УДК 519.713
А. П. БОНДАРЧУК, канд. техн. наук, доцент;
О. В. СЕНКОВ, аспирант;
О. В. ПОЛОНЕВИЧ, канд. техн. наук, доцент,
Государственный университет телекоммуникаций, Киев

МЕТОДЫ УПРОЩЕНИЯ МОДЕЛЕЙ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

Рассмотрены методы упрощения математических моделей интеллектуальных информационных систем и проведено преобразование системы с распределенными параметрами на многомерную линейную систему с сосредоточенными параметрами.

Ключевые слова: математические модели; структура; упрощения; макромодель; сложные системы; многомерная линейная система.

Введение

Современные информационные системы, как правило, строятся на основе математических моделей управляемых процессов. Однако даже для наиболее простых объектов системы с распределенными параметрами описываются точными математическими моделями достаточно сложного вида. А процессы функционирования интеллектуальных информационных систем сложны настолько, что возникает необходимость упрощения их математических моделей.

Основная часть

Самыми распространенными являются следующие методы упрощения моделей:

• декомпозиция (разделение сложной системы на ряд более простых подсистем);

• метод макромоделирования (выделение существенных свойств и воздействий, а также учет прочих (несущественных или неучтенных) в параметрической форме);

• линеаризация нелинейных процессов в некоторой области изменения переменных общепринятым методом малых отклонений;

• приведение систем с распределенными параметрами к системам с сосредоточенными параметрами;

• пренебрежение динамическими свойствами процессов.

Повышенная детализация описания информационной системы позволяет получить более точную ее модель, но усложняет процесс моделирования и ведет к росту затрат времени на его проведение. Например, если моделируется дискретная система, то увеличение детальности ее описания означает увеличение числа различных состояний системы, учитываемых в модели, и, как следствие — неизбежный рост объема вычислений.

Рассмотрим некоторые из перечисленных методов упрощения моделей несколько подробнее.

В общем случае конечной целью ***декомпозиции*** является разбиение пространства переменных $\{y_1,y_2,...,y_q,x_1,x_2,...,x_q,v_1,v_2,...,v_q,f_1,f_2,...,f_q\}$ на q подпространств меньших размерностей, в которых учитывается только связь данного выхода y_i с соответствующими переменными. Здесь $\vec{V} = \{v_1,v_2,v_r\}$, $\vec{F} = \{f_1,f_2,...,f_s\}$ — множество соответственно наблюдаемых и ненаблюдаемых (т. е. неконтролируемых) возмущений.

Если любой выход имеет связь с остальными выходами, то декомпозиция практически невозможна.

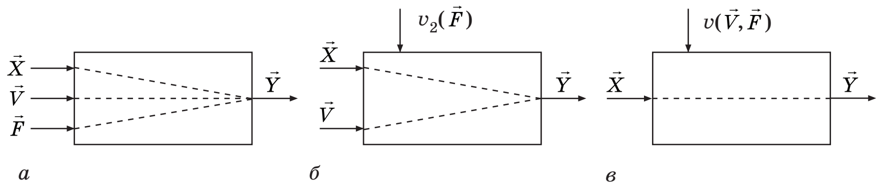
При использовании ***метода макромоделирования*** в исходном пространстве переменных оставляются (т. е. учитываются) только те из них, которые влияют на выходные переменные наиболее сильно. Остальные неучтенные воздействия могут быть учтены в параметрической форме путем изменения коэффициентов при учтенных переменных (в случае мультипликативных воздействий) либо путем введения свободных членов (для аддитивных воздействий).

При построении упрощенных моделей с учетом только существенных воздействий широко используется ***метод адаптивной модели***, т. е. модели, коэффициенты которой подстраиваются таким образом, чтобы некоторая мера расхождения (невязка) выходов модели и объекта принимала допустимые (минимальные) значения. Для этого используют критерии минимизации невязок. Те переменные, которые стабилизируются и не приводят к изменению выходных переменных, в модели не отражаются.

Структура упрощенной модели, называемой макромоделью, может быть ***трехканальной*** с каналом управления $\vec{X}$ и каналами контролируемых $\vec{V}$ и неконтролируемых $\vec{F}$ воздействий, ***двухканальной*** и ***одноканальной*** (см. рисунок, изображение соответственно *а*, *б*, *в*). Учет «типизированных» возмущений $v_2(\vec{F})$ и $v(\vec{V},\vec{F})$ в двух- и одноканальных моделях, отражающих влияние воздействий $\vec{V}$ и $\vec{F}$, осуществляется параметрически за счет подстройки коэффициентов оставшихся каналов. Например, если для r-й ($r=\overline{1,q}$) выходной переменной y_r модель имеет вид

$$\varphi_r(y_1,y_2,...,y_q,x_1,x_2,...,x_p, \\ v_1,v_2,...,v_r,f_1,f_2,...,f_s)=0, \quad (1)$$

то при построении ***трехканальной макромодели*** $\varphi_{r3}(y_1,y_2,...,y_{q3},x_1,x_2,...,x_{p3},v_1,v_2,...,v_{r3},f_1,f_2,...,f_{s3})=0$. При этом стремятся, чтобы выполнялись неравенства $q_3<q$, $p_3<p$, $r_3<r$, $s_3<s$, свидетельствующие о сокращении числа переменных в макромодели.



Структура упрощенной модели

Двухканальная макромодель имеет вид

$$\varphi_{r2}(y_1,y_2,...,y_{q2},x_1,x_2,...,x_{p2},v_1,v_2,...,v_{r2},t)=0$$

в случае мультипликативного воздействия (t — параметр) и

$$\varphi_{r2}(y_1,y_2,...,y_{q2},x_1,x_2,...,x_{p2},v_1,v_2,...,v_{r2},w_1,w_2,...,w_{n2})=0$$

в случае адекватных возможностей (с учетом неконтролируемых $\vec{F}$ возмущений). Здесь $w_1,w_2,...,w_{n2}$ — некоторые свободные члены, введенные в модель с целью учета влияния воздействия $\vec{F}$ в форме возмущения $w_3(\vec{F})$.

Аналогично строится и ***одноканальная макромодель***

$$\varphi_{r1}(y_1,y_2,...,y_{q1},x_1,x_2,...,x_{p1},t)=0$$

или

$$\varphi_{r1}(y_1,y_2,...,y_{q2},x_1,x_2,...,x_{p1},w_1,w_2,...,w_{n1})=0,$$

где $w_1,w_2,...,w_{n1}$ — свободные члены, учитывающие влияние воздействий $\vec{V}$ и $\vec{F}$ в форме возмущения $w_1(\vec{V},\vec{F})$.

Располагая исходной полной моделью вида (1), можно оценить степень влияния на выходную переменную y_r того или иного воздействия, вычислив производные y_r, т. е. $\frac{\partial y_r}{\partial x_j},\frac{\partial y_r}{\partial v_i},\frac{\partial y_r}{\partial f_e}$.

Для этого необходимо только, чтобы переменная y_r в явной форме определялась из (1). По значению производной можно судить о том, какое влияние оказывает изменение данной переменной на процесс функционирования сложной системы.

В исходном процессе характеристики состояния могут зависеть не только от *времени*, но и от *пространственной координаты*. Из ***множества объектов с распределенными параметрами можно выделить объекты, параметры которых приводимы к сосредоточенным***. Это такие объекты, для которых достаточно знать значения входных и выходных переменных в конечном числе фиксированных точек пространства. Например, линейные объекты с распределенными параметрами структурно могут быть представлены в виде многомерного линейного объекта с сосредоточенными параметрами.

Для создания модели информационной системы нужно стремиться, чтобы в модель вошли все параметры, обеспечивающие определение важных для исследователя характеристик системы в заданный период ее функционирования, а остальные параметры, по возможности, следует исключить.

Пусть дан линейный объект, у которого входная $x(t,\lambda)$ и выходная $y(t,l)$ переменные являются функциями времени и пространственной координаты. Тогда для общего случая распределенных параметров реакция объекта на входное воздействие описывается выражением

$$y(t,l)=\int\int_0^{\infty} x(\tau,\lambda)Y(\tau,t,\lambda)d\lambda\, d\tau, \quad (2)$$

где Y — функция Грина, которая определена при некоторых заданных краевых условиях; Q — область определения пространственной координаты. Считаем, что линейная система приводима к системе с сосредоточенными параметрами. Тогда можно определить значения входной и выходной переменных в конечном числе точек $\lambda_r\left(r=\overline{1,p}\right)$, $l_i\left(i=\overline{1,q}\right)$, преобразовав (2) к виду

$$y(t,l_i)=\sum_{R=1}^{P}\int_0^{\infty} x(\tau,\lambda_R)Y(t,\tau,\lambda_r,l_i)d\tau. \quad (3)$$

Введем в (3) обозначения:
$y(t,l_i) = y_i(t)$ — функция времени в i-й точке пространства;
$x(\tau,\lambda_r) = x_r(\tau)$; $Y(t,\tau,\lambda_r,l_i) = g_{ri}(\tau,t)$ — импульсная переходная функция или функция веса.
Тогда (3) преобразуется к виду

$$y_i(t)=\sum_{R=1}^{P}\int_{0}^{\infty}x_r(\tau)g_{ri}(\tau,t)d\tau \ \left(i=\overline{1,q}\right). \quad (4)$$

Итак, система с распределенными параметрами преобразована в многомерную линейную систему с сосредоточенными параметрами с p входами и q выходами. Систему интегральных выражений (3) можно рассматривать как динамическую систему, осуществляющую некоторое преобразование входных сигналов в выходные.

Следует отметить, что использование методов упрощения моделей может привести к ошибкам в вычислениях. И все же упрощение обеспечивает наиболее рациональное взаимодействие всех исследуемых систем.

Выводы

Структура информационных систем представляет собой сочетание различных программных и аппаратных средств, хранилищ и сетевых устройств, а упрощение модели таких систем поможет повысить эффективность их проектирования и упростить все процессы самой системы. Функциональная модель существенно зависит от контекста конкретного ИТ-проекта и может быть представлена с помощью достаточно широкого спектра требований, от которых зависит тип моделей.

Список использованной литературы

1. ***Мышкис, А. Д.*** *Элементы теории математических моделей.— 3-е изд., испр. / А. Д. Мышкис.— М.: КомКнига, 2007.— 192 с.*
2. ***Молчанов, А. А.*** *Моделирование и проектирование сложных систем: учеб. пособие для вузов / А. А. Молчанов.— К.: Высш. шк., 1988.— 359 с.*
3. ***Chiang, C. L.*** *Statistical methods of analysis / C. L. Chiang // World Scientific.— 2003.— Section 9.7.4 «Interpolation».— P. 274.*
4. ***Введение*** *в математическое моделирование: учеб. пособие; под ред. П. В. Трусова.— М.: Логос, 2005.— 440 с.*
5. ***Строгалев, В. П.*** *Имитационное моделирование / В. П. Строгалев, И. О. Толкачева.— МГТУ им. Баумана, 2008.*
6. ***Шелухин, О. И.*** *Моделирование информационных систем / О. И. Шелухин, А. М. Тенякшев, А. В. Осин.— Сайнс-Пресс, 2005.*

Рецензент: доктор техн. наук, профессор **Л. Н. Беркман**, Государственный университет телекоммуникаций, Киев.

А. П. Бондарчук, О. В. Сенков, О. В. Полоневич

МЕТОДИ СПРОЩЕННЯ МОДЕЛЕЙ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ

Розглянуто методи спрощення математичних моделей інтелектуальних інформаційних систем і виконано перетворення системи з розподіленими параметрами на багатовимірну лінійну систему із зосередженими параметрами.

Ключові слова: математичні моделі; структура; спрощення; макромодель; складні системи; багатовимірна лінійна система.

A. P. Bondarchuk, O. V. Senkov, O. V. Polonevych

METHODS SIMPLIFICATION OF MODELS IN INFORMATION SYSTEMS

In the article methods of simplification of mathematical models of intellectual information systems are considered and the system with distributed parameters is transformed into multidimensional linear system with lumped parameters.

Keywords: mathematical models; structure; simplification; macromodel; complex systems; multidimensional linear system.