

ВТОРИЧНЫЕ МОДЕЛИ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ОБСЛУЖИВАНИЯ СЕТИ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ

В. Д. Боев, А. О. Ушкань (Санкт-Петербург)

Согласно методике [1] качество обслуживания сети передачи данных характеризуется следующими показателями:

- оценка вероятности (далее вероятность) пропускной способности сети;
- оценка математического ожидания среднего времени (далее среднее время) передачи сообщений;
- оценка вероятности (далее вероятность) потери сообщений.

Методика [1] разработана на основе динамической имитационной модели функционирования сети обмена данными в средах GPSS World и Delphi. Она позволяет более адекватно оценить показатели качества обслуживания сети по сравнению с методиками, использующими статические модели. Однако практическое применение этой методики в условиях дефицита времени на принятие решения по организации сети передачи данных проблематично, а в ряде случаев и невозможно.

Постановка задачи

С использованием методики [1] провести машинные эксперименты для типовых вариантов построения сети передачи данных. По результатам экспериментов получить вторичные модели (регрессионные, аналитические зависимости) оценки качества обслуживания сети передачи данных.

Решение задачи

Формально постановка задачи известна. Новым является предметная область, что потребовало разработки оригинальных способов решения поставленной задачи. Остановимся на некоторых из них.

Прежде всего это подготовка исходных данных и выбор факторов (характеристик) для проведения экспериментов. Сеть имеет характеристики [1], число которых при детализации для каждого ее элемента составляет несколько сотен. С учетом этого, а также особенностей проведения экспериментов в системе моделирования GPSS World (число факторов не может быть более шести) были выбраны следующие факторы:

- средние интервалы времени поступления запросов на передачу сообщений всех видов от всех источников;
- средние интервалы времени между отказами элементов сети;
- среднее время восстановления элементов сети;
- средние длины сообщений всех видов от всех источников;
- длины линий связи между узлами сети.

Естественно, что при поэлементной детализации число этих факторов также значительно больше шести. Поэтому выбранные характеристики были для каждого из элементов стандартизированы так, чтобы одноименные из них можно было при проведении экспериментов изменять все одновременно и пропорционально в требуемое число раз. При этом значения характеристик соответствовали бы возможным реальным значениям и охватывали интервалы их практических изменений.

Для реализации этого способа были введены следующие коэффициенты:

KInt – коэффициент изменения среднего времени интервалов поступления сообщений;

KDlCan – коэффициент изменения длины канала связи;

KTOTk – коэффициент изменения среднего времени интервала выхода из строя канала связи;

KTVos – коэффициент изменения среднего времени восстановления канала связи;

KDISoob – коэффициент изменения длины сообщения.

Таким образом, при проведении экспериментов факторами выступают не конкретные значения характеристик элементов сети, а введенные коэффициенты их изменения.

Были проведены пять экспериментов (дисперсионных анализов) для пяти типовых вариантов построения сети. В каждом эксперименте значение нижнего уровня факторов равно 1, а значение верхнего уровня – 4. То есть все выбранные в качестве факторов характеристики увеличивались в четыре раза.

GPSS World предоставляет также возможность проведения и оптимизирующего эксперимента, при успешном выполнении которого выводится математическая модель. Однако цель таких экспериментов достигается не всегда. Не была она достигнута и в нашем случае. Поэтому было принято решение для дальнейшей обработки экспериментальных данных использовать функцию «Регрессия» из MS Excel.

В табл. 1 приведены результаты эксперимента с моделью варианта 1 построения сети, а в табл. 2 – результаты регрессионного анализа.

Таблица 1

Результаты эксперимента с моделью варианта 1 построения сети

Наблюдение	Yield	KInt	KDlCan	KDISoob	KTOTk	KTVos
	Y	X1	X2	X3	X4	X5
Run 1	8,167	1	1	1	1	1
Run 2	16,01	1	1	1	1	4
Run 3	7,105	1	1	1	4	1
Run 4	11,267	1	1	1	4	4
Run 5	14,594	1	1	4	1	1
Run 6	22,672	1	1	4	1	4
Run 7	16,007	1	1	4	4	1
Run 8	16,505	1	1	4	4	4
Run 9	7,821	1	4	1	1	1
Run 10	15,158	1	4	1	1	4
Run 11	7,157	1	4	1	4	1
Run 12	9,949	1	4	1	4	4
Run 13	18,686	1	4	4	1	1
Run 14	21,89	1	4	4	1	4
Run 15	13,802	1	4	4	4	1
Run 16	19,765	1	4	4	4	4
Run 17	8,505	4	1	1	1	1
Run 18	18,01	4	1	1	1	4
Run 19	7,879	4	1	1	4	1
Run 20	9,091	4	1	1	4	4
Run 21	18,514	4	1	4	1	1
Run 22	26,631	4	1	4	1	4
Run 23	18,786	4	1	4	4	1
Run 24	19,743	4	1	4	4	4
Run 25	8,307	4	4	1	1	1
Run 26	15,557	4	4	1	1	4
Run 27	9,93	4	4	1	4	1
Run 28	9,881	4	4	1	4	4
Run 29	23,349	4	4	4	1	1
Run 30	25,944	4	4	4	1	4
Run 31	19,6	4	4	4	4	1
Run 32	21,263	4	4	4	4	4

Кроме вычисленных оценок коэффициентов регрессии функция «Регрессия» выдает также результаты регрессионного анализа (табл. 2): вычисленные значения отклонений \bar{y}_i , разность между ними и измеренными в эксперименте в каждом наблюдении $y_i - \bar{y}_i$, среднеквадратические ошибки в определении коэффициентов регрессии и отклонений при определенных значениях факторов и некоторые другие.

Таблица 2

Результаты регрессионного анализа

	Коэффициенты	Стандартная ошибка	t–статистика
Y–пересечение	4,297916667	1,404097158	3,060982384
Переменная X1	0,717395833	0,24259104	2,957223121
Переменная X2	0,178604167	0,24259104	0,736235627
Переменная X3	3,0824375	0,24259104	12,70631222
Переменная X4	-1,085104167	0,24259104	-4,472977095
Переменная X5	1,4818125	0,24259104	6,108273819
Наблюдение	Предсказанное Y	Остатки	Стандартные остатки
1	8,6730625	-0,5060625	-0,268446239
2	13,1185	2,8915	1,533826951
3	5,41775	1,68725	0,895019721
4	9,8631875	1,4038125	0,744667282
5	17,920375	-3,326375	-1,764511023
6	22,3658125	0,3061875	0,162420418
7	14,6650625	1,3419375	0,71184503
8	19,1105	-2,6055	-1,382115207
9	9,208875	-1,387875	-0,736213066
10	13,6543125	1,5036875	0,797647039
11	5,9535625	1,2034375	0,638376231
12	10,399	-0,45	-0,23870729
13	18,4561875	0,2298125	0,121906487
14	22,901625	-1,011625	-0,536627249
15	15,200875	-1,398875	-0,742048133
16	19,6463125	0,1186875	0,062959048
17	10,82525	-2,32025	-1,230801308
18	15,2706875	2,7393125	1,453097472
19	7,5699375	0,3090625	0,163945493
20	12,015375	-2,924375	-1,551265845
21	20,0725625	-1,5585625	-0,826756067
22	24,518	2,113	1,12086334
23	16,81725	1,96875	1,044344392
24	21,2626875	-1,5196875	-0,806134409
25	11,3610625	-3,0540625	-1,620059959
26	15,8065	-0,2495	-0,132349931
27	8,10575	1,82425	0,967692829
28	12,5511875	-2,6701875	-1,41642938
29	20,608375	2,740625	1,453793701
30	25,0538125	0,8901875	0,472209434
31	17,3530625	2,2469375	1,191911912
32	21,7985	-0,5355	-0,284061675

Для вторичных моделей (уравнений регрессии) введем обозначения:

\bar{y}_i – вычисленное значение отклика модели;

x_1 – фактор, представляющий коэффициент изменения среднего интервала времени поступления сообщений в сеть передачи данных;

x_2 – фактор, представляющий коэффициент изменения длины канала связи;

x_3 – фактор, представляющий коэффициент изменения длины сообщения;

x_4 – фактор, представляющий коэффициент изменения среднего интервала времени между отказами элементов сети;

x_5 – фактор, представляющий коэффициент изменения среднего времени восстановления отказов элементов сети.

Получены следующие пять вторичных моделей оценки среднего времени передачи сообщений для пяти вариантов построения сети передачи данных:

$$\bar{y}_1 = 4,297916667 + 0,717395833x_1 + 0,178604167x_2 + 3,0824375x_3 - 1,085104167x_4 + 1,4818125x_5;$$

$$\bar{y}_2 = 5,001395833 + 0,6453125x_1 + 0,159354167x_2 + 2,7813125x_3 - 0,926895833x_4 + 1,044145833x_5;$$

$$\bar{y}_3 = 3,573229167 + 0,694083333x_1 + 0,077458333x_2 + 3,255958333x_3 - 0,658041667x_4 + 0,74525x_5;$$

$$\bar{y}_4 = 6,55075 + 0,002145833x_1 + 0,080854176x_2 + 2,408645833x_3 - 1,000520833x_4 + 1,2458125x_5;$$

$$\bar{y}_5 = 2,025520833 + 0,951395833x_1 + 4,169395833x_2 - 0,124604167x_3 + 0,194395833x_4 - 0,235229167x_5.$$

Так же получают вторичные модели оценки и других показателей качества обслуживания сети передачи данных.

Выводы

Получены вторичные модели, позволяющие оперативно оценить качество обслуживания сети в условиях дефицита времени на принятие решения по организации сети передачи данных.

Литература

1. **Боев В. Д., Ушкань А. О.** Методика оценки качества обслуживания сети передачи данных//Четвертая международная конференция «Имитационное моделирование. Теория и практика. ИММОД-2009». Сб. докл. СПб.: ФГУП ЦНИИТС, 2009.
2. **Боев В. Д.** Моделирование систем. Инструментальные средства GPSS World: Учеб. пособие. СПб.: БХВ-Петербург, 2004. 368 с.
3. **Боев В. Д., Сыпченко Р. П.** Компьютерное моделирование. Элементы теории и практики: Учеб. пособие. СПб.: ВАС, 2009. 432 с.