

типа рассмотрены две задачи о замене оборудования, приведены таблицы результатов вычислений.

В главе XII рассмотрена возможность упрощения вычислительных процедур динамического программирования при помощи аппроксимации функций полиномами Лежандра, приведен численный пример; однако никакой оценки точности метода не дано. Так же, на-глазок, для двух простых вариационных задач проведено сравнение численных решений, полученных методом динамического программирования, с точными решениями этих задач.

В приложении I найдена область выпуклости определенной конкретной функции. Этот результат использовался в § 23 главы II.

В приложении II дается оригинальная трактовка теории двойственности в математическом программировании; в приложении III — метод последовательных приближений в пространстве политик для

дискретного аналога задачи Майера; в приложении IV — краткое описание свойств преобразования, названного авторами преобразованием максимума; в приложении V — основные характеристики машины Джонниак, на которой было получено большинство численных результатов, помещенных в книге.

Настоящий перевод книги Р. Беллмана и С. Дрейфуса выполнен в основном удовлетворительно. Однако в ряде мест английский текст переведен дословно, встречаются неудачные фразы и словосочетания. Например, на стр. 332 читаем: «...будут требоваться только зачаточные значения...»; на стр. 295: «...модели приспособления адаптации...» и т. п. Появилось большое число опечаток, не встречавшихся в английском оригинале.

К достоинствам данного издания следует отнести его хорошее внешнее оформление и умеренную цену.

Ю. К. Солнцев

Н. П. Бусленко. Математическое моделирование производственных процессов на цифровых вычислительных машинах. М., «Наука», 1964

Среди математических методов, используемых для решения проблем организации производства, экономики и исследования операций, существенное место занимают методы статистического моделирования. Метод статистического моделирования, известный в литературе также под названием метода Монте-Карло, дает возможность конструировать для ряда важных задач алгоритмы, хорошо приспособленные к реализации на ЭВМ.

К сожалению, литература по этому вопросу очень бедна. В этой связи рецензируемая книга является особенно ценной.

Книга состоит из четырех частей. В первой части даются общие сведения о моделировании процессов и принципах их формализации и математического описания. Здесь приводятся строгие определения таких сложных понятий, как понятия процесса функционирования системы, характеристики процесса, математической модели и др. На простейших примерах (колебание пружинного маятника и т. д.) показывается, что «математическая модель реального процесса есть некоторый математический объект, поставленный в соответствие данному физическому процессу», которая может появиться только в результате четкого формального описания рассматриваемого процесса с наперед заданной степенью приближения к действительности. Таким образом, «построение математической модели представляет собой необходимый шаг любого серьезного исследования процесса».

В своей монографии автор очень четко

указывает этапы работы исследователя.

После формализации процесса особое внимание обращается на «использование математической модели для получения общих закономерностей, связанных с исследуемым процессом, при конкретных числовых зависимостях между фигурирующими величинами». Автор подчеркивает, что при использовании математической модели для исследования реального процесса в первую очередь необходимо наметить совокупность искомых величин (характеристик процесса, параметров системы и начальных условий или функций от них). После того как искомые величины выбраны, изучается возможность использования математической модели.

Для моделирования процесса на ЭВМ необходимо преобразовать его математическую модель в специальный моделирующий алгоритм. В соответствии с этим алгоритмом в машине вырабатывается информация, описывающая элементарные явления исследуемого процесса с учетом их связей и взаимных влияний. Определенная часть циркулирующей информации выводится на печать и используется для определения тех характеристик процесса, которые требуется получить в результате моделирования.

В большинстве случаев моделирование процессов этим методом производится с учетом и имитацией случайных факторов. Поэтому такой метод часто называют методом статистического моделирования.

Автор показывает, что метод статистического моделирования имеет весьма об-

ширную сферу применения: «Он дает возможность проводить достаточно полное исследование разнообразных процессов независимо от физической природы явлений, составляющих данный процесс, выбора совокупности искоемых величин и формулировки прикладных задач».

Обычно при исследовании сложных систем, к которым относятся и производственные процессы, важнейшие задачи — это задачи анализа, связанные с изучением поведения системы в зависимости от ее структуры и значений параметров, и задачи синтеза, сводящиеся к выбору структуры и значений параметров, исходя из заданных свойств системы. Ссылаясь на опыт, Н. П. Бусленко показывает практическую ценность метода статистического моделирования при исследовании производственных процессов. Задачи на «узкие места» производственного процесса, возможная модернизация процесса, оценка эффективности модернизации процесса — вот неполный перечень задач, решаемых при помощи метода Монте-Карло.

Весьма поучительной является пятая глава монографии, где автор очень просто излагает на элементарном примере полное решение задачи методом Монте-Карло.

Во второй части работы рассматриваются математические схемы, наиболее часто используемые при формализации производственных процессов. Сюда относятся системы массового обслуживания, абстрактные производственные операции, простейшие схемы теории надежности и пр.

Следует заметить, что в более ранней работе* эта тема раскрыта намного лучше и четче. При чтении этой части создается поверхностное впечатление о теории массового обслуживания. Главы, посвященные этой теме, как бы выпадают из ансамбля всей книги. Стремление к популярному и наглядному изложению приводит здесь к неоправданной небрежности. Так, на стр. 120 после введения вероятности $p_k(t_0, t)$ попадания в интервал $(t_0, t_0 + t)$ k заявок имеется следующая фраза: «Если функция $p_k(t_0, t)$ определена для любых значений t_0, t и любых целочисленных k , то поток определен и закон распределения (1) моментов наступления заявок может быть выражен через функцию $p_k(t_0, t)$ ». Цифрой (1) ранее была обозначена совокупность всех конечно-мерных распределений потока

$$F(t_1, t_2, t_3, \dots, t_k) = P\{t^{(1)} < t_1, t^{(2)} < t_2, \dots, t^{(k)} < t_k\}. \quad (1)$$

* Н. П. Бусленко, Ю. А. Шрейдер. Метод статистических испытаний, гл. VIII. М., Физматгиз, 1961.

Создается ошибочное представление, будто течение процесса до момента t_0 не оказывает влияния на $p_k(t_0, t)$. Удивление проходит только через две страницы, где на стр. 123 читаем: «В начале параграфа мы говорили о том, что в общем случае распределение вероятностей числа заявок в $(t_0, t_0 + t)$ зависит от t_0 ; мы обозначили эту вероятность $p_k(t_0, t)$. Но только ли от t_0 ? Оказывается, что $p_k(t_0, t)$ может зависеть еще и от того, каким был поток до момента t_0 ».

Третья часть книги посвящена разнообразным приемам построения моделирующих алгоритмов. Наряду со способами формирования случайных чисел и формирования различных реализаций случайных процессов здесь также рассмотрено несколько моделирующих алгоритмов для систем массового обслуживания. К сожалению, изложение некоторых глав этой части носит конспективный характер.

Наконец, в последней, четвертой части работы приводятся примеры комплексного моделирования производственных процессов.

Большое достоинство книги — ее ярко выраженная практическая направленность. В книге имеются четкие рекомендации, проиллюстрированные примерами, по проведению всего цикла работ, связанных с моделированием сложных производственных процессов. Здесь же содержатся рекомендации по выбору необходимой длины реализации с тем, чтобы обеспечить необходимую точность с заданной достоверностью. Некоторые из этих рекомендаций сведены в таблицы.

Следует отметить, что в рецензируемой работе разбираются производства только с дискретным процессом функционирования, хотя в настоящее время все большее внимание специалистов привлекают производства с непрерывным процессом функционирования. К сожалению, этот сложный и интересный вопрос не затронут в книге.

К недостаткам издания следует отнести опечатки, преимущественно в формулах. Так, на стр. 67 напечатано: $1 - \alpha \cdot n$ вместо $(1 - \alpha)n$; на стр. 70:

$$P\left(\left|\frac{m}{N} - p\right| < t_\alpha \sqrt{\frac{P(1-p)}{N}}\right) = \alpha$$

вместо

$$P\left(\left|\frac{m}{N} - p\right| < t_\alpha \sqrt{\frac{P(1-p)}{N}}\right) = \alpha;$$

на стр. 72: σ/a вместо $(\sigma/a)^2$, и т. д.

Книга написана простым, доступным языком на современном научном уровне и несомненно станет своего рода справочником для специалистов и хорошим руководством для начинающих знакомиться с предметом.

В. А. Старосельский. В. В. Рыков