность принятия заданного решения.

2. Проведение оптимизации измерительного канала – те есть нахождение наилучшего решения по минимизации определяющего показателя качества.

3. Принятие решения по выбранному (или специально разработанному) критерию.

Количество итераций при решении этих трёх основных задач определяется целевым назначением СОЭД. Поэтому для оценки эффективности СОЭД необходимо предусмотреть совместный анализ эффекта от её применения при выполнении совокупности условий, реализующих принятые принципы и затрат ресурсов на достижение этого эффекта, для чего используются технические, экономические и технико-экономические критерии.

Технические критерии (их довольно много) обычно отражают технический уровень СОЭД (т.е. “совершенство” с точки зрения разработчиков) или степень её пригодности для решения поставленных задач. Однако такая оценка в большинстве случаев носит односторонний характер и является недостаточной, за исключением тех, случаев, когда сняты экономические ограничения.

Экономические (затратные) критерии, отражая стоимости затрат ресурсов, являясь более общими и универсальными, не отражают технического совершенства и динамики работы СОЭД.

Технико-экономические комплексные критерии более предпочтительны, так как отражают и технический уровень и затраты ресурсов и поэтому всегда предпринимаются попытки формирования таких критериев оценки эффективности.

При реализации CALS-технологий для СОЭД таким технико-экономическим комплексным критерием может быть минимум суммарной погрешности $\Delta\Theta^*[x(t)]$ при ограничениях на ресурсы (затраты), например затраты времени на обработку при применении адаптации и т.д.

Адаптивная СОЭД должны непрерывно решать оптимизационные задачи, или, иначе говоря, задачи стохастической экстраполяции (прогноза) значений сигналов $x(t)$, несущих информацию о случайных процессах, являющихся математической моделью PRAR. Методы статистического прогноза позволяют оценивать будущие значения $x_i(t_j)$ по результатам измерения их прошлых и текущих значений. К наиболее точным [3], хотя и достаточно громоздким, способам прогнозирования относятся современные методы моделирования на ЭВМ, в первую очередь имитационного. Предсказанные тем или иным способом значения информативных параметров $x(t)$ являются исходными данными для выработки управляющего воздействия (или принятия решения) УУ.

Наиболее приемлемой для адаптивных СОЭД является внешне-внутренняя адаптация, при которой система реагирует на изменения внешней среды модификацией самой себя. К таким видам адаптации можно отнести различные методы автоматического регулирования, на основе которых реализуются различные технические устройства (в радиотехнике - блоки АРУ для автоматического регулирования коэффициентов усиления в зависимости от уровня входных сигналов, блоки модификации структуры оптимального приемника при изменении характера сигналов и помех; в измерительной технике – блоки автоматического выбора пределов измерения в цифровых приборах или каналов в многоканальных ИИС; устройства самоликвидации в военных изделиях и т. п). К внешне-внутренней адаптации можно отнести и структурные методы повышения точности [7].

В аналого-цифровых СОЭД при реализации алгоритма $\Theta^*[x(t)] = KSdq[x(t)]$ может быть применена внешне-внутренняя адаптация путём выбора минимального числа разрядов АЦП, при которых обеспечивается заданная суммарная погрешность. Для этого производится непрерывный текущий анализ закона распределения $x_i(t_j)$, по которому определяется минимальное число разрядов АЦП и в алгоритм q вводится коррекция, зависящая от вида закона распределения [3], для обеспечения требуемой суммарной погрешности $\Delta\Theta^*[x(t)]$. Уменьшение числа разрядов АЦП приводит к повышению его быстродействия, и, как следствие, к увеличению объёма выборки, ведущего к уменьшению статистической составляющей суммарной погрешности СОЭД.

Внутренне-внутренняя адаптация, при которой система в ответ на внутренние изменения модифицирует сама себя (например, адаптивные приемники с внутренним контуром адаптации, всевозможные устройства защиты при несанкционированном доступе, системы защиты от перегрузок источников питания и т.д.), имеет меньшее влияние на суммарную погрешность $\Delta\Theta^*[x(t)]$.

Выводы. В статистических аналого-цифровых СОЭД наиболее целесообразной является внешне-внутренняя адаптация. Такая внешне-внутренняя адаптация может быть реализована различными методами, в том числе введением коррекции, зависящей от вида закона распределения, для выбора минимально возможного числа разрядов АЦП для обеспечения заданной суммарной погрешности оценки вероятностной характеристики физического процесса, а также использованием структурных методов повышения точности измерительного канала СОЭД.

1. Виленкин С.Я. Статистическая обработка результатов исследования случайных функций: монография – М.: Энергия, 1979 – 320 с.
2. Детлинг В.С., Мирошниченко И. В. Выбор вида адаптации в информационных системах // V Международная научно-техническая конференция “Гиротехнологии,

навигация и управление движением” – Сб. докл., Киев 21–22 апреля 2005 г. – С. 310–313.

3. *Пономаренко В.К., Мирошниченко В.С.* Выбор параметров измерителей числовых характеристик случайных процессов, Изв. ВУЗ СССР, разд. Радиоэлектроника, XVI, 1971, №7.

4. *Цветков Э.И.* Методические погрешности статистических измерений.- / Цветков Э.И – Л.: Энергоатомиздат, 1984, –144 с.

5. *Воллернер Н.Ф.* Выбор оптимальной длительности реализации при аппаратурном анализе случайных процессов / Воллернер Н.Ф. – Изв. ВУЗов СССР, радиофизика, 1966, № 4, С. 737–740.

6. *Воллернер Н.Ф.* Аппаратурный спектральный анализ сигналов. / Воллернер Н.Ф. - М: Сов. Радио, 1977, 207 с.

7. *Туз Ю.М.* Структурные методы повышения точности измерительных устройств. / Туз Ю.М. – К.: Вища школа, 1976.– 256 с.

Поступила 18.02.2013г.

УДК 621.396.933:527.8

Larisa Dobryakova, Łukasz Lemieszewski, Evgeny Ochinn, Szczecin

GNSS: ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МОДЕЛИ WGS-84

Abstract. This article "GNSS: the improving of the positioning accuracy using the WGS-84 models" assumes that the receiver is on the surface of the Earth, described by model WGS-84. The calculated distance from the satellite S1 to GNSS-receiver located on the surface of the Earth, forms a sphere of permissible location of GNSS-receiver. The intersection of the Earth's surface and the sphere S1 forms the line of acceptable location of GNSS-receiver.

The calculated distance from the satellite S2 to the GNSS-receiver, located on the surface of the Earth, forms a second sphere of permissible location of GNSS-receiver. The intersection of the Earth's surface and the sphere S2 forms the second line of the permissible location of GNSS-receiver. The intersection of these two lines forms two possible point for location of GNSS-receivers, one of which is dropped by a logical analysis of the location of valid values GNSS-receiver.

Актуальность

Спутниковые системы глобальной навигации (Global Navigation Satellite System, GNSS: Navstar GPS, GLONASS, GALILEO, COMPASS) позволяют решать задачу позиционирования некоторого движущегося объекта (корабль, самолёт, автомобиль), т.е. определять широту, долготу, высоту объекта над уровнем моря, а также его скорость, направление движения и текущее время. Точность позиционирования по широте и долготе для гражданских GNSS