



Таким образом получим явный вид уравнений состояний

$$s_1(n+1) = \begin{cases} \sum_{t=0}^n \alpha(n-t) \oplus s_1(0) \leftarrow (\forall k \in \overline{0, n} \Rightarrow \beta(k) = \overline{a_2(k)} [a_1(k) \oplus \overline{a_1(k)} s_2(k)] = 1), \\ \sum_{t=0}^{m-1} \alpha(n-t) \leftarrow (m \leq n) \wedge (\forall k \in \overline{0, m-1} \Rightarrow \beta(k) = 1) \wedge (\beta(m) = 0); \end{cases}$$

$$s_2(n+1) = \begin{cases} \sum_{t=0}^n \gamma(n-t) \oplus s_2(0) \leftarrow (\forall k \in \overline{0, n} \Rightarrow \delta(k) = a_1(k) a_2(k) = 1), \\ \sum_{t=0}^{m-1} \gamma(n-t) \leftarrow (m \leq n) \wedge (\forall k \in \overline{0, m-1} \Rightarrow \delta(k) = 1) \wedge (\delta(m) = 0). \end{cases}$$

**Заключение.** Выкладки аналогично переносятся на случай большего числа каналов обслуживания, наличия очередей, а также совместного стохастического поведения параметров каналов обслуживания. Несмотря на значительное усложнение неклассического орграфа СМО явный вид уравнений переходов состояний позволяет проводить имитационное моделирование как в случае простейших, так и произвольных случайных процессов поступления и обработки заявок.

### Литература

1. Котенко А.П. Аналитическое описание систем массового обслуживания с использованием колец вычетов [Текст] / А.П. Котенко, М.Б. Букаренко // Труды VII Всероссийской научной конференции «Математическое моделирование и краевые задачи». – Самара: Изд-во СамГТУ, 2010. – С. 136-140.
2. Букаренко М.Б. Система массового обслуживания с отдельными очередями к каналам [Текст] / М.Б. Букаренко // Тезисы 42-й Всероссийской конференции «Современные проблемы математики». – Екатеринбург: Институт математики и механики УрО РАН, 2011. – С. 11-13.

Д.А. Кудрявцев, И.А. Лёзин

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВИДОВ И ПАРАМЕТРОВ ДВУМЕРНЫХ ЗАКОНОВ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЗАВИСИМЫХ ВЕЛИЧИН

(Самарский государственный аэрокосмический университет им. академика С.П. Королёва (национальный исследовательский университет))

В докладе рассматривается применение параметрической модели для определения вида и параметров двумерного распределения по имеющейся дискретной двумерной выборке. Предлагаемая методика основана на классификации законов распределения и определении параметров распределения с использованием нейронных сетей. В статье описаны используемые нейронные сети, реализованные в специальном программном обеспечении, произведены расчеты качества аппроксимации.



Доклад посвящен исследованию двумерных плотностей вероятности через построение параметрической модели неизвестного непрерывного закона распределения. При определении выражения неизвестной двумерной плотности вероятности с помощью параметрической модели по имеющейся выборке, если в данных условиях можно предполагать, что выборка распределена по какому-либо закону, необходимо решить 2 задачи:

1. Определить вид параметрической модели, адекватно описывающей представленную выборку
2. Определить неизвестные параметры модели

Учитывая, что нейронные сети являются универсальным и широко используемым механизмом при решении задач аппроксимации и классификации, в рамках дипломного проекта рассматривается возможность использования нейронных сетей при построении параметрических моделей плотностей вероятности. Таким образом, поставленные задачи решаются в 4 этапа:

1. Преобразовать исследуемую дискретную двумерную выборку в вид, удобный для работы с нейронной сетью;
2. Определить тип распределения исследуемой выборки с помощью многослойного персептрона;
3. Определить параметры распределения по методу моментов с учетом известного типа распределения;
4. Определить параметры распределения методом нейронных сетей с использованием алгоритма обучения радиально-базисной сети.

Данный подход исследования двумерных распределений можно использовать для различных видов распределений, но для упрощения генерации исходных данных и отладки алгоритмов рассматривается параметрическая модель, заданная следующим способом:

$$\begin{cases} X = X_1, \\ Y = \sqrt{1-\rho^2} \cdot X_2 + \rho^2 \cdot X_1, \end{cases} \quad (1)$$

где  $X_1$  и  $X_2$  – независимые величины,  $\rho$  – коэффициент корреляции.

Ограничимся рассмотрением нормального и экспоненциального одномерных законов, а также закона Вейбулла.

В качестве сети определяющей вид распределения был выбран многослойный персептрон, так как данная сеть является одной из самых универсальных, позволяющей решать задачу классификации. Для удобства формализации задачи классификации будем представлять случайную последовательность в виде частотной двумерной гистограммы с разбиением на  $M_x$  коридоров по оси  $x$  и  $M_y$  коридоров по оси  $y$ , построенной по исследуемой выборке.

Для восстановления аналитического выражения функции плотности вероятности из набора узловых точек используется алгоритм нейросетевой аппроксимации. Для примера, в качестве базовой модели для определения коэффициентов нормального-нормального закона распределения вероятности, кото-



рый был установлен на этапе классификации, берется RBF-сеть. Радиально-базисная сеть была выбрана, потому является одной из базовых нейронных сетей, и особым видом алгоритма обучения, который позволяет уже на этапе обучения определить параметры исследуемой выборки.

### Литература

1. Осовский, С. Нейронные сети для обработки информации [Текст] / Осовский С.: Пер. с польского И.Д. Рудинского. – М.: Финансы и статистика, 2002. – 344 с.
2. Лёзин И.А. «Автоматизированный комплекс аппроксимативного анализа двумерных законов распределения ортогональными полиномами и нейронными сетями» // Информационные технологии в высшем профессиональном образовании: Сборник докладов II межрегиональной научно-практической конференции / Под.ред. О.А. Тарабрина, А.В. Очеповского / Самарский государственный аэрокосмический университет – Тольятти-Самара, 2007. – С.84-87. – Библиогр.: с.87.
3. Лёзин И.А., Прохоров С.А., Лёзина И.В. «Аппроксимация двумерной плотности вероятности ортогональными полиномами»// Радиотехника и связь. Материалы четвертой международной научно-технической конференции / Саратовский государственный технический университет – Саратов, 2007. – С. 17-22. – Библиогр.: с.22.
4. Методы нормирования метрологических характеристик, оценки и контроля характеристик погрешностей средств статистических измерений. РТМ 25139-74 Текст. // Минприбор, 1974. 76 с.
5. Лёзин И.А. «Анализ погрешности измерения геометрических размеров лопаток газотурбинных двигателей» // Труды Международной конференции с элементами научной школы для молодежи. – Самара, 2010. – С. 95-99. – Библиогр.: с.99. - ISBN 978-5-7883-0851-7

Р.Ю. Макаров

### О ЧИСЛЕННОМ МЕТОДЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ КРИВОЙ ПОЛЗУЧЕСТИ НА ОСНОВЕ РАЗНОСТНЫХ УРАВНЕНИЙ

(Самарский государственный технический университет)

Проблема прогнозирования работоспособности элементов конструкций в условиях ползучести является актуальной задачей. Однако, вследствие существенного разброса в результатах экспериментальных исследований применение детерминированных моделей и методов на их основе практически не эффективно [1-3]. Это послужило причиной развития статистических методов, в основе которых лежат экспериментальные характеристики, полученные на начальном этапе эксплуатации конкретной конструкции.