Записки Ленинградского орденов Ленина и Трудового Красного Знамени горного института им. Г. В. Плеханова, т. LVI, вып. 1, 1968 г.

УДК 621.3.019.3 : 621.395.74

ВЕРОЯТНОСТНАЯ ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ НАЗЕМНОЙ ТЕЛЕФОННОЙ СЕТИ КРУПНОГО ГОРНОДОБЫВАЮЩЕГО ПРЕДПРИЯТИЯ

М. И. Ханукаев, Л. М. Сосинский

В последние годы на горных предприятиях создаются вычислительные центры, призванные автоматизировать управление сложными производственными процессами и быстро перерабатывать значительные объемы оперативной и статистической информации. Эффективность создаваемых центров обработки ЦО во многом зависит от своевременного поступления исходной информации с объектов управления (шахт). Шахты часто удалены от комбинатов на десятки и даже сотни километров. Однако, благодаря применению линий электросвязи для передачи информации в ЦО, появились новые перспективы использования электронных цифровых вычислительных машин. Поэтому надежность и живучесть сетей связи, предназначенных для использования в системах передачи данных, приобретают важное значение.

Полагая, что источником информации является шахта, а центром обработки — комбинат, условимся: 1) каждая шахта (абонент) для прямой связи с центром обработки располагает j направлениями связи, в каждом из которых по одному каналу (под направлением следует понимать территориально разнесенные каналы связи); 2) нарушение связи с i абонентом есть повреждение всех j направлений i абонента.

Множество абонентов телефонной сети комбината равно

$$M = M_1 \cup M_2 \cup M_3 \cup, \ldots \cup M_j \cup \ldots, \cup M_{t-1} \cup M_t,$$

где M_j — подмножество абонентов, располагающих j направлениями связи; t — число направлений. Очевидно, что для нарушения связи с абонентом, имеющим j направлений, необходимо, чтобы: 1) каждое из j направлений имело хотя бы одно повреждение; 2) количество одновременно существующих повреждений по сети в целом численно должно быть больше или равно j.

В качестве примера рассмотрим телефонную сеть промсвязи комбината Воркутуголь, для которой $t = 4$.

Всю сеть комбината разобьем на элементарные участки. Тогда, суммарное число участков по всем j направлениям i абонента равно

$$l^i = \sum_{j=1}^{q} l^i_j,$$

где $q \leqslant t$; l^i_j — число участков в j направлении i абонента.

Число участков по сети в целом

$$L = \sum_{i=1}^{r} \sum_{j=1}^{q} l^i_j,$$

где r — общее число абонентов сети.

Событие A^x — повреждение точно x определенных участков сети; $P(A^x)$ — вероятность события A^x (повреждение любого участка сети равновероятно).

Событие B_j^x — нарушение связи с любым из r абонентов при наличии j направлений и точно x повреждений строго определенных участков сети; $P(B_j^x)$ — вероятность события B_j^x. Вероятность события $P(A^x)$ равна

$$P(A^x) = \frac{m_j^x}{n_j^x},$$

где m_j^x — число благоприятных событий, n_j^x — общее число событий (стоящие при них индексы означают, для каких x и j они определялись).

1. Вероятность нарушения связи при $x = 1$, т. е. при наличии точно одного поврежденного участка сети: при $j = 1$

$$P(A^1) = \frac{m_1^1}{n_1^1} = \frac{1}{L}$$

или

$$P(A^1) = \frac{1}{\sum_{i=1}^{r}\sum_{j=1}^{q} l_j^i}.$$

Согласно равновероятности событий A^1 имеем

$$P(B_1^1) = l_1^j P(A^1) = \frac{l_1^j}{\sum_{i=1}^{r}\sum_{j=1}^{q} l_j^i}.$$

При $1 < j \leqslant 4$ вероятности нарушения связи с абонентами подмножеств M_2, M_3 и M_4 равны $P(B_1^2) = P(B_1^3) = P(B_1^4) = 0$, т. е. связь не будет нарушена.

2. Вероятность нарушения связи при $x = 2$: при $j = 1$

$$P(A^2) = \frac{m_1^1}{n_1^2} = \frac{1}{C_L^x} = \frac{1}{C^2_{\sum_{i=1}^{r}\sum_{j=1}^{q} l_j^i}},$$

где C_L^x — число сочетаний из L по x;

$$m_1^2 = C^2_{l_1^j} + C^1_{l_1^j} C^1_{L-l_1^j} = C^2_{l_1^j} + l_1^j (L - l_1^j),$$

$$P(B_1^1) = \frac{C^2_{l_1^j} + l_1^j (L - l_1^j)}{C^2_{\sum_{i=1}^{r}\sum_{j=1}^{q} l_j^i}}.$$

При $j = 2$ $B_2^2 = m_2^2 A^2$, где

$$m_2^2 = C^1_{l_1^j} C^1_{l_1^j} = l_1^j l_2^j.$$

$$P(B_2^2) = \frac{l_1^j l_2^j}{C^2_{\sum_{i=1}^{r}\sum_{j=1}^{q} l_j^i}}.$$

При $2 < i \leqslant 4$ вероятность нарушения связи с абонентами подмножеств M_3 и M_4 равна $P(B_2^4) = P(B_2^4) = 0$.

3. Вероятность нарушения связи при $x=3$: при $j=1$

$$P(A^3)=\frac{m_1^1}{n_1^3}=\frac{1}{C^3_{\sum_{i=1}^{r}\sum_{j=1}^{q} l_j^i}},\quad B_1^3=m_1^3A^3,$$

где

$$m_1^3=C^3_{l_1^j}+C^2_{l_1^j}(L-l_1^j)+l_1^jC^2_{L-l_1^j}.$$

$$P(B_1^3)=\frac{C^3_{l_1^j}+C^2_{l_1^j}(L-l_1^j)+l_1^jC^2_{L-l_1^j}}{C^3_{\sum_{i=1}^{r}\sum_{j=1}^{q} l_j^i}}.$$

При $j=2$ $B_2^3=m_2^3A^3$, где

$$m_2^3=l_1^jC^2_{l_2^j}+l_2^jC^2_{l_1^j}+l_1^jl_2^j(L-l_1^j-l_2^j).$$

$$P(B_2^3)=\frac{l_1^jC^2_{l_2^j}+l_2^jC^2_{l_1^j}+l_1^jl_2^j(L-l_1^j-l_2^j)}{C^3_{\sum_{i=1}^{r}\sum_{j=1}^{q} l_j^i}}.$$

При $j=3$ $B_3^3=m_3^3A^3$, где

$$m_3^3=l_1^jl_2^jl_3^j.$$

$$P(B_3^3)=\frac{l_1^jl_2^jl_3^j}{C^3_{\sum_{i=1}^{r}\sum_{j=1}^{q} l_j^i}}.$$

При $3<j\leqslant 4$ вероятность нарушения связи с абонентами подмножества M_4 равна $P(B_3^4)=0$.

4. Вероятность нарушения связи при $x=4$: при $j=1$

$$P(A^4)=\frac{m_1^1}{n_1^4}=\frac{1}{C^4_{\sum_{i=1}^{r}\sum_{j=1}^{q} l_j^i}},\quad B_1^4=m_1^4A^4,$$

где

$$m_1^4=C^4_{l_1^j}+C^3_{l_1^j}(L-l_1^j)+C^2_{l_1^j}C^2_{L-l_1^j}+l_1^jC^3_{L-l_1^j}.$$

$$P(B_1^4)=\frac{C^4_{l_1^j}+C^3_{l_1^j}(L-l_1^j)+C^2_{l_1^j}C^2_{L-l_1^j}+l_1^jC^3_{L-l_1^j}}{C^4_{\sum_{i=1}^{r}\sum_{j=1}^{q} l_j^i}}.$$

При $j=2$ $B_2^4=m_2^4A^4$, где

$$m_2^4=C^3_{l_1^jl_2^j}+C^2_{l_1^jC^2_{l_2^j}}+C^3_{l_2^jl_1^j}+l_1^jl_2^jC^2_{L-l_1^j-l_2^j}+C^2_{l_1^jl_2^jC^2_{L-l_1^j-l_2^j}}+C^2_{l_2^jl_1^j}(L-l_1^j-l_2^j).$$

$$P(B_2^4)=\frac{C^3_{l_1^jl_2^j}+C^2_{l_1^jC^2_{l_2^j}}+C^3_{l_2^jl_1^j}+l_1^jl_2^jC^2_{L-l_1^j-l_2^j}}{C^4_{\sum_{i=1}^{r}\sum_{j=1}^{q} l_j^i}}+$$

$$+\frac{C^2_{l_1^jl_2^jC^2_{L-l_1^j-l_2^j}}+C^2_{l_2^jl_1^j}(L-l_1^j-l_2^j)}{C^4_{\sum_{i=1}^{r}\sum_{j=1}^{q} l_j^i}}.$$

При $j=3$ $B_3^4 = m_3^4 A^4$, где

$$m_3^4 = C^2_{l_1^j} l_2^j l_3^j + C^2_{l_2^j} l_1^j l_3^j + C^2_{l_3^j} l_2^j l_1^j + l_1^j l_2^j (L - l_1^j - l_2^j - l_3^j).$$

$$P(B_3^4) = \frac{C^2_{l_1^j} l_2^j l_3^j + C^2_{l_2^j} l_1^j l_3^j + C^2_{l_3^j} l_2^j l_1^j + l_1^j l_2^j (L - l_1^j - l_2^j - l_3^j)}{C^4_{\sum_{i=1}^{r} \sum_{j=1}^{q} l_j^i}}.$$

При $j=4$ $B_4^4 = m_4^4 A^4$, где

$$m_4^4 = l_1^j l_2^j l_3^j l_4^j.$$

$$P(B_4^4) = \frac{l_1^j l_2^j l_3^j l_4^j}{C^4_{\sum_{i=1}^{r} \sum_{j=1}^{q} l_j^i}}.$$

Зная вероятность нарушения связи с абонентами, располагающими $q = 1, 2, 3, 4$ направлениями различной протяженности при $x = 1, 2, 3, 4$ одновременно возникающих повреждениях, точнее накладывающихся во времени, по сети в целом можно определить надежность связи ЦО с любым абонентом сети. Более того, располагая статистикой повреждений, нетрудно определить минимальный срок бесперебойной связи. По величине последней можно судить о целесообразности нескольких существующих направлений связи между абонентом и ЦО и определить оптимальное их число.

Соответствующие расчеты показывают, что для большинства абонентов комбината Воркутуголь полное нарушение связи возможно не чаще одного раза в столетие. А если учитывать многоканальность и многопроводность направлений и межабонентскую связь, можно утверждать, что телефонная сеть комбината вполне приемлема для использования в системах передачи данных.