

Список литературы

1. Schmidt E. Zur theorie der linearen mid nichtlinearen integralglei-chungen. - Math. Ann., 1907. - 63. - P.433-476.
2. Шура-Бура М.Р. Аппроксимация многомерных функций суммой произведений одномерных функций // Журнал вычисл. матем. и матем. физ. - Т.2. - 1957. - С. 13-19.
3. Поспелов В.В. Точность аппроксимации двумерных функций суммой произведений одномерных функций // Журнал вычисл. матем. и матем. физ. - 1978. - Т. 18. - N 5. - С.1307-1308.
4. Василенко В.А. Наилучшие конечномерные  $\Sigma\Pi$ -приближения // Численные методы и математическое моделирование.- Новосибирск, 1990. - С.25-39.
5. Vasilenko V.A., The best finite dimensional  $\Sigma\Pi$ -approximation.- Sov.J. Num.Anal. Math.Mod. - 1990. - vol.5. - No.4/5. - P.435-443.
6. Лоран П.-Ж. Аппроксимация и оптимизация. - М.: Мир, 1975. - 496 с.
7. Baklanova O.E. Data compression with  $\Sigma\Pi$ -approximations based on splines /O.E. Baklanova, V.A. Vasilenko. - NCC Bulletin, series "Numerical Analysis", 1993, issue 2.- Novosibirsk NCC Publisher. - P. 11-18.

Получено 01.02.10

УДК 004.3

**И.С. Баранович**

ВКГТУ им. Д. Серикбаева, г. Усть-Каменогорск

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО РЕЗЕРВА НЕНАДЕЖНЫХ БЛОКОВ  
ДЛЯ ПАРКА ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ МАШИН ВКГТУ**

При эксплуатации парка вычислительной техники часть блоков имеют ограниченный ресурс времени их эксплуатации, и требуется их частичная ротация.

Анализ статистических данных по эксплуатации парка персональных компьютеров (ПК) в ВКГТУ показал, что из-за низкой надежности отдельных компонентов ПК сотрудниками информационно-технологического центра осуществляется ремонт по двум направлениям: аппаратный и программный ремонт устройств. К компьютерным проблемам, связанным с аппаратным обеспечением компьютера, относятся: ремонт, замена, модернизация, установка и настройка комплектующих (материнской платы, процессора, оперативной памяти, жесткого диска HDD, накопителя на гибких магнитных дисках FDD, оптического привода CD-ROM/DVD-ROM, видеоадаптера, звуковой карты, сетевой карты, модема); прошивка BIOS; ремонт систем охлаждения либо их замена; ремонт блока питания либо его замена. В программный ремонт входит: переустановка операционной системы, установка и настройка программного обеспечения, поиск и удаление вирусов, настройка сети и интернет, восстановление удаленной информации.

Изучив заявки, поступающие в отдел информационно-технологического центра, пришел к выводу, что значительная часть отказов связана с выходом из строя аппаратной составляющей ПК, а именно: с производственными дефектами, большими нагрузками, а также из-за несовместимости между собой отдельных устройств. Поэтому дальнейшие исследования были направлены на создание методики определения оптимального запаса необходимых расходуемых частей для замены наиболее часто выходящих из строя компьютерных компонентов.

Возникает проблема выбора оптимального резерва. Нами предложен имитационный алгоритм на примере парка ВКГТУ. Но так как имитационный метод дает доверительное решение, то для его обоснования требуется аналитический вариант в качестве опорного

алгоритма Эрланга-Калмогорова.

Рассмотрим задачу определения надёжности работы многозвенной машины, состоящей из однотипных блоков (с резервным запасом блоков).

Для нашей задачи вероятности всевозможных состояний системы могут быть определены по следующей системе дифференциальных уравнений:

Введём следующие обозначения:

$P_0(t)$  - вероятность того, что в момент  $t$  все блоки находятся в исправном состоянии и машина работает;

$P_K(t)$  - вероятность того, что в момент  $t$  имеется  $K$  неисправных блоков;

$P_{n+1}(t)$  - вероятность того, что машина не может работать из-за отсутствия исправных блоков для замены вновь вышедшего.

Вероятности возможных состояний системы описываются следующей системой дифференциальных уравнений

$$\begin{aligned} P'_0(t) &= -\lambda P_0(t) + \mu P_1(t), \\ P'_K(t) &= -(\lambda + k\mu)P_K(t) + \lambda P_{K-1}(t) + (k+1)\mu P_{K+1}(t) \text{ при } 0 < k < c, \\ P'_K(t) &= -(\lambda + c\mu)P_K(t) + \lambda P_{K-1}(t) + c\mu P_{K+1}(t) \text{ при } c \leq k < n+1, \\ P'_n(t) &= -c\mu P_{n+1}(t) + \lambda P_n(t). \end{aligned} \quad (1)$$

Если обозначить  $\alpha = \frac{\lambda}{\mu}$  и учесть нормирующее условие

$$\sum_{k=0}^{n+1} P_k(t) = 1, \quad (2)$$

то получим при стационарном режиме следующие решения:

1. Вероятность того, что  $K$  блоков машины находятся в ремонте

$$\begin{aligned} p_k &= \frac{\alpha^k}{k!} P_0 \text{ при } k \leq c, \\ P_k &= \left(\frac{\alpha}{c}\right)^{k-c} \cdot \frac{\alpha^k}{c!} P_0 \text{ при } c \leq k \leq n+1. \end{aligned} \quad (3)$$

2. Вероятность того, что все  $n$  запасных блоков находятся в неисправном состоянии

$$P_0 = \left[ 1 + \sum_{k=1}^c \frac{\alpha^k}{k!} + \frac{\alpha^c}{c!} \sum_{k=1}^{n-c+1} \left(\frac{\alpha}{c}\right)^k \right]^{-1}. \quad (4)$$

3. Машина не будет работать в том случае, если  $n+1$  блок выйдет из строя. Вероятность этого состояния определится формулой (3) при  $k=n+1$ , т.е

$$P_{отк} = \frac{\left(\frac{\alpha}{c}\right)^{n-c+1} \frac{\alpha^c}{c!}}{1 + \sum_{k=1}^c \frac{\alpha^k}{k!} + \frac{\alpha^c}{c!} + \frac{\alpha^c}{c!} \sum_{r=1}^{n-c+1} \left(\frac{\alpha}{c}\right)^r}. \quad (5)$$

Мы определили вероятности состояний ( $P_0, P_1, P_2, \dots, P_1, \dots, P_n$ ).

Теперь с помощью этих величин можно определить любые характеристики системы обслуживания.

4. Среднее число блоков, находящихся в ремонте при бесперебойной работе машины, определяется из зависимости

$$N_p = \sum_{k=1}^n kP_k. \quad (6)$$

5. Среднее число занятых ремонтом операторов

$$N_3 = \sum_{k=1}^c KP_3 + C \sum_{k=c+1}^{n+1} P_k. \quad (7)$$

6. Коэффициент загрузки операторов равен

$$K_3 = \frac{N_3}{c}. \quad (8)$$

7. Среднее число блоков, описывающих ремонт

$$N_0 = \sum_{k=c+1}^{n+1} (k-c)P_k. \quad (9)$$

Для определения экономически целесообразного количества запасных блоков и числа операторов, производящих их ремонт, предлагается воспользоваться следующей формулой, по которой среди всех вариантов надо выбрать такой, который обеспечивает минимум потерь при эксплуатации машины:

$$\min C_0 = nC_{\text{зап}} + (cC_{\text{оп}} + C_{\text{пр}}P_{\text{отк}})T_a, \quad (10)$$

где  $C_{\text{зап}}$  – стоимость запасного блока;

$C_{\text{пр}}$  – стоимость одной единицы времени простоя машины;

$C_{\text{оп}}$  – стоимость содержания одного оператора в единицу времени;

$T_a$  – среднее время амортизации запасного блока.

Если число операторов вполне определенное (т.е. задано), то оптимальное число запасных частей, обеспечивающих минимум потерь, возникающих из-за простоя машины и затрат на запасные блоки, можно определить по формуле

$$\min C_0 = nC_{\text{зап}} + C_{\text{пр}}P_{\text{отк}}T_a. \quad (11)$$

Далее рассмотрим имитационный метод. Поскольку для решения задачи аналитическим методом требуется составить очень сложную систему дифференциальных уравнений, этим методом моделирования эту задачу решить нельзя. Поэтому имитационный метод применяется в подобных задачах впервые.

Часть исходных условий не входит в схему решения аналитическим методом, и единственно возможным является имитационный подход. Был сделан статистический анализ исходных данных. В результате чего было установлено, что заявки на ремонт образуют простейший поток, а система относится к марковскому типу, что укладывается в схему имитационного метода. Построена математическая модель в виде таблицы условных функционалов переходов (ТУФП), в которой в качестве инструментов моделирования используется вероятностные автоматы.

Рассмотрим технический вариант этой проблемы и введем следующие обозначения: пусть система обслуживания состоит из  $m$  блоков; наработка на отказ каждого блока имеет случайный характер и подчиняется показательному распределению со средним временем отказа  $\bar{t}_{\text{отк}}$ . Как только блок выходит из строя, его заменяют запасным, если он имеется в резерве. Блок, который был заменён исправным, поступает в ремонт.

Имеется бригада, состоящая из  $C$  операторов, каждый из которых может восстановить неисправный блок за какое-то время. Будем считать, что время восстановления имеет показательное распределение с параметром  $\mu$ .

Введём в рассмотрение два накопителя:  $BR$  – накопитель резервных блоков и  $BN$  – накопитель неисправных блоков.

В начале обслуживания будем считать, что отдел по ремонту имеет  $n$  резервных блоков и ноль неисправных блоков, т.е.  $BR = n$ , а  $BN = 0$ .

Введём два массива автоматов:

- 1)  $O = \{0_1, 0_2, \dots, 0_c\}$  -  $c$  автоматов, генерирующих работу операторов по ремонту блоков;
- 2)  $A = \{A_1, A_2, \dots, A_m\}$  -  $m$  автоматов, генерирующих исправную работу блоков.

Далее приведена схема обслуживания (рис.1).

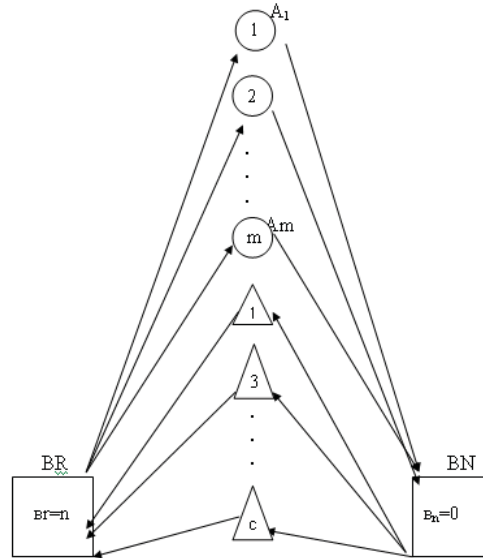


Рисунок 1 – Схема обслуживания системы с ненадежными блоками

Для создания программного модуля необходимо записать:

- 1) блок инициализации, где должны быть установлены начальные значения внутренних состояний автоматов;
- 2) блок, представляющий собой ТУФП;
- 3) блок, формирующий вычисление индикаторов системы, которые являются выходными данными.

Запишем систему блоков программного модуля с подробными комментариями.

Произведем инициализацию исходных данных. Для этого установим генератор автоматного времени. Будем считать, что производственный эксперимент укладывается в определенный промежуток времени. Если в качестве единицы автоматного времени взять один час и проследить работу системы в течение одного месяца (24 раб. дня) по 8 часов в день, то производственный промежуток времени составит 192 часа. Генератор автоматного времени можно установить на 192 часа.

В силу особенностей имитационного моделирования результатом решения задачи будет лишь доверительный вариант, для уточнения которого необходимо эксперимент повторить несколько раз, например ещё три раза. Для окончательного решения необходимо четыре экспериментальных варианта решения усреднить.

Вместо этого можно тот же уточненный ответ получить одним приёмом, но для этого генератор автоматного времени нужно установить на  $G = 192 \cdot 4 = 768$  тактов.

В этом случае усреднение произойдёт автоматически. В силу сказанного, инициализацию генератора будем устанавливать на заведомо большое число тактов, что при ус-

ловии современного быстродействия ЭВМ не скажется на характере самого решения, но приведёт к повышению его точности.

Инициализацию автоматов  $A_1, A_2, \dots, A_m$  и  $O_1, O_2, \dots, O_c$  устанавливают также произвольно, но в диапазоне реальных значений. Это связано со свойством Марковских, Эргодических процессов, которые быстро переходят к стационарному режиму независимо от данных.

Возьмём например  $a_1 = 1, a_2 = 2, \dots, a_m = m$ , т.е. через каждую единицу времени запускается очередной блок.

Пусть  $O_1 = 0, O_2 = 0, \dots, O_c = 0$ .

Если все блоки исправны, то мастера свободны.

Величины  $\lambda$  (плотность потока неисправных блоков),  $\mu$  (плотность потока исправных блоков),  $m, n$  являются параметрами. Из числовых значений, определяемых только для конкретной задачи, число состояний в данной системе  $S_0, S_1, S_2 \dots S_n, S_{n+1}$  равно  $n + 1$ . При этом номер состояния определяется числом неисправных блоков в накопителе  $BN$ . Особый случай: когда все блоки неисправны, тогда машина приходит к полной остановке.

Именно вероятность этого состояния определяет минимальную степень ненадёжности системы. В этом случае возникает задача выбора оптимального запаса  $n$  резервных блоков по максимально допустимой вероятности  $P_n$  аварий того состояния системы.

Например, из соображения экономической целесообразности необходимо выбрать такой резерв блоков, чтобы он обеспечил вероятность полного отказа системы  $P_n$  – не более 0,1 ...

$$P_n \leq 0,1.$$

Будем считать, что процесс инициализации восстанавливается в некотором промежуточном периоде обслуживания.

Поэтому резерв блоков разделим между накопителями поровну  $n$  примем начальное состояние для  $vc=n/2$  и  $vn=n/2$ . Это следует из того, что в течение всего процесса обслуживания  $vc+vn=n$ . Теперь запишем ТУФП.

Начало  $G = 1000, m = 20, n = 6, c = 3, \bar{t}_{отк} = 20$  раб. дней,  $\bar{t}_{рем} = 3, vc = 3, vn = 3;$

$v, W, R, WP [2, n+1]$  - индикаторы.

Начало цикла $y=1/1000$ Начало цикла $I=1/m$	
A	если $A[I] > 1$ , то $A[I] = A[I]-1$ если $i$ -му блоку СМО осталось работать больше, чем одна единица автоматного времени, то в следующую единицу эта величина уменьшится на единицу
A	если $A[I]=1$ и $vc \geq 1$ , то $vc=vc-1$ и $vn=vn+1$ , и $A[I]=[-\bar{t}_{отк} \cdot Ln(RANDOOM)]$ если до отказа $i$ -го блока СМО осталась одна единица автоматного времени и в резерве оказался хотя бы один исправный блок ( $vc \geq 1$ ), то в следующую ед. времени неисправный блок поступает в накопитель $BN$ ( $vn=vn+1$ ), а вместо него ставится исправный блок из накопителя $BR$ ( $vc=vc-1$ ). Новому блоку назначается новое время наработки до очередного отказа ( $A[I]=[-\bar{t}_{отк} \cdot Ln(RANDOOM)]$ ). Квадратные скобки обозначают операцию округления до натурального значения

## Окончание таблицы

А	если $A[I]=1$ и $вч=0$ , то $вн=вн+1$ и $A[I]=0$
	если до отказа $i$ -го блока СМО осталась одна единица времени и резервных блоков нет, то в следующую единицу времени неисправный блок отправляется в накопитель $BN(вн=вн+1)$ , а сам блок снимается из обслуживания
А	если $A[I]=0$ и $вч \geq 1$ , то $вч=вч-1$ и $A[I]=[-\bar{t}_{омк} \cdot Ln(RANDOOM)]$
	если блок был снят, но в резерве появился новый блок ( $вч \geq 1$ ), то в следующую единицу времени $i$ блок системы восстанавливается за счёт резервного блока, изъятого из накопителя ( $вч=вч-1$ )
А	если $A[I]=0$ и $вч=0$ , то $A[I]=0$
	если $i$ -й блок был снят и в резерве нет блоков, то $i$ -й блок в следующую единицу остаётся снятым из обслуживания
Конец цикла $I$ Начало цикла $I=1/C$	
О	если $O[I]>1$ , то $O[I]=O[I]-1$
	если у $i$ -го оператора до окончания ремонта неисправного блока осталось больше чем одна единица автоматного времени, то в следующую единицу автоматного времени эта величина уменьшится на единицу
О	если $O[I]=1$ и $вн \geq 1$ , то $вч=вч+1$ и $вн=вн-1$ , и $O[I]=[\bar{t}_{рсм} \cdot Ln(RANDOOM)]$
	если $i$ -му оператору до окончания ремонта осталась одна единица автоматного времени и в накопителе неисправных блоков есть хотя бы один блок ( $вн \geq 1$ ), то в следующую минуту исправный блок попадет в накопитель $BR(вч=вч+1)$ , а неисправный из накопителя $BN$ перейдет оператору ( $вн=вн-1$ ) и ему будет назначен новый отрезок времени ремонта
О	если $O[I]=1$ и $вн=0$ , то $вч=вч+1$ и $O[I]=0$
	если $i$ -му оператору до окончания ремонта осталась одна единица автоматного времени, а в накопителе неисправных блоков $BN$ их нет, то в следующую единицу времени исправный блок попадает в накопитель $BR(вч=вч+1)$ , а оператор считается свободным от обслуживания
О	если $O[I]=0$ и $вн \geq 1$ , то $вн=вн-1$ и $O[I]=[-\bar{t}_{обсл} \cdot Ln(RANDOOM)]$
	если $i$ -й оператор был свободен и в накопителе $BN$ появился неисправный блок, то оператор приступает к его ремонту и ему назначается новый отрезок времени ремонта
О	если $O[I]=0$ и $вн=0$ , то $O[I]=0$
	если оператор был свободен и в накопителе не оказалось неисправных блоков, то оператор остаётся свободным

Конец цикла  $I$ Начало цикла  $I=0/n$ Если  $вн=I$ , то $W[2 I] = W[2 I]+1$ Конец цикла  $I$ 

Просматриваются ячейки массива

$$WP \begin{Bmatrix} 0 & 1 & 2 & \dots & I & \dots & n \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & & 0 \end{Bmatrix}$$

И если номер столбца массива в данную единицу автоматного времени совпадает с числом неисправных блоков  $n$ , если в накопителе  $BN$  окажется  $I$  неисправных блоков, то это будет означать, что в эту единицу автоматного времени система будет находиться в  $I$ -м состоянии.

Эта единица и заносится во вторую строку  $i$ -го столбца массива  $WP$  и суммируется с предыдущими единицами.

В результате работы  $I$ -цикла все единицы генератора  $G$  распределятся во второй строке массива  $WP$ :

Конец цикла  $I$

Начало цикла  $I=0/n$

$WP[2 I] = WP[2 I]/G$

Конец цикла  $I$

В результате работы этого цикла в массиве  $WP[2 I]$  будет получен закон распределения состояний  $P_0, P_1, \dots, P_n$ .

Если  $P_n$  окажется больше чем 0,  $P_n > 0,1$ , то число запасных блоков нужно увеличить до  $n+1$ . Такой процесс необходимо продолжать до тех пор, пока  $P_n$  не станет меньше чем 0;  $1; n_1$  – будет оптимальным количеством резерва.

Полученный результат показывает необходимость дальнейших исследований в области расширения этой проблемы для более полного учета исходных условий, что даст возможность создать автоматизированное программное управление выбора оптимального резерва ненадежных элементов.

#### Список литературы

1. Лившиц А.Л. Статистическое моделирование систем массового обслуживания / А.Л. Лившиц, Э.А. Мальц. – М., 1978.
2. Чернявский В.С. Имитационное моделирование процессов и систем. – Усть-Каменогорск: ВКГТУ, 2010. – 320 с.
3. Чернявский В.С. Системные понятия математического моделирования. – Усть-Каменогорск: ВКГТУ, 2009. – 190 с.
4. Бусленко Н.П. Моделирование сложных систем. – М., 1978. – 415 с.
5. Рыжиков Ю.И. Имитационное моделирование. – СПб., 2004. – 276 с.

Получено 1.02.10

УДК 681.3.06

**Ю.А. Вайс**

ВКГТУ, г. Усть-Каменогорск

#### КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО КАПИТАЛА В ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ МЕДИЦИНСКОГО ПЕРСОНАЛА

Оценить рыночную стоимость действующего бизнеса его владельцу самостоятельно очень непросто. Когда основной капитал бизнеса заключен в материальном имуществе, разобраться в ситуации еще можно. Оценка же нематериальных активов, которые порой и приносят основную прибыль, в большинстве случаев сильно затруднена и потому, как