

УДК 656.71+519.61

## **ГИСТОГРАММНЫЕ ВЫЧИСЛЕНИЯ В ЗАДАЧЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМ АЭРОПОРТА**

Хвостова Т.В., Романенко В.А.

*Самарский национальный исследовательский университет  
имени академика С.П. Королева, г. Самара,  
e-mail: sorokina1605@gmail.com*

Объектом исследования является имитационная модель производственного процесса аэропорта, включающего множество технологических операций, временную продолжительность каждой из которых правомерно рассматривать в качестве случайной функции нескольких переменных, которые при некоторых допущениях можно считать дискретными. В связи с ограниченностью объема статистики, построение теоретических функций распределения возможно только для отдельных значений аргументов указанной случайной функции. С целью построения функции распределения случайной функции для тех значений аргументов, по которым статистика недостаточна, предлагается использовать метод гистограммной арифметики. В работе рассмотрен пример результатов использования предложенного подхода, реализованного в рамках имитационной компьютерной модели транспортного технологического процесса.

Рассматривается процедура формирования семейства вероятностных распределений величин продолжительности регистрации вылетающих пассажиров и оформления багажа. Такое распределение, заданное аналитически, обычно выявляется в результате процедуры сглаживания эмпирического распределения, определяемого по статистическим данным. Статистика наблюдений за количеством пассажиров в малой группе и количеством их совместного багажа, собранная в аэропорту Курумоч, представлена в таблице 1. В результате обработки методами регрессионного анализа [1] статистических данных, характеризующих потоки вылетающих пассажиров и процессы их аэровокзального обслуживания, были выявлены параметры, оказывающие наибольшее влияние на продолжительность исследуемой

технологической операции: численность  $z_1$  группы пассажиров, следующих совместно и совместно же проходящих регистрацию, и число  $z_2$  мест багажа, оформляемых группой к перевозке. Таким образом, продолжительность регистрации группы совместно следующих пассажиров рассматривается как случайная функция двух аргументов  $-T(z_1, z_2)$ .

Таблица 1. Статистка наблюдений за количеством пассажиров и их багажом

К	Нзар.б.					
		0	1	2	3	4
Nчел	1	125	124	14	0	0
	2	26	23	24	1	0
	3	3	3	6	2	1
	4	0	0	3	1	1
	5	0	0	0	1	0

Объем полученной в результате наблюдений выборки позволил с достаточной надежностью сформировать оценки функций распределения  $F_{1,0}^T(t)$ ,  $F_{2,0}^T(t)$  и  $F_{1,1}^T(t)$  для сочетаний  $(z_1=1, z_2=0)$ ,  $(z_1=2, z_2=0)$ ,  $(z_1=1, z_2=1)$ , соответственно. Поскольку другие значения параметров  $z_1, z_2$  не только теоретически возможны, но и наблюдались фактически (пусть менее часто), то имитационной моделью рассматриваемого процесса они должны учитываться. Для них распределения определяются с помощью операций гистограммного вычитания и сложения известных распределений.

На рисунке 1 отображены оценки функций распределений для выбранных сочетаний  $(z_1, z_2)$ .

Описанная гистограммная методика формирования вероятностных распределений параметров технологических операций реализована в рамках компьютерной имитационной модели [2], разработанной для решения задач оптимизации системы обслуживания пассажирских перевозок узловых аэропортов, отличающихся существенной нестационарностью потоков пассажиров и высокой загрузкой производственных комплексов [3].

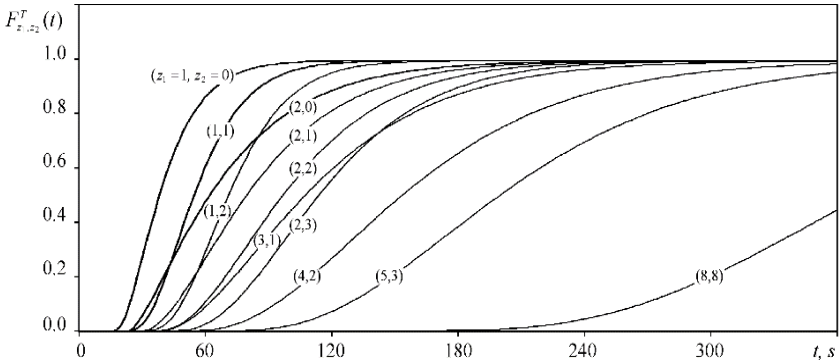


Рис. 1 Функции распределения времени выполнения операции

Использование методики позволило повысить точность и чувствительность имитационной модели, благодаря обеспечению возможности учета относительно тонких эффектов, связанных с влиянием характеристик пассажиропотока на технологические процессы аэропорта.

Представленные выше результаты свидетельствуют о работоспособности алгоритма и целесообразности его использования для повышения точности и чувствительности имитационных моделей технологических процессов.

#### Список использованных источников

1. *Добронеец Б.С.* Численный вероятностный анализ неопределенных данных: монография / Б.С. Добронеец, О.А. Попова. – Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2014. – 168 с.
2. *Гужа Е.Д.* Формирование стохастической модели технологического процесса с использованием гистограммных вычислений / Е.Д. Гужа, Т.В. Хвостова, В.А. Романенко, М.А. Скороход // Journal of Physics: Conference Series 1399 (2019) 033028 – p.7.
3. *Burghouwt G.* Temporal configurations of European airline networks / G. Burghouwt, J. de Wit // J. Air Transport Management. – 2005. – Vol. 11 (3). – pp. 185-198.