2. Для обоснования наиболее информационного диагностического признака газовых скоплений была разработана модель распространения возмущений на самотечном участке трубопровода

ЛИТЕРАТУРА

1. Кутуков С.Е. SCADA системы в магистральном транспорте нефти /Методы систем. анализа и автомат. проектирования инвест. и орг. - техн. процессов в стр-ве: Науч.-техн. сб. Рос. инж. акад. 2000, №3, с. 63 - 66.

2. Кутуков С.Е. Диагностика и управление технологическими режимами нефтепродуктопроводов /Методы систем. анализа и автомат. проектирования инвестиц. и орг.-техн. процессов в стр-ве. Науч.-техн. сб. Рос. инж. акад. 2000, № 3, с. 61 - 63.

УДК 51:330.115

Ташев Азат Арипович - д.т.н., доцент (Алматы, КазАТК)
Доштаев Кунтуган Жубанышович - к.т.н., доцент (Алматы, КазАТК)

ОЦЕНКА ВРЕМЕНИ ВЫПОЛНЕНИЯ КОМПЛЕКСНЫХ РАБОТ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ

Во многих работах рассматривается случаи, когда продолжительность работ является фиксированной или меняется в определенных пределах, в зависимости от используемых ресурсов. Однако, в реальной жизни часто встречаются задачи определения критического пути, когда продолжительность выполняемых работ является случайной величиной с некоторой функцией распределения. Такими распределениями могут быть биномиальный, нормальный, экспоненциальный законы и т.д.

Рассмотрим методику оценки критического пути и построения для него доверительного интервала, когда комплекс работ задан в виде сетевого графа $G = \langle V, U \rangle$, причем продолжительность работ (дуги) подчиняется некоторому закону $F_i(t)$ с математическим ожиданием m_i и дисперсией σ_i^2, $i = \overline{1,n}$ (n – число работ – дуг графа).

Введем случайные величины ξ^i, $i = \overline{1,n}$, имеющие функцию распределения вероятности $F_i(t)$, математическое ожидание m_i и дисперсию σ_i^2, $i = \overline{1,n}$. Имитирование этих случайных величин можно проводить на компьютере, так как во всех инструментальных средствах программирования имеется генератор случайных чисел равномерного распределения на отрезке *(0,1)* - например, на Паскале функция η=*random*.

Используя значение этой с.в., мы можем получить значение с.в. ξ^i, с функцией распределения $F_i(t)$ по формуле:

$$\xi^i = F_i^{-1}(\eta),$$

где $F_i^{-1}(\eta)$ обратная функция к функции $F_i(t)$.

Теперь, зная характеристику времени выполнения работ сетевого графика, мы можем оценить критический путь следующим образом:

1. Сначала номер имитации *j* положим равным *1*.

2. Воспроизведем случайные числа для *j*-ой имитации для всех работ сетевого графика по формуле $\xi^{ij} = F_i^{-1}(\eta), i = \overline{1,n}$.

3. Находим критическое время T_{kp}^{j} выполнения работ по методике определения критической пути.

4. Полагаем $j=j+1$. Если $j \le N$ (N - заданное число имитации), то переход к пункту 2.

5. Вычислим оценку математического ожидания критического пути $\hat{T}_{kp}$ и СКО $\hat{\sigma}_{kp}$ по формуле:

$$\hat{T}_{kp} = \frac{\sum_{j=1}^{N} T_{kp}^{j}}{N}, \quad \hat{\sigma}_{kp} = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^{N}\left(\hat{T}_{kp} - T_{kp}^{j}\right)}{N-1}} \tag{1}$$

Возникает естественно вопрос, а сколько раз нужно имитировать случайную величину, чтобы оценка $\hat{T}_{kp}$ отличалась от реального значения менее, чем на ε. Это можно оценить, если учесть, что согласно центральной предельной теореме сумма независимых случайных величин $\hat{T}_{kp}$ (а у нас с.в. T_{kp}^{j} независимы) подчиняется нормальному закону. Тогда точность определения ε математического ожидания T_{kp} для этого закона есть

$$\varepsilon = \frac{\hat{\sigma}}{\sqrt{N}} t_{\alpha}, \tag{2}$$

где t_{α} - *квантиль* нормального закона распределения.

Из (2) получим необходимое *число имитации*

$$N = \frac{\hat{\sigma}^2 t_2^2}{\varepsilon^2}.$$

Пример. Пусть задан сетевой граф (рис. 1), продолжительность работ которого распределен по нормальному закону с плотностью вероятности

$$p(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{(t-m)^2}{2\sigma^2}}.$$

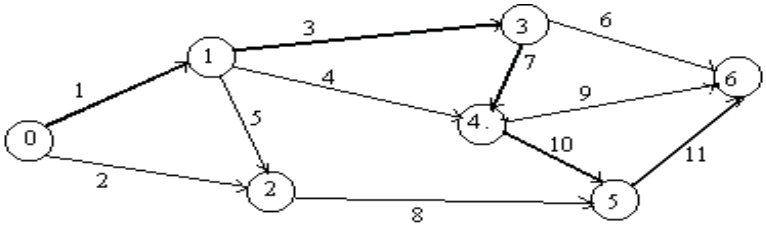

Рисунок 1. Пример сетевого графа (на дугах цифрами указаны номера работ).

Математическое ожидание и СКО времени выполнения работ представлены в табл. 2

Таблица 2

№ раб.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
t	4	2	5	3	6	8	10	9	7	2	6
σ	2	1	3	1	3	4	4	4	2	1	3

Необходимо оценить критический путь, построить для него доверительный интервал и оценить число имитации, чтобы с вероятностью *0.95* с.в. не выходила за пределы этого интервала.

Решение. В результате имитации случайных величин по нормальному закону с соответствующими параметрами m и σ получим таблицу 3.

Таблица 3.

№ имит.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	$T_{кр}$
1	0,29	2	4,8	2,3	5,2	5,6	9,5	5,3	7,7	2,14	8,24	17,2
2	4	1,32	3,91	3,14	4,57	8,83	14,6	11	6,63	0,94	4,09	22,5
3	2,97	2,57	6,93	2,71	7,06	11.3	11,2	8,87	6,65	2,5	6,32	21,2
4	5,83	1,07	8,08	3,72	3,16	12,1	12,4	8,9	6,3	2,21	3,67	26,3
5	5,37	1,04	2,72	3,1	3,7	9,82	9,13	3,05	6,76	2,25	6,19	17,4
6	4,61	2,21	4,85	1,61	2,59	7,51	9,13	10	6,5	2,46	6,85	21,9
7	3,4	2,7	6,07	2,92	7,92	6,9	9,38	3,5	7,57	2,01	8,13	20,2
8	4,53	2,59	5,63	2,15	7,21	8,58	6,35	8,85	7,65	1,72	3,07	20,7
9	5,15	1,72	5,96	2,81	5,72	7,71	12,2	9,11	5,99	2,53	4,99	23,3
10	5,26	1,72	2,55	4,02	7,25	6,13	9,49	9,58	7,4	2,18	2,36	19,5
11	2,29	1,7	3,15	2,97	8	7,1	9,78	11,6	6,9	2,59	4,95	19,6
12	5,06	1,57	7,2	3,95	5,87	5,7	10,8	9,78	4,69	2,29	8,68	24,3
13	4,62	2,31	1,69	2,43	3,61	7,3	8,51	8,04	5,48	1,73	6,46	16,8
14	4,57	1,91	5,54	2,65	2,99	7,16	4,22	10,5	6,51	1,92	4,26	22,5
№ имит.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	$T_{кр}$
15	4,09	2,02	4,78	3,05	2,22	2,39	14,6	5,1	9,28	1,38	7,57	23,5
16	5,16	2,98	6,96	4,6	8,1	4,52	6,6	9,23	9,43	1,94	7,64	23,9
17	4,18	2,22	5,15	3,19	6,27	8,08	9,89	9,8	8,19	2,61	7,95	21,7
18	2,46	2,17	4,22	3,55	4,58	6,52	14,6	10,5	4,6	2,62	4,14	21,2
19	6,58	2,82	5,75	2,78	6,07	7,17	10,1	6,84	8,97	1,62	6,07	22,4
20	0,7	2,27	5,37	2,54	3,21	6,39	8,68	10,2	6,44	2,93	3,96	22,0
21	4,16	1,14	8,43	2,61	5,21	8,41	2	10,3	7,4	1,41	6,51	24,6
22	3,59	2	5,84	2,99	8,28	8	10,6	7,05	6,83	2,4	4,44	20
23	2,58	2,66	5,06	2,94	4,52	3,75	13,3	7,71	6,06	2,47	6,33	20,9
24	5,22	2,35	4,78	3,37	7,59	8,14	8,48	7,46	7	2,84	9,34	20,3
25	2,51	1,59	5,61	2,29	6,17	6,8	7,97	11,5	6,8	2,22	8,51	21,8
26	4,26	2,21	5,02	3,63	6,14	5,49	10,3	9,4	9,03	2	6,54	20,8
27	2,81	1,33	4,91	1,95	4,85	8,39	9,06	8,49	6	2,35	6,87	18,5
28	5,87	1,92	5,05	2,71	7,61	7,75	10,9	6,3	6,7	1,78	2,52	21,9
29	5,52	2,47	6,63	2,65	7,68	7,63	10,6	7,3	7,7	2,12	8,79	22,8
30	3,93	2,19	4,37	3,56	3,7	6,58	8,81	9,81	6,7	2,63	6,34	20,7

Оценки $\hat{T}_{kp}$ и $\hat{\sigma}$ равны $\hat{T}_{kp} = \sum_{i=1}^{30} T_{kp}^{i} / 30 = 21.34$.

При этом ошибка $\hat{T}_{kp}$ с вероятностью 0.95 не превышает

$$\Delta T_{kp} = \frac{\hat{\sigma}_{kp}}{\sqrt{30}} \cdot 1.645 = 0.65 \cdot$$

Для того, чтобы ошибка не превышала $\varepsilon=1$ необходимое число имитации должно быть

$$N = \frac{\hat{\sigma}_{kp}^2 t_2^2}{\varepsilon^2} = \frac{2.19^2 \cdot 1.645^2}{1} \approx 13 \cdot$$

Выводы:

Во многих работах рассматривается случаи, когда продолжительность работ является фиксированной или меняется в определенных пределах, в зависимости от используемых ресурсов. Однако, в реальной жизни часто встречаются задачи определения критического пути, когда продолжительность выполняемых работ является случайной величиной с некоторой функцией распределения. Такими распределениями могут быть биномиальный, нормальный, экспоненциальный законы и т.д.

В данной работе рассмотрена методика оценки критического пути и построения для него доверительного интервала, когда комплекс работ задан в виде сетевого графа, и приведен конкретный пример.

ЛИТЕРАТУРА

1. Акулиничев и др. Математические методы в эксплуатации ж/д. М., Транспорт, 1971, 208 с.
2. Акулич И.Л. Математическое программирование в примерах и задачах. М., Высшая школа, 1974, 319 с.
3. Бикел П., Доксам К. Математическая статистика /Пер. с англ., вып.1. М., Финансы и статистика, 1983, 278 с.
4. Ташев А.А., Каракулов А.К. Математическое программирование. Алматы, Бастау, 2001, 198 с.
5. Прицкер А. Введение в имитационное моделирование и язык СЛАМ II /Пер. с англ. М., Мир, 1987, 646 с.

УДК 519.876.5

Укубасова Галия Сагандыковна - к.э.н., доцент, докторант программы Ph.D (Алматы, КазЭУ)

МОДЕЛИРОВАНИЕ И АНАЛИЗ КОМПЬЮТЕРНЫХ СЕТЕЙ

Со структурной единицей и формой выражения информации тесно связано понятие кода. В социально-технических системах код представляет собой значение знака или слова естественного языка, выраженное в символах какого-либо искусственного языка. Символы выбираются и строятся с таким расчетом, чтобы их можно было легко преобразовать в сигналы, воспринимаемые и компьютером и человеком.

Важным понятием в компьютерной сети является поток информации – направленное движение информации от источника к получателю. Направление потока задается, как правило, адресами источника и получателя информации. Содержание потока – перечень структурных единиц информации. Объем потока определяется количеством структурных единиц, обычно с указанием их максимальной длины. Режим потока определяется периодом времени между сообщениями.

Для анализа компьютерных сетей воспользуемся теоремой Джексона (Jackson J.R.) [1]. Эта теорема основана на трех принципах:

1. Сеть очередей состоит из N узлов, каждый из которых представляет независимое обслуживание с экспоненциально распределенным временем.
2. Запросы поступают в систему снаружи на любой из узлов с частотой, распределенной по Пуассону.