

мощью дифференциально-алгебраических систем с последствием, приводит к ряду задач качественной теории управления: построению аналитических решений, задачам относительной управляемости, точечной управляемости систем и др.

*О.Г. Пташинский, ассистент  
БГЭУ (Минск)*

## МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ КЛИЕНТ/СЕРВЕР

В работе приводится математическая модель, описывающая процессы взаимодействия в системе клиент/сервер, а также дается инструментарий для исследования таких систем. Предлагаемый подход позволяет исследовать сложные системы, такие, например, как системы обслуживания в банках, взаимодействия с Web-серверами в системах дистанционного обучения, документооборота и ряд других систем.

Рассмотрим процесс взаимодействия в системе клиент/сервер с точки зрения функционирования двух основных подсистем (клиента и сервера). Эти две системы в любой момент времени  $t$  могут находиться в одном из своих состояний  $X_0, X_1, \dots, X_n$ . Таким образом, каждая из подсистем, как клиента, так и сервера, характеризуются векторами внутреннего состояния подсистемы  $X_i, X_j$ , т.е. количеством необработанных запросов в подсистемах  $i$  и  $j$  соответственно. Взаимодействие подсистем характеризуется векторами интенсивности перехода системы из состояния  $j$  в состояние  $i$  —  $W_{ji}$  и интенсивности перехода системы из состояния  $i$  (реакции сервера на запросы клиента) в состояние  $j$  —  $R_{ij}$  соответственно.

Процесс выполнения запроса  $k$ -го вида от  $j$ -й подсистемы к  $i$ -й можно описать системой дифференциальных уравнений (1):

$$\begin{aligned} \dot{x}_j^k &= -W_j^k(x_j, T_j, n_j)x_j^k + R_{ij}^k(x_i, T_i, n_i)x_i^k + \xi_j, \\ \dot{x}_i^k &= -R_{ij}^k(x_i, T_i, n_i)x_i^k + W_j^k(x_j, T_j, n_j)x_j^k + \xi_i, \end{aligned} \quad (1)$$

где  $x_j^k, x_i^k$  — количество запросов  $k$ -го вида в  $j$ -й и  $i$ -й подсистемах соответственно,  $i = 1, \dots, N_i, j = 1, \dots, N_j, k = 1, \dots, n$ ;  $x_j, x_i$  — вектор размерности  $n$  количества запросов в  $j$ -й и  $i$ -й подсистемах соответственно,  $i = 1, \dots, N_i, j = 1, \dots, N_j$ ;  $W_j^k(x_j, T_j, n_j), R_{ij}^k(x_i, T_i, n_i)$  — интенсивности перехода системы из состояния  $j$  в состояние  $i$  и из состояния  $i$  (реакции сервера на запросы клиента) в состояние  $j$  соответственно;  $T_j, T_i$  — вектор размерности  $n$  времени, необходимого на обработку запросов  $x_j, x_i$  соответственно;  $\xi_j, \xi_i$  — интенсивности запросов к подсистемам  $j$  и  $i$  соответственно;  $n_j, n_i$  — вектор размерности  $n$  характеризующие параллелизм процесса обработки запросов  $x_j, x_i$  соответственно;  $N_j, N_i$  — количество подсистем  $j$ -го и  $i$ -го видов;  $n$  — количество видов запросов в системе.

Представленная математическая модель позволяет провести исследование процессов, происходящих в системах клиент/сервер, проана-

лизировать такие факторы, как время реакции сервера на запрос клиента, количество необработанных запросов в системе в силу недостаточной производительности сервера и ряд других, построить модель управления, позволяющую достичь поставленных целей.

На основании уравнений (1) в среде пакета MatLab была создана модель сервера, которая позволяет графически строить сколь угодно сложные схемы взаимодействия клиентов и серверов, не прибегая к использованию систем дифференциальных уравнений (1), что значительно упрощает процесс анализа систем клиент/сервер.

*Р.А. Рутковский, канд. техн. наук, доцент  
БГЭУ (Минск)*

## **ОПТИМИЗАЦИЯ В АГЕНТНЫХ СИСТЕМАХ**

Привлекательными сторонами агентного моделирования экономики являются простота алгоритма модели и прямое отображение стратегий агентов. Разработаны подходы к определению множества агентов и моделированию их поведения для решения разнообразных задач как микроэкономики, так и макроэкономики.

Моделирование поведения агентов включает хорошо разработанные методы исследования операций и теории принятия решений. В этом смысле происходит объединение множества экономических теорий в единый подход формирования стратегий достижения целей на уровне неопределенно большого числа агентов. Дополнительным фактором эффективности подобных систем распределенного интеллекта является отображение взаимодействия множества стратегий. Происходит суммирование интеллекта локальных агентов в общий интеллект системы. Повышение эффективности объясняется проявлением действия закона централизации управления. Целесообразность стратегии агента на локальном уровне переводится на более высокий, системный уровень.

Это особенно очевидно на примере управления запасами. Многие сотни моделей, разработанных для различных условий управления запасами, естественным образом суммируются в единую теорию адаптивного поведения множества агентов в управлении локальными запасами. При этом важным новым элементом модели является системный характер анализа эффективности поведения каждого агента.

В моделях распределенного интеллекта недостаточное внимание, на наш взгляд, уделяется вопросам решения оптимизационных задач. Впервые, когда понятие агентного моделирования еще не было сформулировано, указание на оптимизационный потенциал систем коллективного поведения встречается в работах Ланкастера в связи с определением сбалансированных цен при достаточно длительной работе экономики в неизменных условиях. Сбалансированные цены являются также оптимальными.