СИСТЕМЫ И ПРОЦЕССЫ УПРАВЛЕНИЯ

УДК 681.51.015:519.711

О НЕКОТОРЫХ СТРАТЕГИЯХ ПОИСКА РЕШЕНИЙ ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ АЛГОРИТМОВ ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО ОЦЕНИВАНИЯ

АКСАК Н.Г., АГАДЖАНОВ С.Г.

Предложена универсальная система экспертного моделирования алгоритмов параметрической идентификации, позволяющая вырабатывать практические рекомендации при решении задач параметрического оценивания. Предложены также способы исследования и проверки работоспособности алгоритмов параметрической идентификации в целях предсказания их поведения в будущем.

Разработка научно-исследовательских демонстрационных проектов, экспериментальных и исследовательских образцов, основанных на комплексном взаимодействии математического аппарата с программными средствами, является базовым элементом при создании прототипов будущих систем.

Практически во всех экспериментальных ситуациях имеется несколько возможных путей решения и, соответственно, необходимость выбора одного из них. Неполнота информации, на основе которой приходится формулировать задачу, значительно усложняет принятие решения.

При исследовании алгортимов параметрического оценивания зачастую приходится иметь дело с нестационарными объектами, т.е. объектами, парамерты которых дрейфуют во времени. Изучение таких объектов относится к разделу динамических. Хотя они описываются разностными или дифференциальными уравнениями, достаточно удобным является их представление в виде линейной или псевдолинейной регрессии с переменными коэффициентами. В этом случае задачи оценивания сводятся к параметрической идентификации.

С целью исследовать и проверить работоспособность алгоритмов параметрической идентификации и предсказать поведение параметров в будущем, а также для выработки решений и практических рекомендаций разработана система экспертного моделирования алгоритмов параметрической идентификации (СЭМ АПИ).

Основная идея, используемая в СЭМ АПИ, состоит в формулировке задачи линейной регрессии или последовательности таких задач с тем, чтобы далее применять линейные алгоритмы.

Банк моделей СЭМ АПИ оперирует как со статическими моделями, так и с динамическими, и настроен в основном на работу с дрейфующими объектами. В качестве средства постановки экспериментов выбрана линейная регрессионная модель вида: $y(t)=\Theta^T(t)x(t)+w(t)$, где $y(t)$ — выходной сигнал; $x(t)=(x_1(t),x_2(t),...,x_N(t))^T$ — $(N ′ 1)$ — вектор входных сигналов; $\Theta(t)=(\Theta_1(t),\Theta_2(t),...,\Theta_N(t))^T$ — $(N \times 1)$ — вектор нестационарных оцениваемых параметров; $w(t)$ — помеха; $t=1,2,3,...$ — дискретное время. Задача заключается в том, чтобы по измеряемым $x(t)$ и $y(t)$ сигналам получить оценки неизвестных параметров $\Theta(t)$ из условия минимума квадратичного критерия качества.

Банк алгоритмов и процедур СЭМ АПИ включает алгоритм Качмажа, метод наименьших квадратов (МНК), многошаговые проекционные алгоритмы, алгоритмы МНК со скользящим окном, со скользящим средним и их модификации, а также методы факторизации (преобразование Хаусхолдера, вращение Гивенса, метод Холецкого, преобразование Грама-Шмидта), служащие для упрощения вычислительной сложности алгоритмов. Структура системы экспертного моделирования алгоритмов параметрической идентификации представлена на рис. 1.

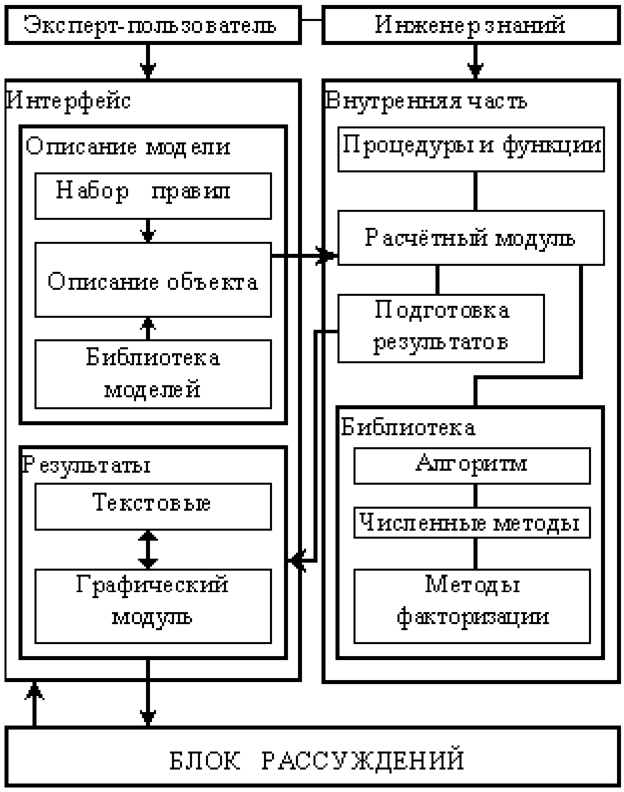

Рис. 1. Структура моделирующей системы

Для получения оптимального результата приходится неоднократно пересматривать полученные данные. Окончательное решение принимает эксперт, используя данные блока рассуждения системы. Следует отметить, что стратегия поиска решения в данном случае включает в себя два основных этапа. На первом решается проблема разделения (классификация), т.е. необходимо определить, к какой из категорий объектов, описанных замерами на определенном наборе переменных, принадлежит оцениваемый объект. Отбор информации ведется по запросу со следующими атрибутами записи из множества записей $\{a|M(a)\}$:

1. Модель
   1.1. размерность
   1.2. корреляция
2. Помеха
   2.1. на входе
      2.1.1. дисперсия
      2.1.2. корреляция
   2.2. на выходе
      2.2.1. дисперсия
      2.2.2. корреляция
3. Алгоритм
   3.1. глубина
   3.2. коэффициенты
4. Сценарий
   4.1. дрейф
   4.2. количество реализаций
   4.3. количество итераций

На этом этапе, во-первых, необходимо осуществить простой запрос. Это означает, что категории здесь взаимоисключающие, а именно, исследуемый объект должен попасть только в одну из них, т.е. определенному атрибуту задается конкретное значение, например:

{***модель=AR(X)***,
размерность (N)=5,
помеха на входе= отсутствует,
помеха на выходе (дисперсия) σ_w^2 ***=0.2***,
алгоритм=МНК,
дрейф=отсутствует}.

После того, как объект попал в заданную область, переходим ко второму этапу — формированию множества записей $\{b|K(b)\}$, из которого необходимо выбрать запись с оптимальными результатами. В этом случае категории уже линейно сепарабельны, т.е. одна из категорий включает разделяющую поверхность или ряд поверхностей. При этом запрос осуществляется по области значений, когда для определенного атрибута задается конкретная область, например, ***1≤глубина памяти алгоритма≤N.***

Процедура поиска решения осуществляется по записи $b \in K$ со следующей структурой:

1. Качество реализации
   1.1. критерий монотонной сходимости
   1.2. ошибка алгоритма
   1.3. критерий точности алгоритма
2. Время счёта
3. Количество арифметических операций,

включая визуальное сравнение вычисленных оценок определяемых параметров с заданными величинами непосредственно на графике (рис.2).

К основным элементам количественного анализа работоспособности алгоритмов относятся:

1) критерий точности

$$K_T(t) = \frac{M\left\{\sum_{i=1}^{N}\left(\Theta_i(t+1)-\left(\hat{\Theta}_i(t+1)\right)\right)^2\right\}}{\sum_{i=1}^{N}\left(\Theta_i(0)-\left(\hat{\Theta}_i(0)\right)\right)^2},$$

обеспечивающий сопоставление меры расстояния между параметром объекта и его оценкой;

2) критерий монотонной сходимости

$$K_M(t) = \left(\Theta(t)-\hat{\Theta}(t)\right)^T P^{-1}(t-1)\left(\Theta(t)-\hat{\Theta}(t)\right) \le \varepsilon,$$

где $P(t)=\left(X(t)X^T(t)\right)^{-1}$;

$X(t)=[x(t),x(t-1),...,x(t-s+1)]^T$ —$(N's)$—матрица наблюдений; s—память алгоритма; ε — некоторое малое число;

3) критерий, определяющий ошибку алгоритма

$$K_{ош} = \max\left(\frac{\left|\Theta(t)-\hat{\Theta}(t)\right|}{\left|\Theta(t)\right|+\varepsilon}\right).$$

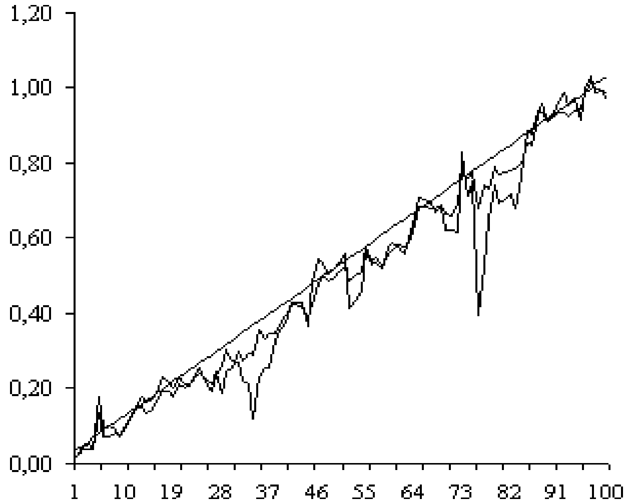

Рис. 2. Сравнение оценок параметров

Процедура поиска и принятия решения достаточно трудна, поскольку используются разные типы запросов. Применение булевого запроса значительнео усложняет процесс принятия решения. Одним из выходов в такой ситуации является организация файла должным образом. Процедуру поиска и принятия решения выполняет блок рассуждений (рис.3).

Рис. 3. Структура блока рассуждений

В модуле **ПРАВИЛА** содержатся условия, по которым происходит отбор приемлемых результатов. К таким условиям относятся булевы функции, точные значения, а также интервалы соответствия. В результате формируется множество бинарных записей, соединенных операцией “**AND**”.

Единица соответствует тому, что запись $b \in K$ удовлетворяет заданным условиям, ноль — в противном случае.

Далее определяется вес каждой бинарной записи. Вес i-й записи вычисляется путём сложения весов каждого атрибута этой записи.

Запись с максимальным весом и является оптимальным результатом.

В заключение можно отметить, что предложенная в настоящей работе система экспертного моделирования позволяет вырабатывать решения и практические рекомендации для задач параметрического оценивания.

Поступила в редколлегию 12.04.98

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Панасенко А.А.

Аксак Наталия Георгиевна, канд. техн. наук, старший научный сотрудник кафедры ЭВМ ХТУРЭ. Научные интересы: системы и процессы управления. Хобби: плавание. Адрес: 310726, Украина, Харьков, пр. Ленина, 14, тел. 40-93-54, 21-29-76.

Агаджанов Семен Грантович, аспирант кафедры ЭВМ ХТУРЭ. Научные интересы: создание систем экспертного моделирования алгоритмов параметрической идентификации. Хобби: программирование. Адрес: 310726, Украина, Харьков, пр. Ленина, 14, тел. 40-93-54.

УДК 681.517.8

ОБ ОДНОМ АЛГОРИТМЕ ТЕХНИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ НА ОСНОВЕ МНОЖЕСТВЕННОГО ИДЕНТИФИКАЦИОННОГО ПОДХОДА

АРЧАКОВА А.В., БОДЯНСКИЙ Е.В., СУХАРЕВ С.А.

Предложен алгоритм технической диагностики объекта управления, описываемого уравнением типа псевдолинейной регрессии, основанный на идеях рекуррентной идентификации при ограниченном шуме, методе эллипсоидов и анализе контрольных уровней (limit checking). Вычислительная простота и некритичность к статистическим характеристикам возмущений обеспечивают достаточную эффективность данного подхода.

Основной задачей технической диагностики является распознавание состояния технической системы (объекта управления) в условиях дефицита априорной и текущей информации [1, 2].

В задачах текущей (ранней) диагностики широкое распространение получил идентификационный подход к обнаружению разладок (model-based approach to fault detection) [2], в основе которого лежат процедуры рекуррентной идентификации и контроля над изменениями параметров настраиваемой диагностирующей модели. В подавляющем большинстве случаев это рекуррентные алгоритмы точечного оценивания [3], структура и параметры которых достаточно жестко определяются статистическими предположениями о характеристиках возмущений, действующих на объект контроля. Предположение о статистическом характере возмущений на практике приводит к тому, что диагностирующая система зачастую не в состоянии распознать, что же вызвало недопустимую вариацию параметров настраиваемой модели: возникшая разладка в объекте или случайный выброс в данных.

Последнее десятилетие характеризуется всплеском исследований в области рекуррентной идентификации, в которых практически не используется никаких предположений о характере возмущений (более того, возмущения могут иметь регулярный детерминированный характер), кроме их принадлежности некоторому ограниченному интервалу [4-12]. Поскольку единая терминология в этой области еще окончательно не сложилась, в данной статье будет использован термин “множественный подход к оцениванию параметров” (set-membership approach to parameter estimation), как наиболее полно описывающий его суть.

Итак, пусть

$$y_t = \theta^T x_t + w_t, \tag{1}$$

где y_t, $w_t \in R$ — выходной сигнал и возмущение, действующее на входе объекта в t-й текущий дискретный момент времени; $t = 1,2,\ldots$; x_t, $\theta \in R^n$ — векторы обобщенных входов и неизвестных параметров объекта соответственно.

Относительно возмущений предполагается лишь

$$|w_t| \le r_t, \tag{2}$$

где ограничения r_t известны для каждого текущего момента времени.

Переписав (1) и (2) в виде

$$y_t - r_t \le \theta^T x_t \le y_t + r_t, \tag{3}$$

или, что то же самое,

$$\left(y_t - \theta^T x_t\right)^2 \le r_t^2, \tag{4}$$

можно заметить, что эти неравенства задают пару гиперплоскостей в пространстве R^n, между которыми находится искомый вектор параметров θ. Последовательность наблюдений x_0, y_0, x_1, y_1, …, x_t, y_t порождает $(t+1)$ пару гиперплоскостей, “высекающих” в R^n некоторую область $D_t = \bigcap_{i=0}^{t} F_i$, где $F_i = \{\theta : (y_i - \theta x_i)^2 \le r_i^2\}$.

Это и есть область оценок $\hat{\theta}_t$, причем все точки, принадлежащие D_t, равноправны в том смысле, что среди них нельзя выделить одну наилучшую оценку.