$$\mathcal{K} = (x_2^{*(j)} - x_2^{+(j-1)}) / (x_1^{*(j)} - x_1^{*(j-1)}), \qquad (10)$$

где Δx_1 - величина, определяющая число точек искомой границы. В процессе вычислений величина $\mathcal{K}$ ограничивается сверху. Условием окончания процесса определения границы области, внутри которой выполняется условие (I), является обеспечение заданной близости координат текущей точки к координатам первой точки. Рассмотренный подход может быть применен для пространственного случая.

Литература

I. Демидович Б.П., Марон И.А. Основы вычислительной математики. Изд. 4-е. М., "Наука", 1970, 664 с.

А.И. Павлюк

К РАСЧЕТУ ХАРАКТЕРИСТИК ИНФОРМАЦИОННЫХ ПОТОКОВ ОБЪЕКТОВ АВТОМАТИЗАЦИИ

(Куйбышев)

Эффективность проектирования автоматизированных систем научных исследований (АСНИ) во многом зависит от использования априорных сведений об исследуемом объекте и оборудовании для производства испытаний (системе объект-оборудование).

Весьма важным как для целей моделирования АСНИ, так и для выработки дисциплин обработки опытных данных представляется нахождение характеристик информационных потоков объектов автоматизации, поступающих на обрабатывающую систему.

Каждое сообщение характеризуется моментом поступления t^k и набором ν параметров, описывающих состояние системы объект-оборудование, т.е. представляет собой в общем виде случайный вектор $S^k = S(t^k, a_1^k, a_2^k, \dots, a_\nu^k)$, а поток сообщений - поток случайных векторов, соответствующий совокупности многомерных законов распределения координат этих векторов вида

$$R[S^1, S^2, \dots, S^k, \dots]. \qquad (I)$$

Некоторые типы экспериментов позволяют на основании ранее проводимых испытаний получать зависимости (I), однако в литературе [I] обращается внимание на то, что воспользоваться этим для определения характеристик параметров сообщений весьма затруднительно.

Предлагаемая методика определения характеристик минимально возможных временных интервалов между последовательно поступающими сообщениями позволяет избежать трудностей вышеизложенного подхода.

Рассмотрим исследования, проводимые с целью выяснения не общих закономерностей, а изучения конкретных процессов в исследуемом объекте с определенными физико-химическими свойствами, например, стендовые испытания. В этом случае обычно предполагают проведение эксперимента по хорошо развитым методикам, из которых можно априори установить закономерности изменения отдельных параметров сообщений, определяющих режимы испытаний.

В теории вероятностей и математической статистике под испытанием понимается реализация на практике комплекса условий. Следуя данному определению, процесс функционирования во времени системы объект-оборудование можно представить как чередование временных интервалов реализации и воссоздания некоторого комплекса условий. С этой точки зрения последовательность поступающих для реализации конкретной цели эксперимента объектов исследования образует на выходе системы объект-оборудование поток сообщений, следующих через временные интервалы, определяемые достижением готовности к очередному испытанию.

Таким образом, минимально возможные длины интервалов между моментами поступления последовательных сообщений τ^k можно рассматривать как

$$\tau^k = \Delta\tau^{k-1} + \tau^k_{гот}, \qquad (2)$$

где $\Delta\tau^{k-1}$ – длительность ($k-1$)го испытания;

$\tau^k_{гот}$ – время достижения готовности к k -му испытанию.

Естественно предположить, что за время (k-1-го) испытания изменяются значения n параметров $x_1^k, x_2^k, \dots, x_n^k$, определяющих готовность к k -му испытанию. Зачастую можно установить зависимость состояния систем объект-оборудование перед k -м испытанием от ℓ параметров, задающих режим (k-1-го) испытания. Пусть эта зависимость имеет вид

$$x_q^k = f_q(a_1^{k-1}, a_2^{k-1}, \ldots, a_\ell^{k-1}),\ q=\overline{1,n}, \qquad (3)$$

а длительность испытания определяется аналогичным выражением

$$\Delta\tau^{k-1} = \Delta\tau(a_1^{k-1}, a_2^{k-1}, \ldots, a_\ell^{k-1}). \qquad (4)$$

При воссоздании комплекса условий k -го испытания происходит ряд процессов, порядок исполнения которых определяется технологией подготовки к испытанию. Для длительности $\tau_{готj}$ отдельного j -го процесса, переводящего систему объект-оборудование в состояние готовности, можно записать

$$\tau_{готj}^k = \tau_j(x_1^k, x_2^k, \ldots, x_n^k). \qquad (5)$$

Тогда i -я совокупность L последовательных процессов свершится за время

$$\tau_{готi}^k = \sum_{j\in\overline{1,L}} \tau_{ij}(x_1^k, x_2^k, \ldots, x_n^k).$$

Общее время достижения готовности к k -му испытанию будет равно верхней границе окончания i -х параллельных совокупностей процессов:

$$\tau_{гот}^k = \sup_{i\in\overline{1,I}} \left\{ \sum_{j\in\overline{1,L}} \tau_{ij}(x_1^k, x_2^k, \ldots, x_n^k),\ i\in\overline{1,I} \right\}. \qquad (6)$$

Довольно часто выражения (3) и (6) описывают детерминированные функциональные зависимости, которые позволяют, подставляя в выражение (6) значения x_q^k из (3), прийти к следующему результату:

$$\tau_{гот}^k = \sup_{i\in\overline{1,I}} \left\{ \sum_{j\in\overline{1,L}} \varphi_{ij}(a_1^{k-1}, a_2^{k-1}, \ldots, a_\ell^{k-1}),\ i\in\overline{1,I} \right\}. \qquad (7)$$

Детерминированное задание параметров $a_1^{k-1}, a_2^{k-1}, \ldots, a_\ell^{k-1}$ позволяет априори вычислять момент прихода k -го сообщения как $t^k = t^{k-1} + \tau^k$ для всех k на интервале функционирования системы объект-оборудование.

Задание $a_1^{k-1}, a_2^{k-1}, \ldots, a_\ell^{k-1}$ как системы случайных величин с соответствующими законами распределения позволяет решать задачу нахождения вероятностных характеристик потока сообщений. При этом интервалы между моментами поступления последовательных сообщений τ^k представляются согласно выражению (2), и их вероятностные характе ристики находятся, как характеристики функции, от случайных величин $a_1^{k-1}, a_2^{k-1}, \ldots, a_\ell^{k-1}$.

Корректность последнего утверждения определяется тем, что отображения множеств $\{\Delta\tau^{k-1}\}$ и $\{\tau_{зот}^{k}\}$, получаемых согласно выражениям (4) и (7), осуществляемые преобразованиями, обратными употребляемым в выражениях соответственно (4) и (7), представляют собой борелевские множества на числовой прямой, что, в свою очередь, обычно справедливо для реальных процессов, протекающих во время эксперимента в системе объект-оборудование. Если случайные величины $a_1^{k-1}, a_2^{k-1}, \ldots, a_\ell^{k-1}$ имеют только дискретные значения, то на преобразования (4) и (7) не налагается никаких ограничений. Различные случаи, возникающие при решении задачи нахождения вероятностных характеристик потоков сообщений в такой постановке, достаточно подробно изложены в литературе по теории вероятностей [2], [3].

При аналитическом моделировании АСНИ, использующем хорошо развитый аппарат теории массового обслуживания и предусматривающем для простоты расчетов аппроксимацию реальных распределений длительности интервалов между моментами поступления сообщений законами, позволяющими получить результаты в аналитической форме, предлагаемый подход может быть использован для получения числовых характеристик потока сообщений.При исследовании АСНИ методом имитационного моделирования необходимо получать реализации моментов поступления сообщений на обрабатывающую систему. Для этого применим следующий порядок действий: сначала определяются реализации параметров a_1^{k-1}, a_2^{k-1}, ..., a_ℓ^{k-1} в соответствии с заданными законами распределения, например, по методике, описанной в работе [I]; затем на основании выражений (4) и (7) вычисляются значения соответственно $\Delta\tau^{k-1}$ и $\tau_{зот}^{k}$; наконец, согласно выражению (2) получаются реализации τ^{k}. Если для вычисления $\Delta\tau_{k-1}^{k-1}$ и $\tau_{зот}^{k}$ требуется много операций, то зависимость τ^{k} от a_1, $a_2^{k-1}, \ldots, a_\ell^{k-1}$, представляющая собой сумму правых частей выражений (4) и (7), может быть заранее протабулирована или задана в другой, применимой для конкретного языка моделирования форме.

Заметим, что предлагаемая модель источников сообщений позволяет использовать ее для предсказания моментов возникновения сообщений с целью выработки оптимальной дисциплины управления несколькими системами объект-оборудование.

3 4634

Для иллюстрации предлагаемого в работе подхода рассмотрим сл дующий пример.

Производятся стендовые испытания, режимы которых задаются длительностью цикла функционирования объекта испытания. Эта длительность имеет равномерное распределение на интервале $[t_{мин}, t_{ма}$ Сообщения передаются синхронно с проведением испытаний. Требуетс определить максимальную производительность системы объект-оборудование, т.е. найти выражения для плотности распределения минимально возможных временных интервалов между моментами возникновения сообщений, а также алгоритм получения реализаций этих интервалов.

Исследование с целью получения зависимостей вида (3) позволило установить, что в процессе испытания происходит расход компонентов в объеме $V = K_2' \Delta\tau$ (K_2' - коэффициент линейной зависимости) и нагрев объекта исследования до температуры θ'. Разность температур θ' и допустимой для начала испытания θ'' линейно (с коэффициентом K_3') зависит от длительности испытания: $\Delta\theta = K_3' \Delta\tau$, где $\Delta\theta = \theta' - \theta''$.

В процессе подготовки к следующему испытанию происходит:

а) настройка аппаратуры за время τ_1 , не зависящее от параметров предыдущего испытания;

б) пополнение компонентов в течение $\tau_2^k = K_2' K_2'' \Delta\tau$;

в) остывание объекта исследования за время, которое, согласно [4], определяется следующим образом: $\tau_3^k = K_3'' \ln(K_3' \Delta\tau + 1)$, где K_3'' зависит от формы объекта исследования и условий охлаждения.

Пункты а) и б) исполняются в указанной последовательности. Подставляя полученные результаты в выражение (7) и заменяя $K_2' K_2'' = K_2$ с учетом того, что $\Delta\tau \ll \tau_{2om}$, имеем:

$$\tau^k = \underset{\Delta\tau}{макс} \begin{cases} \tau_1 + K_2 \Delta\tau \\ K_3'' \ln(K_3' \Delta\tau + 1). \end{cases} \tag{8}$$

Плотность распределения $\Delta\tau$ известна:

$$f_{\Delta\tau}(t) = \begin{cases} \dfrac{1}{t_{макс} - t_{мин}}, & t \in [t_{макс}, t_{мин}], \\ 0, & t \notin [t_{макс}, t_{мин}]. \end{cases}$$

Плотность распределения τ^k в соответствии с [2] находится ка $g_{\Delta\tau}(t) = f[\psi(\tau^k)]\psi'(\tau^k)$, где $\psi(\tau^k) = \varphi^{-1}(\Delta\tau)$. Из выражения (8) получаем выражение для $\psi(\tau^k)$:

$$\psi(\tau^k) = \underset{\tau^k}{\text{мин}} \begin{cases} \dfrac{\tau^k - \tau_1}{K_2}, \\ \dfrac{1}{K_3'}\left(e^{\frac{\tau^k}{K_3'}} - 1\right). \end{cases}$$

Следовательно, плотность распределения τ^k выразится следующим образом:

$$g_{\tau^k}(t) = \begin{cases} \underset{t}{\text{мин}} \begin{cases} \dfrac{K_3'}{e^{\frac{t}{K_3'}} - t - (1+\tau_1)}, \\ \dfrac{e^{\frac{t}{K_3'}}}{e^{\frac{t}{K_3'}} - t - (1+\tau_1)}, \end{cases} & t \in \left[K_2 t_{мин} + \tau_1,\ K_3'' \ln(K_3' t_{макс} + 1)\right], \\ 0, & t \notin \left[K_2 t_{мин} + \tau_1,\ K_3'' \ln(K_3' t_{макс} + 1)\right]. \end{cases}$$

Моделирование систем объект-оборудование в предлагаемой интерпретации наиболее просто реализуется с помощью специализированных языков программирования таких, как НЕДИС или *GPSS* . Например, на языке *GPSS* получение реализаций τ^k производится единственным блоком *GENERATE M,FN1*, где значения модификатора - функции *FN1* , отражающей выражение (8), задаются с помощью карт описания функции, а *M* означает среднее значение функции на интервале допустимых значений аргумента.

Литература

1. Бусленко Н.П. Моделирование сложных систем. М., "Наука", 1978.
2. Вентцель Е.С. Теория вероятностей. М., "Наука", 1969.
3. Гнеденко Б.В. Курс теории вероятностей. М., "Наука", 1969.
4. Михеев М.А., Михеева И.М. Основы теплопередачи. М., "Энергия", 1973.