

Разработка вычислительного сервера с удаленным доступом на примере комплекса программ по параметрической идентификации*

И.В. Бычков, А.С. Гаченко, А.А. Лемперт, Д.Е. Урбанович†

Аннотация. Приведено описание одного из подходов к созданию вычислительного сервера с удаленным доступом на примере программного комплекса, специализированного для определения параметров динамической модели.

Многие математические модели технических, эколого-экономических систем описываются в терминах обыкновенных дифференциальных уравнений, однако широкому применению динамических моделей зачастую мешает сложность определения ее коэффициентов. Возникает необходимость создания средств, позволяющих эффективно решать задачи параметрической идентификации, а также обеспечить удаленный доступ к этим средствам достаточно широкому кругу специалистов в предметных областях.

Постановка задачи. Пусть математическая модель управляемого объекта описывается системой

$$\frac{dx}{dt} = f(t, x(t), u(t), a) \quad (1)$$

на $T = [t_0, t_1]$, где $x(t) \in R^n$, $u(t) \in R^m$, $a \in R^r$ – вектор неизвестных параметров модели. Наблюдения за объектом ведутся на некоторых отрезках времени $T^i = [t_0^i, t_1^i] \subset T$, $i = \overline{1, p}$, на каждом из которых известна вектор-функция, описывающая математическую модель оператора измерений над объектом, заданы вектор начальных состояний, вектор значений оператора измерений на всем отрезке времени. Задача параметрической идентификации состоит в поиске коэффициентов модели такими, чтобы математическая модель описывала наилучшим образом поведение объекта, например в смысле минимума функционала отклонения полученных расчетных результатов от реально измеренных величин:

$$I(a) = \sum_{i=1}^p \left[(G^i(t_1^i, x^i(t_1), a) - \bar{G}^i)' \delta^i (G^i(t_1^i, x^i(t_1), a) - \bar{G}^i) + \int_{t_0^i}^{t_1^i} (g^i(t, x^i(t), u^i(t), a) - \bar{g}^i(t))' \beta^i(t) (g^i(t, x^i(t), u^i(t), a) - \bar{g}^i(t)) dt \right], \quad (2)$$

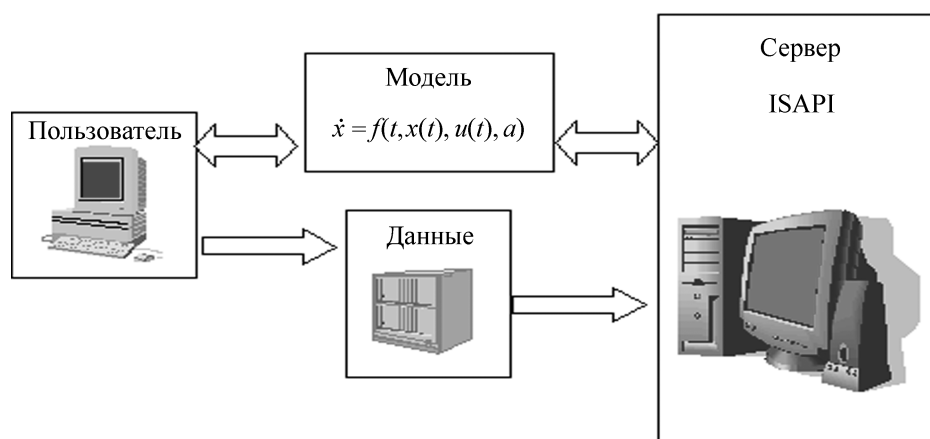
где $\beta^i(t)$ и δ^i – диагональные, положительно определенные матрицы.

*Работа поддержана грантом программы интеграционных фундаментальных исследований СО РАН № 2003-3 и грантами РГНФ 03-02-00105а и 04-02-00271а.

†Институт динамики систем и теории управления СО РАН.

Таким образом, задача параметрической идентификации сводится к задаче минимизации функции многих переменных со сложным вычислением целевой функции. Для ее решения использованы методы градиентного и Ньютоновского типа, описанные в [1], опирающиеся на решение задачи улучшения. Авторами предлагается программная система как один из возможных инструментов для автоматизации процесса вычисления коэффициентов динамической модели. Комплекс программ по параметрической идентификации реализован на языке Fortran, имеет модульную структуру и, наряду с вышеуказанными методами, включает методы наискорейшего спуска и сопряженных градиентов, а также метод Ю.Е. Нестерова [2], адаптированные для рассматриваемой задачи.

Интернет-технологии. В настоящий момент на основе описанной программной системы создано “клиент-серверное” Интернет-приложение, что позволяет проводить расчеты с любого места, обеспеченного доступом в Интернет. Модель обработки данных представлена на рисунке.



Пользователь работает с системой через интерфейс Web-сайта. Данные обрабатываются на серверной части: библиотека, установленная на сервере, отвечает за ввод начальных данных, а также обращается к компилятору Fortran, для получения результирующих данных. Компиляция проходит на сервере, используется компилятор Visual Fortran 5.0, так как сам расчетный модуль реализован именно в этой среде и более ранних версиях Fortran.

Этапы работы программного комплекса:

1. Ввод начальных данных: сначала вводятся размерности вектора состояния, управления и параметров, а также количество испытаний.
2. В зависимости от размерности динамически формируются формы ввода необходимой информации, содержащие поля для ввода матриц и векторов необходимой размерности.
3. Далее пользователем, при помощи сгенерированных форм, вводится модель системы, и операторы вычислений функции измерений на всем отрезке времени и в конце.

4. С использованием введенных данных, генерируется код подпрограммы описания задачи на Фортране, используемой для решения этой задачи.
5. Далее программа-решатель выдает результат.
6. Подготовленное пользователем описание задачи может быть получено в виде файлов различных форматов, предполагается, что эти форматы будут согласованы в дальнейшем со стандартами обмена подобной информации, а также с разработчиками различных распределенных вычислительных серверов. При отсутствии таких стандартов предполагается их выработать.

Данная технология позволяет в дальнейшем выработать механизм взаимодействия между разными вычислительными серверами, и пользователь будет иметь возможность обработки своих данных на любом из доступных вычислительных ресурсов.

Разрабатывается и другой вариант вычислительного сервера, ориентированный на широко распространенный класс линейных управляемых систем. Такая специализация позволяет проводить предварительный анализ результатов наблюдений с целью удаления выбросов, сглаживания временных рядов (если это необходимо) и т.д. Подобная технология для статических моделей описана в [3]. Учитывая, что структура модели определена, для использования приближенных методов решения задачи идентификации некоторые вспомогательные конструкции (например, производные) можно выписать аналитически, что повышает точность и ускоряет решение задачи. Кроме того, для определения некоторых коэффициентов можно использовать специальные формулы, см., например [4]. С точки зрения организации работы данного сервера, работа также упрощается, поскольку отпадает необходимость формировать и транслировать Фортран-программу.

Список литературы

- [1] Батурин В.А., Урбанович Д.Е. Приближенные методы оптимального управления, основанные на принципе расширения. – Новосибирск: Наука, 1997. – 175 с.
- [2] Нестеров Ю.Е. Метод решения задачи выпуклого программирования со скоростью сходимости $O\left(\frac{1}{k^2}\right)$ // Докл. АН СССР. – 1983. – Т. 269, № 3. – С. 543–547.
- [3] Румшиский Л.З. Математическая обработка результатов эксперимента. – М.: Наука, 1971. – 191 с.
- [4] Батурин В.А., Урбанович Д.Е. Технология идентификации модели динамики здоровья населения под действием антропогенных факторов // Вычислительные технологии. – 2002. – Т. 7, № 4. – С. 325–330.