

Методика расчета функции надежности и связности для направлений оповещения в чрезвычайных ситуациях

Method of calculation of the function of reliability and connectivity for directions of alerts in emergency situations

Ключевые слова: коэффициент связности – coefficient of connectivity, направление оповещения – the direction of the alert, функция надёжности – the function of reliability.

В статье предложена методика расчета функции надежности и коэффициента связности для направлений оповещения в чрезвычайных ситуациях с учетом зависимости путей передачи информации.

The article proposes a method for calculating the reliability function and the coefficient of connectivity for directions of alert in emergency situations with the account of the dependence of transmission paths.

Для реконструкции автоматизированной системы централизованного оповещения населения в чрезвычайных ситуациях в первую очередь необходимо произвести реконструкцию телекоммуникационной сети гражданской обороны РФ путем интенсивного внедрения современных инфокоммуникационных технологий и системного проектирования сетевых элементов с учетом обеспечения требуемой устойчивости направлений оповещения (НО) из множества

$$Z = \{z_k = (a_{s_k}, a_{t_k}); k = \overline{1, m}\}, \quad (1)$$

где a_{s_k} и a_{t_k} – узлы системы оповещения, между которыми образуются НО с порядковыми номерами $k = \overline{1, m}$.

Оценивать степень устойчивости НО предлагается с помощью двух показателей, которые используются для оценки направлений связи:

- функция надежности (ФН);
- коэффициент связности (КС).

Особенностью существующих методик расчета устойчивости НС является то, что ФН и КС совместно для сложных структур не рассчиты-

ОСАДЧИЙ / OSADCHIV S.

Сергей Александрович

(spb.sos@hotmail.com)
ведущий инженер,
Филиал ФГУП «Ленинградское отделение
центрального научно-исследовательского
института связи»,
Санкт-Петербург

ЧУРСИН / CHURSIN I.

Игорь Николаевич

(i.chursin@minsvyaz.ru)
(ichursin@rossvyaz.ru)
заместитель руководителя,
Федеральное агентство связи,
Москва

ЯСИНСКИЙ / JASINSKI S.

Сергей Александрович

(yasinsky777@mail.ru)
доктор технических наук, доцент,
главный научный сотрудник,
Филиал ФГУП «Ленинградское отделение
центрального научно-исследовательского
института связи»,
Санкт-Петербург

ваются, так как чаще всего КС количественно оценивается в виде целых чисел из-за трудности учета наличия зависимых путей передачи информации. Сложная структура НО – это структура в виде многополюсной сети, моделируемой многодольным графом [1]. Направление оповещения включает в себя каналы связи по сети связи общего пользования и беспроводным сетям.

Методы расчета функций надежности НО по независимым путям ориентированы в основном на двухполюсные сети и как следствие моделируются с помощью двухдольного графа с учетом весовых коэффициентов для его ребер.

В процессе вычисления функции надежности НО в качестве математической модели выбирается

взвешенный ненаправленный граф, где весами являются вероятности работоспособностей (безотказной работы) элементов направления. Чаще всего для расчета функций надёжности используют параллельно-последовательные структуры, в которых функции надёжности для последовательных структур рассчитываются путем перемножения вероятностей безотказной работы элементов P_i , то есть

$$P_S(i) = \prod_{i=1}^N p_i . \quad (2)$$

Для параллельных структур функции надёжности рассчитываются путем перемножения вероятностей работы с отказами элементов $(1 - p_j)$ по формуле [2]:

$$P_S(j) = 1 - \prod_{j=1}^M (1 - p_j) . \quad (3)$$

Следовательно, для параллельно-последовательных структур можно записать:

$$P_S(j, i) = 1 - \prod_{j=1}^M (1 - P_{S_j}(i)) . \quad (4)$$

Однако на практике очень часто возникает необходимость производить расчет функции надёжности для более сложных структур (непараллельно-последовательных), которые нельзя

отнести к классу параллельно-последовательных структур.

Так как неориентированный граф всегда можно представить с помощью бинарных отношений на фиксированном множестве, то моделирование можно производить с помощью булевой алгебры с последующей минимизацией вычислительной сложности используя модифицированные карты Карно и преобразования непараллельно-последовательной структуры в параллельно-последовательную структуру на основе метода эквивалентного преобразования зависимых путей в независимые и последующего использования для расчетов выражений (4) и (2) [3].

Например, возьмем непараллельно-последовательную структуру для НО между узлами №1 и №4 (рис. 1) и преобразуем ее в параллельно-последовательную структуру на основе метода эквивалентного преобразования зависимых путей в независимые (рис. 2). Для удобства и упрощения расчетов сделаем допущение, что вероятности безотказной работы вершин графа равны единице, то есть $p_6 = p_7 = 1$, а вероятности безотказной работы ребер графа: $p_1 = 0,95$; $p_2 = 0,9$; $p_3 = 0,99$; $p_4 = 0,8$; $p_5 = 0,85$.

С помощью формул (2) и (4) получим численное значение функции надёжности для непараллельно-последовательной структуры (рис. 1), которая преобразована в эквивалентную параллельно-последовательную структуру (рис. 2):

$$\begin{aligned} P_S(j, i) &= 1 - \prod_{j=1}^4 (1 - P_{S_j}(i)) = \\ &= 1 - (0,24 * 0,201 * 0,287 * 0,235) \approx 0,997. \end{aligned}$$

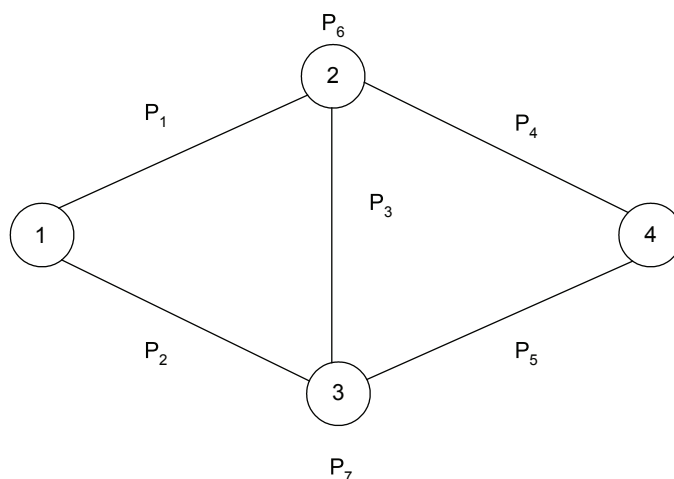


Рис. 1. Непараллельно-последовательная структура для НО

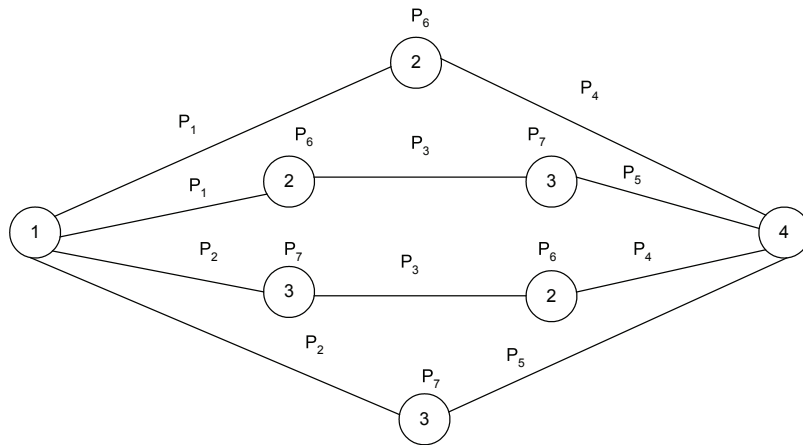


Рис. 2. Параллельно-последовательная структура для НО

Коэффициент связности чаще всего задают или рассчитывают на известной структуре системы оповещения в целочисленном виде. В реальных телекоммуникационных сетях информация и сигналы оповещения с подтверждением о получении передаются не только по независимым путям, но и по зависимым путям. Следовательно, если необходимо учитывать наряду с требуемым коэффициентом связности по независимым путям k_j и коэффициентом связности по зависимым путям $k_{jзп}$, то можно ввести понятие интегрального коэффициента связности

$$k_j^* = k_j \cup k_{jзп}, \tag{5}$$

который находится в границах

$$k_j < k_j^* < k_j + 1 \tag{6}$$

и может быть рассчитан с помощью следующего выражения [4]:

$$k_j^* = k_j + \log_{k_j} \left(1 + \frac{k_{jзп}}{k_{jзп} + k_j} \right). \tag{7}$$

В качестве примера возьмем НО между узлами №1 и №4 (рис. 1 и рис. 2) и с помощью формулы (7) можно рассчитать интегральный коэффициент связности, который должен удовлетворять ограничению (5).

Таким образом, степень устойчивости НО предлагается оценивать с помощью двух показателей: ФН и интегрального КС. Для получения

численных значений этих показателей в работе предложена методика расчета функции надежности и связности для направлений оповещения в чрезвычайных ситуациях, в которой учитываются зависимые пути передачи сигналов оповещения с подтверждением о получении.

Литература

1. Свами М., Тхуласираман К. Графы, сети и алгоритмы: Пер. с англ. – М.: Мир, 1984. – 455 с.
2. Дружинин Г.В. Надежность систем автоматики. – М.: «Энергия», 1967. – 528 с.
3. Борийчук Г.И., Лазаренко В.С., Ясинский С.А. Расчет функции надежности сети связи при конечной надежности элементов // Сборник РДР. Выпуск 8. – М.: ЦВТИ МО, 1989. – 20с.
4. Ясинский С.А. Унифицированные математические модели для анализа и синтеза элементов телекоммуникационных сетей. – СПб.: ВУС, 2003. – 184 с.