

А.С. Дудкин¹
А.Ф. Шинкаренко²

A.S. Dudkin
A.F. Shinkarenko

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ИНФО-
ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ
НА ОСНОВЕ УЧЕТА ВАЖНОСТИ ЕЕ
УЗЛОВ В УСЛОВИЯХ ДЕСТРУКТИВНЫХ
ВОЗДЕЙСТВИЙ**

**INFOTELECOMMUNICATION NETWORK
MODELING ON THE BASIS
OF IMPORTANCE OF ITS NODES
IN TERMS OF DESTRUCTIVE IMPACTS**

В статье изложена проблема оценивания важности узлов инфотелекоммуникационной сети. Рассмотрена и описана модель инфотелекоммуникационной сети и параметры узлов сети, влияющие на их важность. Определен подход к расчету коэффициента важности узлов сети.

Ключевые слова: инфотелекоммуникационная сеть, граф сети, коэффициент важности, деструктивные воздействия.

The problem of estimating the importance of infotelecommunication network's nodes is set out in the article. The model of infotelecommunication network and the parameters and importance of its nodes are discussed and described, as well as the indicators of importance that are necessary to calculate the importance of network nodes are defined.

Keywords: infotelecommunication network, network graph, indicators of importance, destructive influences.

В настоящее время одно из приоритетных направлений развития Вооруженных сил Российской Федерации – это создание единого информационного пространства [1]. Важной проблемой совершенствования технологий информационной безопасности автоматизированных систем являются оценка информационной обстановки и поддержка принятия решения о защите информационных объектов и ресурсов. В настоящее время практически все объекты, имеющие экономическую или военную значимость, функционируют под управлением информационно-технических систем. В условиях значительного возрастания числа важных информационно-технических объектов, по которым планируется проведение удаленных воздействий, их распределенности и разнотипности, задача планирования их защиты существенно осложняется. Для защиты от проведения удаленных воздействий большое значение имеют

оперативность и обоснованность принятия решений. В условиях ограниченных возможностей по обеспечению информационной безопасности, а также дефицита времени проблема отнесения информационно-технических объектов к категории важных является, с одной стороны, нетривиальной, а с другой – значительной по своему влиянию на эффективность проведения мероприятий информационной безопасности. Для каждого информационно-технического объекта на основе анализа его свойств требуется принять решение о применении тех или иных способов и средств защиты от информационно-технических воздействий.

Важность подобных объектов определяется многими факторами и является одним из основных показателей, характеризующих возможность достижения конечной цели (решения задачи) применения средств информационной безопасности.

При анализе сложных инфотелекоммуникационных сетей (ИТКС) целесообразно использовать их моделирование с применением графов. Пусть $G(V, E)$ – граф сети, где $V = \{v_i\}$, $i = \overline{1, N}$ – множество вершин; N – количество вершин, а

¹ Кандидат технических наук, преподаватель кафедры информационно-вычислительных систем и сетей ВКА им. А.Ф. Можайского.

² Адъюнкт кафедры информационно-вычислительных систем и сетей ВКА им. А.Ф. Можайского.

$E = \{e_i\}$, $i = \overline{1, L}$ – множество ребер; L – количество ребер.

Исследования [2] показывают, что при случайном удалении узлов из произвольного графа существует определенное критическое значение, измеряемое отношением числа удаленных узлов к общему числу узлов в сети, выше которого сеть распадается на отдельные кластеры. Под кластером понимается область ИТКС, в которой внутренние связи (связи данной области) многочисленнее и насыщеннее, чем связи с внешними соседями. Для глобальных сетей, подобных сети Интернет, такого критического числа не существует. Численные эксперименты [3] показывают, что при изъятии из сети даже 80% узлов оставшиеся узлы все еще продолжают поддерживать связанный кластер. Следовательно, такие сети очень устойчивы к случайным повреждениям или внешним случайным воздействиям. Такая устойчивость объясняется слишком взаимосвязанной топологической структурой этих сетей. Но у таких сетей существует особенность, которая позволяет при точечном удалении узлов из сети нанести существенный ущерб всей структуре ИТКС (рис. 1).

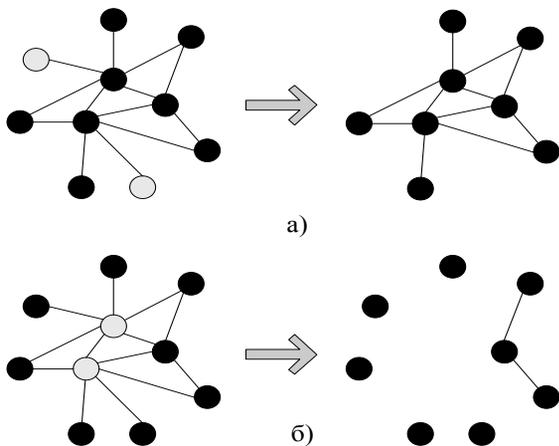


Рис. 1. Граф сети при различном удалении узлов:
а – граф сети при случайном удалении узлов (связность сети продолжается);
б – граф сети при точечном удалении узлов (связность сети разрушается)

В связи с вышеизложенным остро встает вопрос о поиске таких узлов сети, после удаления которых возможно нанесение максимального ущерба всей топологической структуре сети. Это приводит к необходимости обоснования показателей важности сетевых информационно-технических объектов. В результате анализа свойств сложных сетей [2–5] выделяют следующие параметры узлов сети:

– входную и выходную степени K_i узла i – количество ребер графа, которые входят (выходят) из узла i ;

– центральность T_i узла i – отношение количества связей узла i к общему числу связей;

– «близость» узла – характеристику средней близости к данному узлу всех остальных узлов сети. Формальное определение этого параметра будет рассмотрено ниже.

«Близость» C_i узла i есть величина

$$C_i = \frac{\sum_j d_{ij}}{N}, \quad (1)$$

где N – общее число узлов в сети;

d_{ij} – число связей по кратчайшему маршруту между узлами i и j .

Загруженность B_i узла i – доля суммарного числа кратчайших путей между всеми узлами, которые проходят через узел i , к общему числу кратчайших путей сети:

$$B_i = \sigma_{st} / \sum_{st} \sigma_{st}(i), \quad (2)$$

где $\sigma_{st}(i)$ – число кратчайших путей из узла s в узел t через узел i ;

σ_{st} – общее число кратчайших путей между всеми парами s и t .

Рассмотрим свойство «важности» информационно-технического объекта как показатель, учитывающий:

– значения описанных выше параметров соответствующего узла графа, характеризующих интенсивность сетевого трафика, проходящего через этот узел;

– величину потенциальных временных и ресурсных затрат на реализацию деструктивного воздействия на данный информационно-технический объект.

Первый из перечисленных факторов оценим показателем значимости S_i , рассчитываемым через взвешенную сумму рассмотренных выше параметров сети:

$$S_i = \alpha_t T_i + \alpha_c C_i + \alpha_b B_i, \quad (3)$$

где α_t – вес параметра центральности T_i узла i ;

α_c – вес параметра «близости» C_i узла i ;

α_b – вес параметра загруженности B_i узла i , причем $\alpha_t + \alpha_c + \alpha_b = 1$.

Представленные коэффициенты значимости могут быть найдены на основе метода экспертных оценок [6]. Значения коэффициентов могут изменяться в зависимости от особенностей сети.

Другим вариантом показателя значимости S_i узла i графа G может быть величина, интерпретируемая как площадь треугольника, образованная тремя отрезками, расположенными на осях, выходящих из общей точки под равными углами

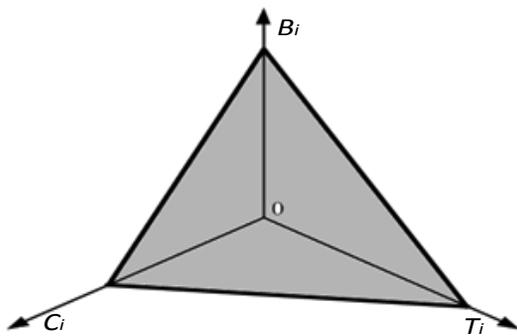


Рис. 2. Расчет показателя значимости S_i узла i

(рис. 2), причем величина каждого из отрезков равна, соответственно, значениям параметров T_i, C_i, B_i в выражении (3). Значение этой площади P легко находится из выражения

$$P = \frac{\sqrt{3}}{4}(T_i \times C_i + T_i \times B_i + B_i \times C_i). \quad (4)$$

Определяя показатель значимости S_i узла i , нормированной в диапазоне от 0 до 1, величину P площади треугольника, получим следующее выражение:

$$S_i = \frac{1}{3}(T_i \times C_i + T_i \times B_i + B_i \times C_i). \quad (5)$$

Преимуществом определения показателя значимости узла с помощью выражения (5) перед его определением через выражение (3) является отсутствие необходимости применения весьма субъективного метода экспертных оценок.

Второй фактор, являющийся по сути ресурсно-временной «стоимостью» воздействия на i -й узел, будем оценивать показателем стоимости воздействия

$$Z_i = \{z_i \mid \tau_i \in \tau_i^{\text{доп}}\}, \quad (6)$$

где z_i – затраты на проведение удаленного деструктивного воздействия на i -й узел;

τ_i – время, необходимое для проведения удаленного деструктивного воздействия на i -й узел (информационно-технический объект);

$\tau_i^{\text{доп}}$ – допустимое (приемлемое) время проведения воздействия на i -й узел.

Тогда коэффициент W_i важности i -го узла определим как

$$W_i = \{S_i \mid Z_i \in Z_i^{\text{доп}}\}, \quad (7)$$

где $Z_i^{\text{доп}}$ – допустимая (приемлемая) стоимость воздействия на i -й узел.

Предложенный коэффициент важности узла сети обобщает в себе качества:

– результативности воздействия, рассматри-

ваемой как мера ущерба, причиняемого сетевой структуре, который заключается в блокировании некоторого подмножества узлов сети;

– оперативности воздействия как допустимого времени на его проведение;

– ресурсоемкости воздействия как оцениваемых по критерию пригодности затрат на проведение воздействия.

При планировании сценариев защиты от целенаправленных удаленных воздействий на узлы ИТКС эффективность применения и возможный ущерб от последствий в сравнении со случайным и беспорядочным удалением (блокированием) существенно выше.

Описанная модель может служить как для оценивания возможных угроз информационной безопасности распределенных сетевых ресурсов, так и для обоснования облика системы информационной безопасности критически важных объектов.

Предлагаемый показатель – коэффициент важности узла сети – является обобщенным показателем, учитывающим результативность, оперативность и ресурсоемкость потенциального воздействия на узлы сети.

Литература

1. Гладышев А.И. Вопросы создания единого информационного пространства в космотехносфере // Вестник Российского нового университета. – 2014. – Вып. 4. – С. 137–140.
2. Евин И.А. Введение в теорию сложных сетей // Компьютерные исследования и моделирование. – 2010. – Т. 2. – № 2. – С. 121–141.
3. Bellmore, M. Optimal defense of multi-commodity networks / M. Bellmore and H.D. Ratliff // Management Science. – 1971. – Vol. 18. – № 4. – P. 174–185.
4. Dorogovtsev, S.N. Lectures on Complex Networks // Oxford University Press. – 2010. – № 75. – P. 54–62.
5. Dorogovtsev, S.N., Mendes, J.F.F. Evolution of Networks: From Biological Nets to the Internet and WWW // Oxford University Press. – 2003. – № 32. – P. 112–118.
6. Басыров А.Г., Шинкаренко А.Ф., Ситало Е.А. Подход к оцениванию важности информационно-технических объектов: труды Военно-космической академии им. А.Ф. Можайского. – СПб.: ВКА им. А.Ф. Можайского, 2014. – Вып. 642. – С. 64–71.