

ТОЛЕРАНЦИЯ ОШИБОК В ПРОГРАММНОМ ОБЕСПЕЧЕНИИ

Альгирдас АВИЖЕНИС

Толеранцией ошибок называется такое свойство вычислительных систем (ВС), которое должно обеспечить их непрерывное и безотказное функционирование при появлении неисправностей, вызванных внутренними ошибками этих систем. Проблема, связанная с защитой ВС от последствий отказов технических устройств, возникла в 1940г. одновременно с появлением первых вычислительных машин. Однако, перманентные ошибки программного обеспечения (ПО) не связаны с отказами технических устройств – они являются ошибками проектировщиков и создателей программ, т.е. ошибками, которые возникают во время проектирования, разработки, модификации и эксплуатации ПО.

В статье исследуются вопросы толеранции ошибок ПО: модели толеранции, спецификации, оценки и способы ошибок толерантного ПО. Система ПО, толерантного к ошибкам должна состоять из двух или более модулей, каждый из которых должен решать те же самые задачи, однако эти модули не должны быть идентичными. Разные группы программистов должны создавать разные модули программ с использованием разных методик и технологий. Таким образом достигается, что ошибка или неточность одного модуля не повторяется на этом же месте в других модулях, а процедуры толеранции ошибок исключают ошибочный результат. В статье обсуждаются перспективы исследований.

Ключевые слова: толеранция ошибок, надежность, надежное программное обеспечение.

СТАТИСТИЧЕСКИЕ ОЦЕНКИ НЕИЗВЕСТНОЙ ФУНКЦИИ АВТОРЕГРЕССИИ

Йонас БАЛТРУНАС, Виталия РУДЗКЕНЕ

В статье рассматривается задача идентификации нелинейного процесса авторегрессии $X_t = f(X_{t-1}, \dots, X_{t-n}) + \varepsilon_t$, где ε_t – последовательность белого шума, $f(x)$ – неизвестная функция, удовлетворяющая условию (4). Методом математического моделирования исследованы статистические свойства некоторых оценок $\hat{f}(x)$ функции $f(x)$ в одномерном ($n = 1$) и двумерном ($n = 2$) случаях для $x \in [-1, 1]^n$.

Для нескольких нелинейных функций $f(x)$ различной гладкости рассмотрены оценки 4 типов: оценка наименьших квадратов, две оценки проекционного вида и ядерная оценка. Точность оценивания функции $f(x)$ характеризовалась величиной $E \int_{[-1,1]^n} [f(x) - \hat{f}(x)]^2 dx$.

Полученные результаты статистического моделирования показывают, что в одномерном случае ($n = 1$) при относительно больших объемах выборки ($N \asymp 10000$) точность оценок всех типов одного порядка. Оптимальный порядок \underline{m} аппроксимирующего полинома (при котором минимальная погрешность оценок) для проекционных оценок и оценок наименьших квадратов $\underline{m} = \overline{2,6}$, при $N \leq 1000$ и $\underline{m} = \overline{6,16}$ при $1000 < N \leq 10000$. В двумерном случае ($n = 2$) наибольшая точность оценок и наименьшая дисперсия получена для ядерных оценок, а при $N \asymp 10000$ по точности к ним приближаются оценки наименьших квадратов. Оптимальный порядок аппроксимирующего полинома \underline{m} в пределах $\underline{m} = \overline{3,45}$.

Ключевые слова: неизвестная функция авторегрессии, идентификация, статистические оценки, результаты моделирования.

**ВЕСОВАЯ ФУНКЦИЯ ПРОСТРАНСТВЕННО -
ВРЕМЕННОГО ПОЛЯ АВТОРЕГРЕССИИ
В ПРОСТРАНСТВЕ R^2**

Алоизас КАПУСТИНСКАС

В статье исследуется вопрос вычисления весовой функции поля авторегрессии, функционирующего в двумерном пространстве и времени, и описываемого уравнением

$$\xi_t^{xy} = \sum_{k=1}^{n_t} \sum_{i_x=-n'_x}^{n''_x} \sum_{i_y=-n'_y}^{n''_y} a_k^{i_x, i_y} \xi_{t-k}^{x+i_x, y+i_y} + g_t^{xy},$$

где t – дискретные моменты времени ($t \in (-\infty, \infty)$), x, y – дискретные значения пространственных координат ($x, y \in (-\infty, \infty)$), ξ_t^{xy} – значения поля в точке (x, y) в момент времени t , n_t – порядок поля по временной координате t , $\{n'_x, n''_x\}$, $\{n'_y, n''_y\}$ – порядок поля соответственно по пространственным координатам x, y , $a_k^{i_x, i_y}$ – параметры поля, $\{g_t^{xy}\}$ – последовательность независимых гауссовских случайных величин с нулевым средним и дисперсией σ_g^2 .

Показано, что весовые коэффициенты можно вычислить по рекуррентному уравнению весовой функции. Выяснена структура весовой функции: ненулевые весовые коэффициенты находятся внутри некоторого четырехгранного угла. Разработан алгоритм для вычисления весовых коэффициентов. Однако, его можно применять лишь для сравнительно небольшого интервала времени, ибо в противном случае значительно вырастает потребность оперативной памяти ЭВМ. Разработаны три модификации алгоритма, требующие меньшего объема оперативной памяти.

Ключевые слова: случайные поля, поле авторегрессии, весовая функция.

ИНВЕРСИЯ ЛИНЕЙНЫХ ПЕРИОДИЧЕСКИХ ЦИФРОВЫХ ФИЛЬТРОВ

Казис КАЗЛАУСКАС

В статье предложен метод определения инверсии линейных периодических цифровых фильтров (ПЦФ). Для этой цели линейный ПЦФ заменен блочным фильтром. Таким образом, уравнения с переменными параметрами, описывающие ПЦФ, в пространстве состояний заменяется блочными уравнениями с постоянными матрицами. Дано определение инверсного фильтра. Найдена связь между параметрами ПЦФ и параметрами инверсного ПЦФ. Приведено условие при соблюдении которой существует инверсный ПЦФ. Проанализированы условия управляемости и наблюдаемости инверсного ПЦФ. Показано, как, по имеющимся параметрам ПЦФ, вычислить параметры блочного и инверсного ПЦФ и как проверить условия управляемости и наблюдаемости инверсного ПЦФ.

Ключевые слова: цифровые фильтры, блочная модель, инверсия, управляемость, наблюдаемость.

СОВМЕСТНОЕ ОЦЕНИВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ СТАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ И СИСТЕМАТИЧЕСКИХ ОШИБОК ИЗМЕРЕНИЯ

Антанас НЕМУРА

В настоящей статье рассматривается задача совместного оценивания параметров нелинейных функций и систематических ошибок измерения. Эта задача встречается на практике, когда математическое ожидание случайных ошибок измерения не равно нулю. Математическая модель задана в виде двух m -мерных функций $f_1(x_k, c_1)$, $f_2(x_k, c_2)$, однако значения m -мерной независимой переменной x_k не известны, а значения векторных параметров c_1 и c_2 должны быть оценены по смещенным наблюдениям y_{1k} , y_{2k} ($k = \overline{1, s}$) функций $f_1(x_k, c_1)$, $f_2(x_k, c_2)$, т.е. по наблюдениям с адитивными случайными и систематическими ошибками δ_1 и δ_2 . Принимается, что ковариационные матрицы случайных ошибок измерения заданы. Используя линейное приближение функций $f_1(x_k, c_1)$, $f_2(x_k, c_2)$ составлено матричное уравнение для идентификации параметров и систематических ошибок измерения. На основе метода наименьших квадратов разработан рекуррентный компонентный алгоритм для вычисления оценок векторных величин c_1 , c_2 , δ_1 и δ_2 . Указано условие оцениваемости и правило останова процесса вычисления оценок. Для иллюстрации работоспособности алгоритма дается численное решение простой задачи этого вида. Полученный алгоритм может быть использован для решения практических задач. При этом должно выполняться условие оцениваемости.

Ключевые слова: линеаризация модели, оценки метода наименьших квадратов, рекуррентное оценивание параметров модели.

РОБАСТНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОРЯДКА МОДЕЛИ

Римантас ПУПЕЙКИС

Для определения порядка математической модели применяется статистический тест отношения определителей, использующий моментные матрицы. Исследуются три метода формирования этих матриц. Первым методом элементы матрицы, являющиеся значениями ковариационных и взаимноковариационных функций, вычисляются по классическим формулам. В случае второго метода эти же элементы заменяются на их робастные аналоги. Третий метод основан на применении вспомогательных переменных. Эффективность статистического теста определения порядка модели исследуется моделированием на ЭВМ. В табл. 1 для объекта вида (20) и аддитивной помехи вида (21) с ϵ -загрязненным распределением вида (4) приведены значения определителей моментных матриц, вычисленные для различных порядков m . При этом первая строка для каждого m соответствует значениям определителей этих матриц, элементы которых вычислялись по уравнениям (8). Вторая же строка — значениям определителей, элементы которых заменялись на выборочные медианы согласно операции робастного суммирования. Третья строка получена таким же способом, как и первая строка таблицы, но лишь с тем различием, что в уравнения (8) вместо u_k подставлялись вспомогательные переменные. На основе результатов численных экспериментов делается вывод, что статистика вида (5) может быть применена для определения порядка модели вида (1), если классические оценки ковариационных функций заменяются их робастными аналогами.

Ключевые слова: порядок модели, выделяющиеся изменения, робастность.

**СТРУКТУРНЫЙ СИНТЕЗ ПРОГРАММ
ОБРАБОТКИ ДАННЫХ****Юстинас ЛАУРИНСКАС, Гражина ТАУЧАЙТЕ**

Программы обработки данных сочетают вычисления с навигацией в базе данных. Методы структурного синтеза программ ориентированы на построение вычислительных программ, а методы синтеза отношений - на построение навигационных путей в реляционных базах данных. Программы представляются в виде композиций исходных программных модулей, а навигационные пути - в виде выражений реляционной алгебры над множеством базовых отношений. Предлагается подход к объединению методов структурного синтеза программ и синтеза отношений. В основе этого подхода лежит вычислительная модель (набор формул), описывающая как вычисления, так и навигационные пути. Приводится корректная и полная система правил вывода для класса формул, используемых в таких вычислительных моделях. Программы представляются в виде выражений "смешанной" алгебры над множеством базовых отношений: используются реляционные операторы, а также операторы, реализуемые исходными программными модулями.

Ключевые слова: структурный синтез программ, реляционные базы данных, синтез отношений, правила вывода.

ЭКСПЕРТНАЯ СИСТЕМА ДИАГНОСТИКИ ПОРАЖЕННЫХ ЖИЗНЕННЫХ МЕРИДИАНОВ

Ромас БАРОНАС, Римантас ВАЙЦЕКАУСКАС,
Вальдас ДИЧЮНАС, Станисловас НОРГЕЛА

В работе описывается структура, основные функции и принципы работы экспертной системы АКУ, которая является инструментом диагностики пораженных меридианов при лечении акупунктурой. Из многочисленных методов диагностики выбраны три наиболее часто используемые: общий опрос пациента, тест Редораку и тест Акабане. Каждый метод реализован в виде подсистемы. Указанные тесты основываются на измерении физических характеристик в отдельных точках тела пациента и интерпретации результатов измерения. Диагностика пораженных меридианов при выше указанных тестах хорошо поддается формализации. Наиболее сложной частью системы являясь диагностика по результатам общего опроса пациента. Это объясняется большим количеством признаков болезней (симптомов), а также нечетко выраженной связью между симптомами и энергетическим уровнем меридианов. Уточнение симптомов при работе с АКУ происходит как продвижение по дереву признаков путем опроса пациента. Связь между "элементарными признаками" и пораженными меридианами выражена продукционными правилами. Так как исходным данным присуща неточность и неопределенность, диагностическая подсистема общего опроса ставит в вероятностных терминах. Экспертная система реализована на языке Turbo Prolog для IBM PC.

Ключевые слова: акупунктура, клиническая диагностика, жизненные меридианы, экспертные системы.