



Рис. 2: —□— вуз; —○— тест

На основе собранной выборки были рассчитаны коэффициенты линейной корреляции для оценок «школа — тест», «тест — вуз», «школа — вуз»: 0,523, 0,576, 0,583 соответственно. Построены уравнения регрессии для разных видов оценок и сделан их сравнительный анализ. В качестве наилучшей прогнозной функции оценок в вузе принята нелинейная кубическая парная регрессия оценок «школа, тест — вуз».

*А.Н. Иванов  
БГЭУ (Минск)*

#### МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА МОНТЕ-КАРЛО НА ПРИМЕРЕ ГЛАВНОГО ОТДЕЛЕНИЯ ГОРОДСКИХ КАСС БЕЛОРУССКОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ

В различных областях хозяйственной деятельности есть необходимость в решении вероятностных задач, связанных с работой систем массового обслуживания (СМО). Системы массового обслуживания напоминают устройство, которое включает случайный «входящий» поток массовых запросов (требований, заявок, вызовов клиентов) на выполнение каких-либо услуг и реализует эти услуги, т.е. удовлетворяет поступившие запросы. Примерами таких систем могут служить телефонные станции, ремонтные мастерские, билетные кассы, стоянки такси, парикмахерские и т.д. Главной проблемой в их функционировании является определение необходимого количества каналов обслуживания. Очень часто, особенно в государственных учреждениях, ее решают эмпирическим способом без использования теории массового обслуживания, как, например, в главном отделении городских касс Белорусской железной дороги (БелЖД).

Универсальным методом исследования СМО становится имитационное моделирование. Целью работы являлось построение компьютерной модели, описывающей процессы так, как бы они проходили в действительности, и позволяющей оперативно получать статистические оценки характеристик моделируемой системы для нахождения ее оп-

тимальных параметров, а также изучение работы главного отделения городских касс БелЖД и ее оптимизация.

В результате был разработан алгоритм и создан интерфейс пользователя для непосредственной имитации работы некоей системы массового обслуживания с использованием метода Монте-Карло. В алгоритме последовательно моделируются состояния системы и моменты времени их изменений в зависимости от генерируемой случайной величины, которая используется для нахождения промежутков времени между свершением событий, когда меняется состояние системы. При достаточно большом количестве итераций событий вычисляются стационарные оценки работы системы. Например, смоделировав СМО, где будет обслужен 1 млн заявок, можно достаточно точно определить основные показатели системы: среднее число каналов, занятых обслуживанием; среднее число простаивающих каналов; коэффициент простоя; коэффициент занятости; относительную пропускную способность системы; абсолютную пропускную способность; среднее число заявок, ожидающих в очереди; среднее число заявок, находящихся в системе; среднее время ожидания заявки в очереди; среднее время пребывания заявки в системе.

В результате изучения режима работы главного отделения городских касс Белорусской железной дороги были получены данные об интенсивности обслуживания и входящего потока в различное время суток и время года. На языке VBA в среде MS Excel было разработано программное приложение, которое позволило для каждого из случаев найти оптимальное количество касс, необходимых для эффективного обслуживания клиентов. При этом учтено, что нагрузка на кассы не должна быть предельной, а это в лучшую сторону влияет на среднюю длину очереди, на среднее время пребывания в системе, на вероятность совершения оператором ошибки из-за усталости.

Анализ частных результатов помог сформулировать ряд общих рекомендаций по повышению эффективности работы касс:

- летом в будние дни следует создать восемь каналов обслуживания. Если будет проведена работа с персоналом по повышению скорости обслуживания клиентов (резерв для этого есть: многие из операторов вводят данные в компьютер очень медленно из-за того, что набирают на клавиатуре одним пальцем и тратят время на поиск нужной клавиши), то этого количества касс хватит, чтобы справиться с нагрузкой даже в час пик;
- зимой достаточно иметь шесть работоспособных каналов;
- в любое время года в выходной день по сравнению с будним днем количество каналов обслуживания можно уменьшить на один.

201

□□□□□□□□ □□□□□□□□ □□□□□□□□ □□□□□□□□□□.  
□□□□□□□□□□.  
□□□□□□□□□□ □□□□□□□□□□□□□□ □□□□□□□□□□□□  
□□□□□□□□□□□□. □□□□□□□□□□.