

НАУЧНЫЕ ЗАМЕТКИ

К. Г. АБРАМЯН, С. А. АКОПЯН

НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ ПОСТРОЕНИЯ АДАПТИВНОЙ МОДЕЛИ
ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПРОЦЕССА

Настоящая работа посвящена рассмотрению некоторых вопросов, касающихся систем предвидения. Системы автоматического предвидения осуществляют управление процессом, на основе описывающих его уравнений, т. е. по предварительно построенной математической модели процесса, отражающей существующие зависимости между входными и выходными переменными. Адекватность модели и процесса устанавливается на основе экспериментального исследования характеристик объекта, по результатам которого имеющиеся отклонения параметров могут быть скорректированы. Полученная таким образом модель может быть использована для оптимизации процесса. Один из способов построения моделей производственных процессов основан на использовании физико-химических особенностей рассматриваемого процесса. В этом случае модель описывается системой дифференциальных уравнений, полученных исходя из условий материального и теплового баланса. Однако часто отсутствие необходимых сведений о механизме исследуемого процесса ограничивает возможности использования физико-химических моделей. Уточнение параметров этих моделей требует знания численных значений ряда физических и химических величин, которые не всегда могут быть измерены. Кроме того, применение физико-химических моделей невозможно в тех случаях, когда на процесс действуют неконтролируемые внешние возмущения, влияние которых существенно изменяет его характеристики.

Математическое описание процесса может быть также получено на основе статистического исследования объекта. Это достигается путем обработки большого количества экспериментальных данных, характеризующих зависимости между входными и выходными величинами.

В достаточно узкой области изменения входных параметров процесса зависимость между выходной и входными величинами может быть принята в линейной форме:

$$z_k = \sum_{i=1}^n a_{ki} x_i + c_k, \quad k = 1, 2, \dots \quad (1)$$

Для определения значений коэффициентов a_{ki} и c_k воспользуемся каким-либо критерием, который позволяет оценить величину расхож-

лений между действительным и модельным значениями z_k рассматриваемого процесса. В качестве такого критерия может быть применен метод наименьших квадратов. На основании этого метода [1]:

$$\sum_{i=1}^N (z_{ki} - \hat{z}_{ki})^2 = \sum_{i=1}^N (z_{ki} - \sum_{j=1}^n a_{kj} \cdot x_i - c_k)^2 = \min, \quad (2)$$

где z_{ki} — измеренные значения; N — число измерений.

Путем дифференцирования выражения (2) и решения соответствующей системы уравнений определяются искомые коэффициенты a_{ki} и c_k .

Недостаток статистических моделей с постоянными коэффициентами состоит в том, что их применение ограничивается узкой областью изменения параметра процесса, в которой является правомерным допущение о линейности модели. Применение моделей с постоянными коэффициентами не эффективно также в тех случаях, когда характеристики процесса изменяются под влиянием внешних неконтролируемых возмущений.

Отмеченных недостатков лишены статистические модели с переменными коэффициентами, которые обладают свойством приспосабливаться к изменяющимся условиям технологических агрегатов. Особенность этих моделей, называемых адаптивными, состоит в том, что их коэффициенты вычисляются (подправляются) после каждого очередного измерения выходной величины [2].

Приспособление адаптивных моделей к влиянию неконтролируемых внешних возмущений достигается путем введения вероятностной оценки полученных данных. Один из простейших способов такой оценки сводится к тому, что определенное число α новых измерений учитывается с вероятностью 1, а другие более ранние измерения с вероятностью 0. Это достигается с помощью так называемого канала обучения, в котором вновь полученная информация накапливается, а предыдущая стирается.

Приспособляемость модели в существенной степени зависит от целесообразного выбора величины α , называемой параметром адаптивности. При больших значениях α свойства адаптивной модели приближаются к модели с постоянными коэффициентами и способность к приспособлению к неконтролируемым возмущениям уменьшается. Малые значения α не обеспечивают достаточной статистической достоверности модели и при этом возрастает вероятность получения ложных пробных шагов.

В качестве критерия для приспособляемости модели может быть принята величина отклонения модели от процесса, вычисляемая по формуле:

$$\sigma_k^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (s_{ki} - \hat{z}_{ki})^2}{\alpha - 1}$$

Зависимость отклонения модели от параметра α имеет вид кривой, представленной на рис. 1. Очевидно, оптимальное значение α_{opt} для разных процессов будет различно, так как оно зависит от параметров объекта, а именно, количества входных и выходных переменных, стационарности или нестационарности их, от характера колеблющихся возмущений.

Блок-схема системы автоматического управления с адаптивной моделью приведена на рис. 2. УВМ при управлении объектом после каждого очередного замера входных и выходных величин выполняет

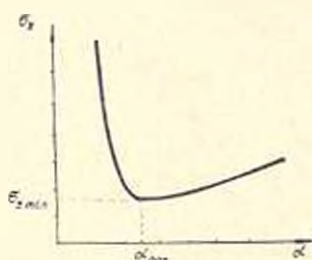


Рис. 1. Зависимость между величиной отклонения модели от процесса и параметром адаптивности.

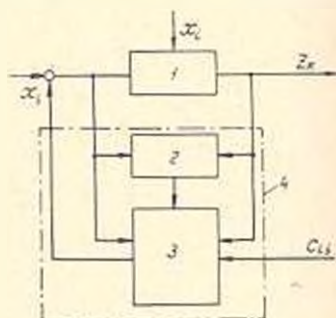


Рис. 2. 1—объект, 2—устройство подправки коэффициентов, 3—адаптивная модель, 4—УВМ.

две основные функции: находит оптимальные управляющие воздействия x_k^* ; подправляет коэффициенты адаптивной модели по накопленной в результате последних α замеров статистике. Рассмотрим более подробно процесс подправки коэффициентов адаптивной модели. В накопителе УВМ всегда хранятся последние α_{opt} замеров, так как при последующем ($\alpha_{opt} + 1$) замере информация заново минимизируется в накопителе, а информация о первом замере стирается. По результатам α_{opt} замеров определяются средние значения входных ($\bar{X}_i$) и выходных ($\bar{z}_k$) величин, а также средние значения отклонений измеренных выходных величин от модельных ($\Delta \bar{z}_k = \bar{z}_k - \bar{z}_k^*$). При $\Delta \bar{z}_k > \delta$ (δ — допустимый предел отклонений модели от процесса). Такая корреляция коэффициентов должна быть проведена

$$a_{ki} = a_{ki} + \delta_i.$$

чтобы отклонение стало равным нулю, т. е.

$$\Delta \bar{z}_{v1} = \bar{z}_k - \sum_{i=1}^n (a_{ki} + \delta_i) \bar{x}_i = 0$$

или

$$\bar{z}_k - \bar{z}_k^* = \sum_{i=1}^n \delta_i \bar{x}_i. \quad (4)$$

Выражение (4) представляет собой скалярное произведение векторов

$$\vec{\Delta} = \begin{bmatrix} \delta_1 \\ \delta_2 \\ \vdots \\ \delta_n \end{bmatrix} \text{ и } \vec{x} = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_n \end{bmatrix}.$$

Для определенности положим, что векторы $\vec{\Delta}$ и $\vec{x}$ коллинеарны. Тогда соответствующие проекции этих векторов относятся как их модули, т. е.

$$\frac{|\vec{x}|}{|\vec{\Delta}|} = \frac{x}{\delta_1} = \dots = \frac{x_n}{\delta_n} = R,$$

при этом

$$R\vec{\Delta} = \frac{1}{\Delta z_k} \sum_{i=1}^n x_i.$$

Тогда коррекция i -го коэффициента определится так

$$\delta_i = \frac{x_i}{R} = \Delta z_k \frac{x_i}{\sum_{i=1}^n x_i}.$$

При этом знак коррекции должен удовлетворять следующему условию:

$$\text{sgn } \delta_i = \text{sgn } \Delta z_k \text{sgn } x_i.$$

В действительности векторы $\vec{\Delta}$ и $\vec{x}$ могут в общем случае быть не параллельными, поэтому полученные коррекции коэффициентов несколько занижены. Для точной коррекции необходимо провести повторные корректировки до тех пор, пока $\Delta z_k < \varepsilon$.

Брянский политехнический институт
им. К. Маркса

Поступило 1.11.1968

ЛИТЕРАТУРА

1. Лукомский Я. И. Теория коррекций и ее применение к анализу производства М., 1958.
2. Kapfer E. Inkrementmodell ein Verfahren zur Optimierung technischer Prozesse Regelungstechnik 1967, 15

Л. Г. КУЛОЯН, З. А. МЕЛИКЯН

ОБ УЧЕТЕ ВНУТРЕННИХ ТЕПЛОВЫДЕЛЕНИЙ И НОРМАХ ХЛАДОПОТРЕБЛЕНИЯ

Укрупненные расчеты перспективных нагрузок тепло- и холодопотребления для коммунально-бытовых нужд производятся по наружным объемам здания. В этих расчетах внутренние тепловыделения не