

МОДЕЛИРОВАНИЕ И АНАЛИЗ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ  
НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

УДК 621.39.08

Б.Я.Советов, В.А.Галанина, В.Д.Лосев

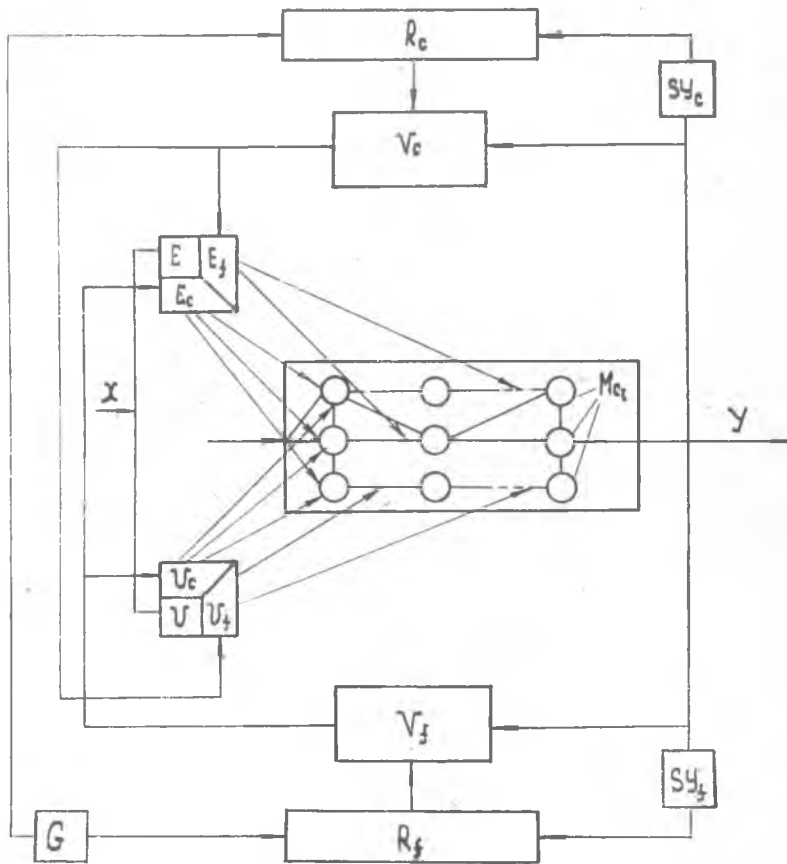
СТРУКТУРНАЯ ДЕКОМПОЗИЦИЯ МОДЕЛЕЙ  
ПРИ АВТОМАТИЗАЦИИ ИССЛЕДОВАНИЙ  
БОЛЬШИХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

(г.Ленинград)

Мощным средством, позволяющим на стадии эскизного проектирования оценить ожидаемую эффективность функционирования системы, является имитационное моделирование. В большинстве случаев модель используется для оценки эффективности работы системы в заданном функциональном и структурном базисе, который считается постоянным в процессе моделирования. Это приводит к многократному поэтапному прогону моделей для выбора оптимальных и близких к оптимальным режимов. При этом информация с модели используется только в пределах интересующих исследователя целевых функций. Автоматизация может быть достигнута как в плане управления имитационным экспериментом [1], так и в плане совершенствования или формирования эволюционных свойств модели. Одним из путей решения данной проблемы следует считать возможность организации процессов адаптации модели по параметрам и структуре к заданной целевой функции с использованием информации о результатах моделирования.

В общем случае, согласно общей теории систем [2], под моделью системы понимается множество  $S_M \subset X \times Y$ , где  $X$  - множество входных параметров,  $Y$  - множество выходных параметров. Если множество  $X$  рассматривать как объединение множества входных управляемых параметров  $U$  и входных неуправляемых параметров  $E$  и ввести в рассмотрение комплексную целевую функцию  $G$ , то можно записать  $G: E \times U \times Y$ , где  $E$  - множество показателей эффективности.

Модель с элементами функциональной и структурной адаптации (рис.1) содержит функциональный и структурный базис, определяемый множеством  $M = \{M_c, M_s\}$ . Под  $M_c$  следует понимать множество структур,



Р и с. 1. Схема модели с элементами функциональной и структурной адаптации

соответствующих узлам и элементам системы. Физически каждая такая структура реализуется набором подпрограмм, имитирующих работу то или иного блока системы. Множество  $M_f$  – множество связей между элементами множества  $M_c$ , участвующих в соединении на заданной топологии базиса. На рисунке базис модели задан в виде решетки, столбцы представляет собой набор структур  $M_c \in M_c$  одного и того

же функционального назначения, а строки с выбранной сигнатурой решетки организуют тракты преобразования информации по узлам системы. Связи между узлами решетки определяют подмножество  $\hat{M}_f \subset M_f$  и устанавливаются в соответствии с задачами исследования. Аналогичный подход может быть применен к описанию множеств входных параметров  $E$  и  $U$ , т.е.  $E = \{E_c, E_f\}$ , где  $E_c$  - множество неуправляемых параметров, характеризующих структуры источников возмущений, а  $E_f$  - множество неуправляемых параметров применительно к связям между структурами источников возмущений. Также  $U = \{U_f, U_c\}$ .

Целевая функция  $G$  реализуется в модели в виде параметра оптимизации и набора ограничений  $G \rightarrow R$ , где  $R$  - множество ограничений (риск системы). Выходное множество  $Y$  соответствует заданной целевой функции. Множество  $SU$  представляет собой множество оценок всех параметров  $U$  в зависимости от набора текущих структур  $SU_c$  и функциональных связей  $SU_f$ . Оценка  $SU$  совместно со значением  $U$  и ограничениями  $R$  определяет невязку параметров либо заданной топологии модели и дает информацию для коррекции базиса модели в реальном времени.

Декомпозиция модели распадается на ряд этапов. На первом этапе декомпозиция проводится с целью оценки эффективности систем в заданной исследователем топологии модели. Модель работает в разомкнутой структуре. Этот этап формализуется как  $\exists((e_c, u_c) \in E_c \times U_c) \exists(e_f, u_f) \in E_f \times U_f \exists \hat{M}_c \subset M_c \exists \hat{M}_f \subset M_f \rightarrow \forall y \in Y \subset Y^f [Q, \hat{g}(y) \leq g^f(y)]$ , т.е. существует пара элементов множества  $E$  и  $U$  при заданной топологии модели, для которых все значения  $Y$  и целевой функции  $g(y)$  удовлетворяют заданным границам  $Y^f, g^f(y)$  в случае истинности предиката  $Q$ .

Ложность предиката  $Q$  свидетельствует о необходимости корректирования множества  $U_c$ , т.е.

$$\exists((e_c, u_c) \in E_c \times U_c) \exists(e_f, u_f) \in E_f \times U_f \exists \hat{M}_c \subset M_c \exists \hat{M}_f \subset M_f \rightarrow \rightarrow \forall(y \in Y \subset Y^f) \exists(sy_s \in SY_s) \exists(v_f \in V_f) [Q, \hat{g}(y) \leq g^f(y)],$$

если  $Q = 0$ , то корректируется множество  $U_c$ :

$$\exists((e_c, \hat{u}_c) \in E_c \times U_c) \exists(e_f, u_f) \in E_f \times U_f \exists \hat{M}_c \subset M_c \exists \hat{M}_f \subset M_f \rightarrow \rightarrow \forall(y \in Y \subset Y^f) \exists(sy_f \in SY_f) \exists(\tilde{v}_f \in V_f) [Q, \hat{g}(y) \leq g(y)].$$

В случае, если коррекция не дала результата и  $Q = 0$ , необходимо ввести коррекцию структуры базиса:

$$\exists((\hat{e}_c, \hat{u}_c) \in E_c \times U_c) \exists((\hat{e}_f, \hat{u}_f) \in E_f \times U_f) \exists \tilde{M}_c \subset M_c \exists \tilde{M}_f \subset M_f \rightarrow \\ \rightarrow \forall(y \in Y \subset Y^f) \exists(sy_f \in SY_f) \exists[\tilde{v}_f \in V_f] [Q, \hat{q}(y) \leq q^f(y)].$$

Первый этап заканчивается в случае получения истинности предиката  $Q$ , что выражается соблюдением отношений упорядоченности на множествах  $y$  и  $q(y)$ .

Второй этап декомпозиции предназначен для сочетания процессов исследования эффективности функционирования системы на модели с оценкой статистических характеристик параметров модели, т.е. модель "сама себя изучает", проводя факторный и дисперсионный анализы, например, оценка момента наступления установившегося режима по дисперсии выходных результатов. Этот режим характеризуется организацией функциональной адаптации, при которой модель автоматически на основе анализа характеристик параметра оптимизации от внутренних параметров базиса управляет заданием множеств входных воздействий при выполнении ограничений на риск:

$$\exists((\hat{e}_c, \hat{u}_c) \in E_c \times U_c) \exists(\hat{e}_f, \hat{u}_f) \in E_f \times U_f \exists \tilde{M}_c \subset M_c \exists \tilde{M}_f \subset M_f \rightarrow$$

$$\rightarrow \forall(y \in Y \subset Y^f) \infty [\hat{q}(y) \leq q^f(y)] \exists(sy_f \in SY_f) \exists[\tilde{v}_f \in V_f]$$

$$[B, sg_f(y) \leq sg_f^f(y) \& sy_f : y \rightarrow R_f],$$

где  $B$  - предикат истинности установившегося режима,  $B = 1$ , если  $sg_f(y) = sg_f^f(y) \& sy_f : y \rightarrow R_f$ .

На третьем этапе декомпозиции формируются множества, характеризующие функциональную и структурную управляемость модели на основе адаптивных алгоритмов. Производится коррекция топологии базиса. Формальная запись управления на данном этапе имеет вид

$$\exists((\tilde{e}_c, \tilde{u}_c) \in E_c \times U_c) \exists(\tilde{e}_f, \tilde{u}_f) \in E_f \times U_f \exists(\tilde{M}_c \subset M_c) \exists(\tilde{M}_f \subset M_f) \rightarrow$$

$$\rightarrow \forall(y \in Y \subset Y^f) \infty [\hat{q}(y) \leq q^f(y)] (sy_f \in SY_f)$$

$$\exists(sy_c \in SY_c) \exists[\tilde{v}_f \in V_f] \exists(\tilde{v}_c \in V_c) \exists(M_{cf} \subset \tilde{M}_c)$$

$$[C, sg(y) \leq sg^f(y) \& sy : y \rightarrow R].$$

В результате получается новая топология базиса, характеризующаяся множеством  $\tilde{M}_c$  и  $\tilde{M}_f$ , отличающихся от  $\hat{M}_f$  и  $\hat{M}_c$  введением

дополнительного множества  $M_{ср}$  структур и множества связей  $M_{св}$ . В этом случае в результате структурной адаптации устойчивость работы моделей обеспечивается фиксированным множеством  $V_p$ , постоянным при дальнейшей работе модели.

Таким образом, каждый этап декомпозиции характеризуется своим типом управления, что в конечном счете приводит к автоматизированной процедуре синтеза модели в заданном параметрическом базисе и не известном априорно структурном базисе.

### Л и т е р а т у р а

1. Автоматизированные системы управления экспериментом /Под ред. Б.Я.Советова.-Л.:ЛЭТИ, 1980. - 84 с.
2. М е с а р о в и ч М., М а к о м., Т а к а х а р а И. Теория многоуровневых иерархических систем.-М.:Мир, 1973. - 344 с.