элементу необходимо выбрать такой объем производства $\dot{\pi}_q$, чтобы $\dot{\pi}_q \geqslant \dot{\pi}^{\tau}_{q\,\text{мин}}(\dot{R}_q)$, тогда $\dot{y}_q \in G^{\tau}_q$.

Поступила в редколлегию 20.10.83.

УДК 519.852

Л. Б. КАЩЕЕВ, канд. техн. наук

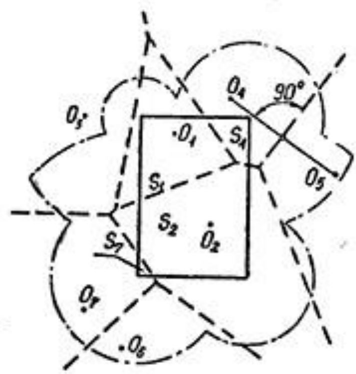
АЛГОРИТМ ИНТЕРПРЕТАЦИИ РЕЗУЛЬТАТОВ СТАТИСТИЧЕСКОГО ЭКСПЕРИМЕНТА

Статистический эксперимент осуществляют, проводя многократные числовые расчеты для получения выборки результатов на математической модели объекта исследования. В частном случае результаты моделирования можно представить в виде точек на плоскости в пространстве двух случайных переменных — X_1, X_2. Подобный подход правомерен для имитационных моделей освещенности, выпадения осадков и др. При этом исследователя интересует не только распределение точек по поверхности $OX_1\ X_2$. Важно выяснить и весовые свойства, приписываемые реализациям,— p_i, поскольку они отражают качественную сторону моделируемого явления: освещенность, кинетическую энергию капель и т. п. Обычно практический интерес представляют результаты моделирования не для всей плоскости OX_1X_2, а для какого-либо конкретного ее участка. Очевидным условием получения статистически обеспеченных оценок является увеличение числа испытаний до достижения заданного количества попаданий в пределы контролируемого участка. В случае, если процесс имитационного моделирования трудоемок, такой подход неэффективен. Предлагаемый алгоритм предназначен для оценки исследуемого процесса применительно к участку поверхности OX_1X_2 по ограниченному количеству реализаций.

Отметим, что неравномерность распределения точек по исследуемой поверхности обусловлена не только статистическим характером получения результатов, но и физическими принципами отбраковки реализаций — экранированием, фокусировкой (в случае неравномерности, обусловленной статистической необеспеченностью, могут быть применены эффективные методы сглаживания, например описанные в работе [1]).

Решение поставленной задачи проиллюстрировано рисунком. В результате имитационного моделирования на плоскости OX_1X_2 получен ряд реализаций — точки $O_i = (x_{1i},\ x_{2i})$. К каждой из точек O_i приписан соответствующий вес p_i. Необходимо найти весовую оценку для исследуемого участка поверхности (на рисунке выделен сплошной линией).

В целях сокращения общего количества испытаний предлагается использовать весовые качества точек, лежащих вблизи исследуемой области. Для этого вокруг каждой из смоделированных точек строится «зона влияния» — выпуклый многоугольник. Он ограничен отрезками прямых, равноотстоящими от двух ближайших точек (на рисунке показаны пунктиром). Это правило построения зон влияния определяет выбор подмножества реализаций, многоугольники зон влияния которых попадают в пределы контролируемой площадки и веса которых учитываются при оценке результатов имитационного моделирования. Границы области, занимаемой этим подмножеством реализаций, показаны на рисунке штрихпунктирной линией.



Построение границ областей между точками попаданий не представляет принципиальных трудностей и легко реализуемо на ЭВМ. Алгоритм такого построения проиллюстрирован на точках O_4, O_5. Соединим эти точки прямой линией (на рисунке — тонкая сплошная линия). Середина этого отрезка имеет координаты $(x_{14}+x_{15})/2$, $(x_{24}+x_{25})/2$. Уравнение прямой, проходящей через две точки O_4, O_5, опишется известным соотношением

$$(X_1 - x_{14})/(x_{15} - x_{14}) = (X_2 - x_{24})/(x_{25} - x_{24}),$$

или

$$X_1 = X_2\,(x_{15} - x_{14})/(x_{25} - x_{24}) + x_{14} - x_{24}\,(x_{15} - x_{14})/(x_{25} - x_{24}).$$

Остается только провести прямую через точку на плоскости, перпендикулярно к имеющейся прямой. Аналогично строятся и остальные границы.

В результате построений относительно каждой реализации будет получено множество границ, часть из которых очерчивает искомый многоугольник, а часть — избыточна. Для того чтобы отделить необходимые границы от избыточных, предлагается воспользоваться математическим аппаратом линейного программирования. В случае интерпретации множества границ относительно какой-либо из смоделированных точек в качестве системы ограничений задачи линейного программирования, зона влияния определится по аналогии с областью допустимых решений. Воспользовавшись терминологией и обозначениями, предложенными в работе [2], опишем систему из m границ матрицей расширенной задачи линейного программирования $\overline{A}_р = (\overline{A}_1, \overline{A}_2, \ldots, \overline{A}_m)$. Выбираем m линейно независимых столбцов и формируем из них невырожденную матрицу $\overline{B}$ размера $m \times m$. Умножая обратную матрицу $\overline{B}^{-1}$ на вектор свободных членов $\overline{A}_0$, находим базисное решение системы из m уравнений с $m+n$ неизвестными.

Варьируя вектор-столбцы, входящие в матрицу $\overline{B}$, можно получить другие базисные решения нашей системы. Допустимые базисные решения соответствуют вершинам искомого многоугольника.

Зная уравнения границ и координаты вершин исследуемой области, нетрудно установить площади зон влияния, находящихся в пределах исследуемого участка. Искомый вес площадки равен сумме пропорциональных вкладов близлежащих зон влияния. Для случая, изображенного на рисунке,

$$P_{пл} = \frac{s_1}{s_{пл}} p_1 + \frac{s_2}{s_{пл}} p_2 + \frac{s_4}{s_{пл}} p_4 + \frac{s_7}{s_{пл}} p_7,$$

где $s_{пл}$ — площадь контролируемого участка поверхности.

Предлагаемый алгоритм позволяет использовать для интерпретации результатов имитационного моделирования близлежащие реализации и тем самым снижает общее количество необходимых статистических испытаний.

Список литературы: 1. *Четыркин Е. М.* Статистические методы прогнозирования.— М.: Статистика, 1977.— 200 с. 2. *Зайченко Ю. П.* Исследование операций.— К.: Вища шк., 1975.— 319 с.

Поступила в редколлегию 11.10.83.

УДК. 519.237

Н. И. БЕЗМЕНОВ, О. Н. МАЛЫХ, канд. техн. наук

ГЕНЕРАТОР ДАННЫХ ДЛЯ ЧИСЛЕННОГО ТЕСТИРОВАНИЯ АЛГОРИТМОВ ГРУППИРОВКИ ПАРАМЕТРОВ

Многие практические задачи обработки данных сводятся к задаче группировки параметров, которая состоит в следующем: по матрице наблюдений $U = \| x_{ij} \|_{M \times N}$ над множеством параметров $S = \{X_j \mid j = \overline{1, N}\}$ получить разбиение $\overline{S} = \{S_k \mid k = \overline{1, K}\}$ этого множества на заданное число подмножеств, таких, что степень связи между параметрами каждого из подмножеств S_k, $k = \overline{1, K}$ максимальна.

Чтобы оценить вычислительную эффективность разрабатываемых алгоритмов группировки параметров, необходимо использовать тестовые задачи. В их рамках можно варьировать число наблюдений, количество параметров и групп, степень связи между параметрами внутри групп и между группами. Создание тестов сводится к тому, чтобы сформировать матрицу наблюдений $U = \| x_{ij} \|_{M \times N}$ над множеством из N параметров. Последние образуют K групп, таких, что степень связи между параметрами каж-