Таблица 2

Детектор аномалий излоупотреблений

Служба	FP, %	FN, %
All	8,16 (+1,80)	6,87 (-3,60)
HTTP	0,50 (+0,20)	0,06 (-0,04)
FTP_DATA	2,00 (0,00)	1,50 (-6,59)
TELNET	16,45 (+11,25)	1,92 (-10,5)

Видно, что цель – уменьшение количества ошибок false negative – достигнута, и только по сервису telnet ошибка false positive значительно изменилась.

4. Заключение

В данной статье описан нейросетевой подход к обнаружению аномалий. Показаны результаты экспериментов с использованием двух подходов – обучения на нормальных соединениях и комбинированных наборах данных. На основании данных результатов можно сделать вывод, что новый подход улучшает применявшуюся ранее технологию и может быть использован в дальнейших исследованиях.

Исследования проводятся при поддержке БРФФИ при НАН Беларуси.

Литература

1. S. T. Brugger. Data Mining Methods for Network Intrusion Detection. – http://www.bruggerink.com/ ~zow/Projects.html.
2. R. Lippman, J. Haines, D. Fried, J. Korba,, and K. Das, The 1999 DARPA off-line intrusion detection evaluation. *Computer Networks, 34 (2000)* pp. 579-595.
3. S. Hawkins, H. He, G. Williams, R. Baxter. Outlier Detection Using Replicator Neural Networks. In *Proc. of the 4th International Conference on Data Warehousing and Knowledge Discovery (DaWaK02)* Lecture Notes in computer Science, Vol. 2454, Springer, Pages 170-180, ISBN 3-540-44123-9, 2002
4. V. Golovko, O. Ignatiuk, Yu. Savitsky, T. Laopoulos, A. Sachenko, L. Grandinetti. Unsupervised learning for dimensionality reduction. *Proc. of Second Int. ICSC Symposium on Engineering of Intelligent Systems EIS'2000*, University of Paisley, Scotland, June 2000. Canada / Switzerland: ICSS Academic Press, pp. 140 – 144, 2000

МАРКОВСКАЯ И ПОЛУМАРКОВСКАЯ МОДЕЛИ ОТКРЫТОЙ СЕТИ С ТРЕМЯ УЗЛАМИ

И.В. Гарбуза

Учреждение образования «Гомельский государственный университет имени Франциска Скорины», Беларусь

Научный руководитель Ю.В. Малинковский

Рассматриваются марковская и полумарковская модели открытой сети с тремя узлами, которые важны для информационных технологий и моделирования, так как предоставляют возможность для адекватного описания и анализа функционирования таких объектов, как телекоммуникационные сети, сети передачи данных, локальные сети, сети ЭВМ. Основной целью работы является исследование стационарного распределения сетей массового обслуживания, представление стационарного распределения исследуемых сетей в виде произведения, установление достаточных условий эргодичности, доказательство инвариантности стационарного распределения сетей.

Отправной точкой в исследовании сетей является нахождение стационарного распределения вероятностей состояний, поскольку большую часть времени изучаемый объект проводит в установившемся стационарном режиме. Поэтому исследования по теории сетей, которые функционируют в стационарном режиме, важны как для теории, так и для практики. С помощью стационарного распределения могут быть найдены разнообразные показатели качества функционирования реальных систем: производительность, времена выполнения заданий, загрузка и простои приборов и т. д.

Пусть имеется открытая сеть массового обслуживания, состоящая из трёх узлов, в которую поступает простейший поток заявок с параметром λ. Времена обслуживания заявок в различных узлах независимы, не зависят от процесса поступления заявок и имеют показательное распределение с параметрами $\mu_i(n_i)$ для i-го узла, где n_i – число заявок в i-й системе, i = 1, 2, 3. Заявки обслуживаются в порядке поступления.

Состояние сети описывается случайным процессом:

$$n(t) = \left(n_1(t), n_2(t), n_3(t)\right),$$

где $n_i(t)$ – число заявок в i-м узле в момент t (i = 1, 2, 3). Процесс $n(t)$ является марковским процессом. Матрица перехода имеет следующий вид:

$$\mathrm{M} = \begin{pmatrix} 0 & \lambda & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ \frac{1}{2} & 0 & 0 & \frac{1}{2} \\ 0 & 1 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

Для данной модели предполагаем, что существует стационарное распределение. Составляем уравнение глобального равновесия (баланса) следующего вида:

$$p(n_1, n_2, n_3)\left(\lambda + \mu_1(n_1)I_{(n_1\neq 0)} + \mu_2(n_2)I_{(n_2\neq 0)} + \mu_3(n_3)I_{(n_3\neq 0)}\right) =$$

$$= \lambda p(n_1 - 1, n_2, n_3)I_{(n_1\neq 0)} + \frac{1}{2}\mu_2(n_2+1)p(n_1, n_2+1, n_3) +$$

$$+ \mu_1(n_1+1)p(n_1+1, n_2-1, n_3)I_{(n_2\neq 0)} + \frac{1}{2}\mu_2(n_2+1)p(n_1, n_2+1, n_3-1)I_{(n_3\neq 0)} +$$

$$+ \mu_3(n_3+1)p(n_1-1, n_2, n_3+1)I_{(n_1\neq 0)}. \quad (1)$$

Из уравнения трафика $e_j = p_{0j} + \sum_{i=1}^{3} e_i p_{ij}$, $j = 1, 2, 3$ находим единственное положительное решение $e_1 = 2$, $e_2 = 2$, $e_3 = 1$. Рассматриваем изолированный узел и находим стационарное распределение для такого изолированного процесса. Получаем:

$$p_1(n_1)=\left[1+\sum_{n_1=1}^{\infty}\prod_{l=1}^{n_1}\frac{2\lambda}{\mu_1(l)}\right]^{-1}\prod_{l=1}^{n_1}\frac{2\lambda}{\mu_1(l)}, \qquad (2)$$

$$p_2(n_2)=\left[1+\sum_{n_2=1}^{\infty}\prod_{l=1}^{n_2}\frac{2\lambda}{\mu_2(l)}\right]^{-1}\prod_{l=1}^{n_2}\frac{2\lambda}{\mu_2(l)}, \qquad (3)$$

$$p_3(n_3)=\left[1+\sum_{n_3=1}^{\infty}\prod_{l=1}^{n_3}\frac{\lambda}{\mu_3(l)}\right]^{-1}\prod_{l=1}^{n_3}\frac{\lambda}{\mu_3(l)}. \qquad (4)$$

По теореме Джексона, стационарное распределение представимо в форме произведения множителей, характеризующих узлы; каждый множитель есть стационарное распределение узла, то есть

$$p(n_1,n_2,n_3)=p_1(n_1)p_2(n_2)p_3(n_3), \qquad (5)$$

где $p_1(n_1)$ из формулы (2), $p_2(n_2)$ из формулы (3), $p_3(n_3)$ из формулы (4).

На основании эргодической теоремы Фостера устанавливаем условие эргодичности:

$$\sum_{n_1=0}^{\infty}\sum_{n_2=0}^{\infty}\sum_{n_3=0}^{\infty}\left|\frac{(2\lambda)^{n_1}}{\prod_{i=1}^{n_1}\mu_1(i)}\frac{(2\lambda)^{n_2}}{\prod_{i=1}^{n_2}\mu_2(i)}\frac{(\lambda)^{n_3}}{\prod_{i=1}^{n_3}\mu_3(i)}\right|<+\infty. \qquad (6)$$

Если времена обслуживания заявок в i-м узле заданы функцией распределения времени обслуживания i-м прибором одной заявки $B_i(t)$, i = 1, 2, 3. При этом налагается следующее требование

$$\mu_i^{-1}=\int_0^{\infty}tdB_i(t)=\int_0^{\infty}[1-B_i(t)]dt,\ i=1,2,3.$$

Заявка, поступающая в i-й узел, вытесняет заявку с прибора и начинает обслуживаться. Вытесненная с прибора заявка становится в начало очереди и при повторном поступлении на прибор дообслуживается оставшееся время.

В таком случае процесс $n(t)$ не является марковским. Для марковизации процесса включаем дополнительные переменные, которые возьмем, как остаточные времена от момента времени t до полного завершения соответствующих времен. Получим случайный процесс:

$$\xi(t)=\left(n_1(t);\ \nu_1(t),...,\nu_{n_1(t)}(t);\ n_2(t);\ \eta_1(t),...,\eta_{n_2(t)}(t);\ n_3(t);\ \varphi_1(t),...,\varphi_{n_3(t)}(t)\right),$$

где $\nu_i(t)$, $\eta_i(t)$, $\varphi_i(t)$ – остаточное время обслуживания заявки, стоящей в i-й позиции, который будет марковским процессом.

Для стационарного распределения данной сети составим дифференциально-разностные уравнения Колмогорова следующего вида:

$$
\begin{aligned}
&\frac{\partial F\left(n_1;\ x_1,\ldots,x_{n_1};\ n_2;\ y_1,\ldots,y_{n_2};\ n_3;z_1,\ldots,z_{n_3}\right)}{\partial \mathrm{t}}=\\
&-\lambda\times F\left(n_1;\ x_1,\ldots,x_{n_1};\ n_2;\ y_1,\ldots,y_{n_2};\ n_3,z_1,\ldots,z_{n_3}\right)+\\
&+\frac{\partial F\left(n_1;\ x_1,\ldots,\ x_{n_1};\ n_2;\ y_1,\ldots,y_{n_2};\ n_3,z_1,\ldots,z_{n_3}\right)}{\partial x_{n_1}}+\\
&+\frac{\partial F\left(n_1;\ x_1,\ldots,x_{n_1};\ n_2;\ y_1,\ldots,y_{n_2};\ n_3,z_1,\ldots,z_{n_3}\right)}{\partial y_{n_2}}+\\
&+\frac{\partial F\left(n_1;\ x_1,\ldots,x_{n_1};\ n_2;\ y_1,\ldots,y_{n_2};\ n_3,z_1,\ldots,z_{n_3}\right)}{\partial z_{n_3}}-\\
&\frac{\partial F\left(n_1;\ x_1,\ldots,\ x_{n_1-1},0;\ n_2;\ y_1,\ldots,y_{n_2};\ n_3,z_1,\ldots,z_{n_3}\right)}{\partial x_{n_1}}-\\
&-\frac{\partial F\left(n_1;\ x_1,\ldots,x_{n_1};\ n_2;\ y_1,\ldots,y_{n_2-1},0;\ n_3,z_1,\ldots,z_{n_3}\right)}{\partial y_{n_2}}-\\
&\frac{\partial F\left(n_1;\ x_1,\ldots,x_{n_1};\ n_2;\ y_1,\ldots,y_{n_2};\ n_3,z_1,\ldots,z_{n_3-1},0\right)}{\partial z_{n_3}}+\\
&+\lambda B_1(n_1;\ x_{n_1})\times F\left(n_1-1,x_1,\ldots,x_{n_1-1},x_{n_1};\ n_2,y_1,\ldots,y_{n_2-1},,y_{n_2};\ n_3,z_1,\ldots,z_{n_3-1},z_{n_3}\right)+\\
&+B_2(n_2;\ y_{n_2})\times\frac{\partial F\left(n_1+1;\ x_1,\ldots,x_{n_1-1},0;\ n_2-1;y_1,\ldots,y_{n_2-1},y_{n_2};\ n_3,z_1,\ldots,z_{n_3-1},z_{n_3}\right)}{\partial x_{n_1}}+\\
&+\frac{1}{2}B_3(n_3;\ z_{n_3})\times\frac{\partial F\left(n_1;\ x_1,\ldots,x_{n_1-1},x_{n_1};\ n_2+1;y_1,\ldots,y_{n_2-1},0;\ n_3-1,z_1,\ldots,z_{n_3-1},z_{n_3}\right)}{\partial y_{n_2}}+\\
&+B_1(n_1;\ x_{n_1})\times\frac{\partial F\left(n_1-1;\ x_1,\ldots,x_{n_1-1},x_{n_1};\ n_2;\ y_1,\ldots,y_{n_2-1},y_{n_2};\ n_3+1,z_1,\ldots,z_{n_3-1},0\right)}{\partial z_{n_3}}+\\
&+\frac{1}{2}\times\frac{\partial F\left(n_1;\ x_1,\ldots,x_{n_1-1},x_{n_1};\ n_2+1;\ y_1,\ldots,y_{n_2-1},0;\ n_3,z_1,\ldots,z_{n_3-1},z_{n_3}\right)}{\partial y_{n_2}}.
\end{aligned}
\tag{7}
$$

Поиск решения данных уравнений аналитически сложен. Предположим, что решением является

$$
\begin{aligned}
&F\left(n_1;\ x_1,\ldots,x_{n_1};\ n_2;\ y_1,\ldots,y_{n_2};\ n_3,z_1,\ldots,z_{n_3}\right)=(2\lambda)^{n_1}(2\lambda)^{n_2}(\lambda)^{n_3}P_0\times\\
&\times\prod_{i=1}^{n_1}\int_0^{x_i}[1-B_1(i,u)]du\times\prod_{i=1}^{n_2}\int_0^{y_i}[1-B_2(i,u)]du\times\prod_{i=1}^{n_3}\int_0^{z_i}[1-B_3(i,u)]du,
\end{aligned}
\tag{8}
$$

Проверяем найденное решение (8) непосредственной подстановкой в уравнения (7). В результате данное решение (8) удовлетворяет уравнениям (7). Согласно результату Севастьянова [1] и формуле (8), стационарное распределение сохраняет форму произведения (инвариантно) и при введенных допущениях. Разнообразные обобщения этих моделей рассматривались в [2–5].

В ходе проделанной работы получены следующие основные результаты:

1) для марковской модели сети с тремя узлами записаны уравнения равновесия (формула 1), получено достаточное условие эргодичности (формула 6) и найдено стационарное распределение (формула 5);

2) для полумарковской модели сети с тремя узлами определен вид дифференциально-разностных уравнений Колмогорова (формула 7), найдено стационарное распределение (формула 8) и доказана инвариантность.

Литература

1. Гнеденко, Б.В. Введение в теорию массового обслуживания /Б.В. Гнеденко, И.Н. Коваленко. – М.: Наука, 1966. – 431 с.
2. Малинковский, Ю.В. Теория массового обслуживания /Ю.В. Малинковский. – Гомель: Бел ГУТ, 1998.
3. Буриков, А.Д. Теория массового обслуживания /А.Д. Буриков, Ю.В. Малинковский, М.А. Маталыцкий. – Гродно: ГрГУ, 1984. – 108 с.
4. Ивченко, Г.И. Теория массового обслуживания /Г.И. Ивченко, В.А. Каштанов, И.Н. Коваленко. – М.: Высшая школа, 1982. – 256 с.
5. Кениг, Д. Методы теории массового обслуживания: пер. с нем. /под ред. Г.П. Климова /Д. Кениг, Д. Штоян. – М.: Радио и связь, 1981. – 128 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ РАСХОДА РЕСУРСОВ ПРЕДПРИЯТИЯ ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ ВЕРОЯТНОСТНОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПРОИЗВОДСТВА С ПОМОЩЬЮ ПОЛУМАРКОВСКОЙ МОДЕЛИ

А.С. Калугин

Учреждение образования «Гомельский государственный университет имени Франциска Скорины», Беларусь

Научный руководитель И.В. Максимей

1. Содержательное описание объекта исследования

Объектом исследования является некоторый случайный технологический процесс производства (ТПП) с последовательным характером выполнения технологических операций (ТХО). ТХО$_i$ имеют дискретный характер и ограниченное число типов ($1 \le i \le n$). Примером таких ТПП можно считать операции по обработке различных изделий, длительность протекания которых является случайной величиной.

2. Концептуальная модель объекта исследования

Объект исследования обладает следующими особенностями:

- ТХО$_i$ имеют дискретный характер;
- последовательность выполнения операций (одновременно выполняется не более одной ТХО$_i$);
- число ТХО$_i$ и порядок их выполнения определяется структурой графа (GR ТХО$_i$);
- каждая из ТХО$_i$ требует своего объема и типов ресурсов $\{RES_k\}$ производства, суммарное количество которых ограничено;
- множество $\{RES_k\}$ включает в себя следующие типы ресурсов: время выполнения ТХО$_i$ τ_{ij}; стоимость выполнения ТХО$_i$ C_{ij}; объем возобновляе-