УДК 004.056.5

Informatics and Mathematical Methods in Simulation
Vol. 2 (2012), No. 1, pp. 70-76

ЕЩЕ ОДИН ПОДХОД К МОДЕЛИРОВАНИЮ ПРОТИВНИКА ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕОРИИ ГРАФОВ

И.И. Борисенко, В.М. Рувинская

Одесский национальный политехнический университет,
просп. Шевченко, 1, Одесса, 65044, Украина; e-mail: boris_enko@ukr.net

В работе построена графовая модель противника информационной системы и показано, как удобная укладка графа, полученная благодаря разбиению графа на классы эквивалентности и порядка, может сыграть принципиально важную роль в решении задачи уничтожения или ограничения деятельности криминальной группировки.

Ключевые слова: графовая модель, классы эквивалентности и порядка, информационная система, противник

Введение

В настоящее время в научном мире ведется активная работа по математическому моделированию террористических организаций и других типов криминальных групп. Традиционным путем для представления группы людей с указанием взаимных отношений между ними является использование теории графов. Это обусловлено рядом факторов, среди которых наглядность получаемой модели, возможность адекватного отражения при помощи стандартных операций на графах реальных действий над группами и событий в группах, существованием разработанного математического аппарата для работы с графами, включая большое количество хорошо зарекомендовавших себя на практике эвристических методов обработки [1, 2].

До недавнего времени существовавшие модели террористической группировки не отражали ее реальную иерархию и взаимосвязь между членами в полной мере, что не позволяло удовлетворительно формализовать решение таких задач, как уничтожение или ограничение деятельности криминальной организации. Лишенная указанных недостатков модель была предложена в [3]. Авторами была разработана общая графовая модель произвольной группы противника со строго обоснованным учетом иерархии этой группы при помощи взвешенного неориентированного графа. Отдельные индивидуумы представляются в такой модели в виде узлов (вершин), пары которых соединяются ребром при существовании определенной взаимосвязи между соответствующими членами рассматриваемой группы. Введение значений веса для вершин и ребер происходит при максимальном использовании априорной информации о моделируемом противнике и имеет определяющее значение в предлагаемой модели. Среди основных факторов, которые влияют на формирование веса вершины, выделяются: осведомленность члена группы о возможностях средств защиты информации, используемых в системе и представляющих интерес для данного индивидуума; материальные и временные возможности противника; роль рассматриваемого члена в группе противника. Кроме того, следует учитывать, знает ли потенциальный нарушитель функциональные особенности системы, обладает ли высоким уровнем знаний в области программирования и проектирования, опытом работы с техническими средствами, вычислительной

техникой и так далее. Вес ребра учитывает реальную ценность информации, передаваемой по линии связи, которой оно соответствует, надежность рассматриваемой линии связи. Как видим определение весовых значений не является тривиальной задачей даже при наличии всей необходимой информации и еще более усложняется в случае, если такую информацию надо собрать.

Целью данной работы является разработка такой графовой модели противника, которая позволила бы при ее создании отказаться от использования взвешенного графа, что привело бы к упрощению ее построения и анализа.

Для достижения цели следует решить *задачи*: построить ориентированный граф, отражающий информационные связи некоторой группировки; представить исходный граф в максимально простом и удобном виде для его анализа благодаря алгоритмам разбивки графа на классы эквивалентности и порядка; разработать такие алгоритмы.

Орграф противника и его морфологический анализ

Будем рассматривать противника информационной системы (ИС) как частный случай террористической группы, а его математическую модель представим ориентированным графом. Отдельные индивидуумы представляются в такой модели в виде узлов (вершин), пары которых соединяются ориентированным ребром при существовании определенной направленной взаимосвязи между ними (такой, например, как передача информации в определенном направлении или иерархия между соответствующими членами рассматриваемой группы), исходя из априорной информации о моделируемом противнике. Пример графовой модели противника представлен на рис. 1. Реальные модели могут иметь достаточно сложную структуру, в которых предугадать иерархию вершин невозможно, поэтому перейдем к более удобной его укладке.

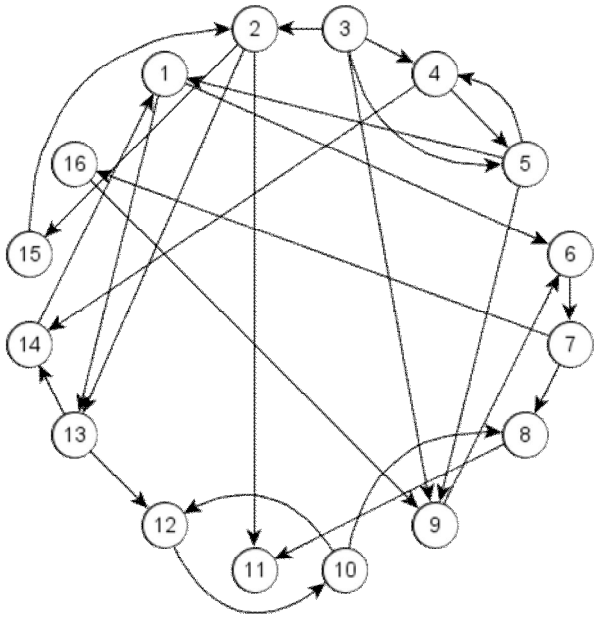

Рис. 1. Пример графовой модели противника

Одной из основных задач, которые решаются по морфологическому анализу ориентированных графов, является разбиение множества его вершин на классы эквивалентности и порядка.

Под классом эквивалентности ориентированного графа подразумевается его сильно связанный подграф, где смысл сильной связи заключается в достижимости любой вершины из любой вершины данного класса [4]. Для всякой вершины i орграфа можно определить прямое $G^{+}(i)$ и обратное $G^{-}(i)$ транзитивные замыкания. Смысл прямого транзитивного замыкания $G^{+}(i)$ состоит в том, что оно указывает множество вершин орграфа в которые можно попасть из вершины i. Обратное транзитивное замыкание $G^{-}(i)$ указывает на те вершины, из которых можно попасть в вершину i. Пересечение прямого и обратного транзитивных замыканий определяет подграф сильно связанных вершин или класс эквивалентности вершины i: $C(i) = G^{+}(i) \cap G^{-}(i)$. Например, для графа, представленного на рис. 1 и $i = 1$ имеем:

$$G^{+}(1) = \{1,6,7,8,9,10,11,12,13,14,16\};$$

$$G^{-}(1) = \{1,2,3,4,5,13,14,15\}.$$

Следовательно, первый класс сильно связанных вершин образован вершинами:

$$C_1(1) = G^{+}(1) \cap G^{-}(1) = \{1,13,14\}.$$

Для $i = 2$: $G^{+}(2) = \{2,11,15\}$; $G^{-}(2) = \{2,3,15\}$; $C_2(2) = \{2, 15\}$. Аналогично определяются оставшиеся классы эквивалентности: $C_3 = \{3\}$; $C_4 = \{4, 5\}$; $C_5 = \{6, 7, 9, 16\}$; $C_6 = \{12, 10\}$; $C_7 = \{8\}$; $C_8 = \{11\}$.

Используя полученные классы эквивалентности, выполним другую укладку исходного графа, так, как показано на рис. 2, из которой видно, что сильно связанные подграфы подчинены отношению порядка. Такой граф легко поддается анализу.

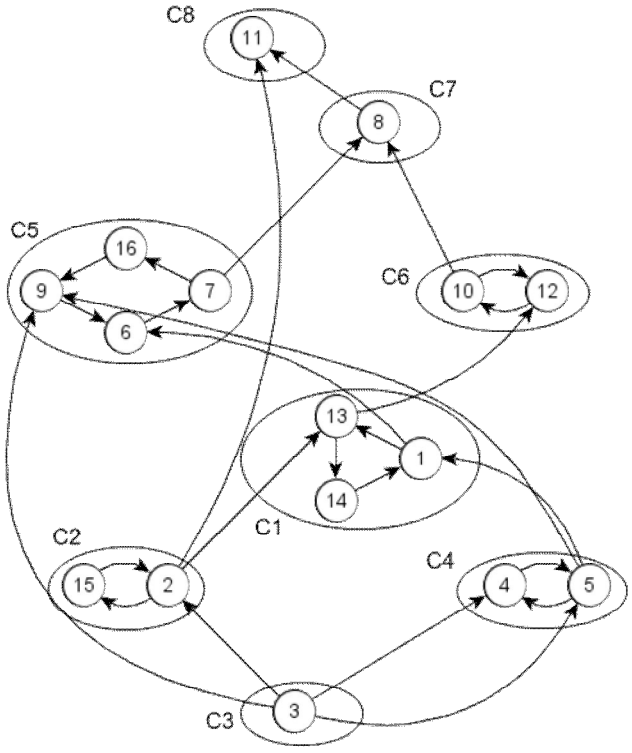

Рис. 2. Графовая модель противника с выделенными сильно связанными подграфами

Построение классов эквивалентности и порядка

Чтобы алгоритмизировать процесс нахождения классов эквивалентности, воспользуемся матрицей смежности графа, которая однозначно задает его структуру [5]. Массив матрицы смежности (назовем его Adj) для рассматриваемого графа имеет вид:

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0
3	0	1	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
5	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0
14	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0

Для хранения информации о прямом и обратном транзитивном замыкании некоторой вершины создаются дополнительные массивы $G\_plus(n)$ и $G\_negativ(n)$, где $n=16$ – количество вершин графа. Опишем последовательность действий заполнения этих массивов для $i=1$. В массивы $G\_plus(1)$ и $G\_negativ(1)$ записываем 0.

Поскольку транзитивные замыкания будут строиться для вершины с номером 1, то в первой строке массива Adj ищем единицы – они находятся в шестом и тринадцатом столбце, это означает, что наименьшее расстояние, равное одной дуге, от вершины с номером 1 до вершин с номерами 6 и 13. Поэтому в массив $G\_plus(6)$ и $G\_plus(13)$ записываем по 1. Далее в шестой строке массива Adj находим единицу в столбце 7 и в тринадцатой строке по единице в столбце 12 и 14. Это означает, что по две дуги отделяет вершину с номером 1 от вершин с номерами 7, 12 и 14, поэтому в *G_plus*(7), *G_plus*(12) и *G_plus*(14) записываем число 2 и так далее. Ячейка *G_plus* заполняется лишь в том случае, если она пуста (при построении соответствующего алгоритма здесь и далее ячейка считается пустой, если, например, её значение отрицательно). Аналогичным образом заполняется массив G*_negativ*, но в этом случае используются не строки, а столбцы массива Adj. В результате получим:

G_plus:

0					1	2	3	4	3	4	2	1	2		3
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16

G_negativ:

0	3	2	2	1								2	1	4	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16

Далее анализируем полученные массивы: если ячейка с одним и тем же индексом не пуста и в *G_plus* и в *G_negativ*, то вершина ей соответствующая будет принадлежать

искомому классу эквивалентности. В нашем случае это ячейки с номерами 1, 13, 14. Сохраняем этот список, а вершины 1, 13, 14 из массива Adj удаляем, таким образом переходим к некоторому массиву Adj^* из которого выбираем произвольную вершину для построения следующего класса эквивалентности.

Как указывалось выше, граф, представленный на рис. 2, достаточно легко поддается анализу, поскольку упорядочение его классов эквивалентности вполне очевидно. В реальных условиях это бывает не так. Поэтому рассмотрим простой алгоритм разложения орграфа на классы порядка. Разбиению на классы порядка поддаются только орграфы, которые не содержат контуров и петель, если же таковые имеются, то первоначально следует выполнить разбивку множества вершин на классы эквивалентности, а затем каждый из классов принять за вершину нового орграфа. В нашем случае новый орграф будет иметь восемь вершин $C1,\ldots,C8$. Составим его матрицу смежности и запишем ее в массив Adj_factor. Adj_factor имеет вид:

	1	2	3	4	5	6	7	8
1	0	0	0	0	1	1	0	0
2	1	0	0	0	0	0	0	1
3	0	1	0	1	1	0	0	0
4	1	0	0	0	1	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	1	0
6	0	0	0	0	0	0	1	0
7	0	0	0	0	0	0	0	1
8	0	0	0	0	0	0	0	0

На каждом шаге алгоритма надо выявить столбцы, в которых отсутствуют единицы, такой столбец на первом шаге алгоритма имеет номер 3 и соответствует вершине $C3$, которая представляет самый нижний уровень в иерархии классов порядка, обозначим этот класс $P1$; вершине $C3$ не предшествует ни одна дуга и она является «истоком». Удаляем третью строку и третий столбец, которые соответствуют вершине $C3$, переходим к массиву Adj_factor^*. Снова отыскиваем столбцы, в которых отсутствуют единицы – это столбцы с номерами 2 и 4, значит вершины $C2$ и $C4$ образуют класс P2 и т.д. В результате получим шесть классов порядка: $P1 - C3$; $P2 - C2$, $C4$; $P3 - C1$; $P4 - C5$, $C6$; $P5 - C7$; $P6 - C8$. Граф с разбивкой на классы порядка представлен на рис. 3.

Следует сделать замечание, что сразу следует начинать разбивку графа на классы порядка, что предотвращает лишнюю работу. Если бы на каком- то шаге не появился столбец, не содержащий единиц, то это означало бы, что исходный граф содержит контуры и требуется предварительная разбивка его на классы эквивалентности. Например, если бы в нашем случае мы сразу начали выделять классы порядка, минуя этап разбивки на классы эквивалентности, то на первом шаге у нас нашёлся бы столбец, в котором не было бы единиц – это столбец под номером 3 (см. массив Adj), но уже на втором шаге мы такого столбца не получим.

Выводы

Традиционно графовые модели противника служат для решения следующих задач [3]:

1) Определение членов противника, блокирование которых приведет к распаду организации на несколько несвязных между собой подгрупп, что приведет как к полно-

му прекращению ее функционирования, так и к снижению эффективности ее деятельности;

2) Выделение в организации противника таких связей между ее членами, удаление которых приводит к распаду группы на отдельные части, несвязанные между собой, что очевидно ограничит информационные возможности криминальной структуры.

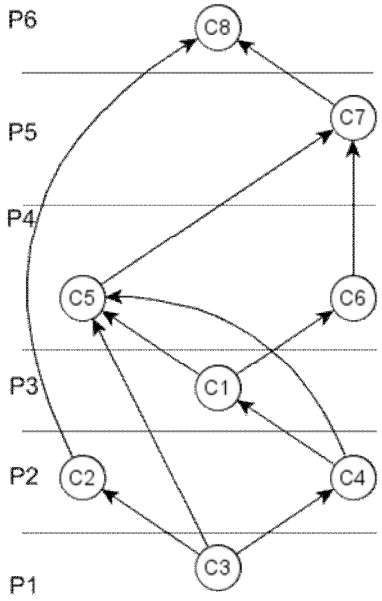

Рис. 3. Графовая модель противника с разбивкой на классы порядка

В теории графов первая задача соответствует задаче определения минимального количества узлов, а вторая – задаче определения минимального количества ребер, удаление которых приведет исходный связный граф к несвязному. Проанализируем модель противника (рис. 3) с точки зрения сказанного. Блокирование подгрупп $C2$ и $C7$, а также разрушение связи $(C1, C6)$ приводит к распаду группы на пять подгрупп. Более того, только одна подгруппа останется связана с «истоком» – этот узел следует трактовать как руководящее звено. С другой стороны, удаление связей $(C2, C8)$ и $(C7, C8)$ приведет также к несвязному графу, но приведет ли это к ощутимым потерям, поскольку блокированы будут только три члена группы? Напротив, блокирование только подгруппы $C5$ приведет к серьезному нарушению информационных потоков и, по-видимому, нанесет ощутимый урон.

Исходя из сказанного можно сделать вывод, что хотя количественную оценку понесенных потерь противника по полученной графовой модели сделать нельзя, это не умаляет ее достоинств, поскольку предложенная модель отражает в полной мере (конечно, исходя из априорной информации, которую в дальнейшем можно уточнять) структуру предполагаемой организации и дает возможность планировать контрмеры по ослаблению ее деятельности. Немаловажным достоинством, является отказ от использования взвешенного графа, что существенно упростило построение модели, а использование ориентированного графа позволило применить простые алгоритмы разбиения его на классы эквивалентности и порядка, что приводит к простому представлению сложных и запутанных исходных графов.

Список литературы

1. Кобозева А.А. Использование взвешенного графа при моделировании террористической сети / А.А. Кобозева, В.А. Хорошко // Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія. – 2007. – №3(10). – С. 61-67.
2. Кобозева А.А. Использование теории графов для анализа структуры террористических сетей / А.А. Кобозева, В.А. Хорошко // Захист інформації. – 2008. – №1 – С. 22-31.
3. Кобозева А.А. Анализ информационной безопасности / А.А. Кобозева, В.А. Хорошко. – К. : Изд. ГУИКТ, 2009. – 251 с.
4. Акимов О.Е. Дискретная математика: логика, группы, графы [Текст] / О.Е. Акимов. – 2-е изд., доп. – М. : Лаборатория Базовых Знаний, 2003. – 376 с.
5. Харари Ф. Теория графов / Ф. Харари; пер. с англ. В.П. Козырева. – М. : Мир, 1973. – 300 с.

ЩЕ ОДИН ПІДХІД ДО МОДЕЛЮВАННЯ СУПРОТИВНИКА ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ З ВИКОРИСТАННЯМ ТЕОРІЇ ГРАФІВ

І.І. Борисенко, В.М. Рувінська

Одеський національний політехнічний університет,
просп. Шевченка, 1, Одеса, 65044, Україна; e-mail: boris_enko@ukr.net

У роботі побудована графова модель супротивника інформаційної системи і показано, як зручне укладання графа, отримане завдяки розбиттю графа на класи еквівалентності і порядку, може зіграти принципово важливу роль в вирішенні задачі знищення або обмеження діяльності кримінального угрупування.

Ключові слова: графова модель, класи еквівалентності і порядку, інформаційна система, супротивник

ANOTHER APPROACH TO THE MODELING OF OPPONENT OF THE INFORMATION SYSTEM WITH THE USE OF THEORY OF THE GRAPHS

Iryna I. Borysenko, Viktoria M. Ruvinskaya

Odessa National Polytechnic University,
1 Shevchenko Ave., Odessa, 65044, Ukraine; e-mail: boris_enko@ukr.net

In this work the graph model of opponent of the information system had built and was showed that a comfortable piling of the graph got due to the selection of classes of equivalence and order, that can play an important role in the decision of task of elimination or limitation of activity of criminal groupment.

Keywords: graph model, classes of equivalence and order, information system, opponent