

УДК 519.1

DOI: [10.26102/2310-6018/2019.27.4.012](https://doi.org/10.26102/2310-6018/2019.27.4.012)

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ЦЕПНОЙ ЭПИДЕМИИ СЕТЕВЫХ ВИРУСОВ НА ПРЕДФРАКТАЛЬНОМ ГРАФЕ

Л.А. Кунижева

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Северо-Кавказская государственная академия»,
Черкесск, Российская Федерация
e-mail: kunizheva72@mail.ru*

Резюме: Целью исследования является решение актуальной задачи разработки оптимальной стратегии управления процессами распространения компьютерных эпидемий, проектирования локальных сетей, которые максимально защищают сеть от вирусного заражения своей структурой, поскольку большой ущерб рядовым пользователям компьютеров и локальным сетям предприятий, организаций, банков, объектов энергообеспечения наносят эпидемии всевозможных компьютерных вирусов. Ведущим методом исследования проблемы является построение математической модели разветвленного цепного процесса распространения компьютерных сетевых вирусов с проигрыванием вариантов развития событий, изучение на модели эффективности мероприятий в борьбе с распространением вирусов, возможности моделирования «эпидемии» на выбранной конфигурации сети для точной оценки защищённости сети от вирусов. В статье представлен новый аппарат математического моделирования и прогнозирования разветвлённых цепных процессов, модель выполняет аналитические преобразования и численные расчёты, строит геометрические образы протекающих разветвлённых цепных эпидемий сетевых вирусов в реальном времени. Моделирование процесса распространения сетевых вирусов реализовано в два этапа: выявление структуры связей интермедиатов цепной реакции (компьютеров) сети – «распознавание предфрактального графа» и распространение «заражения» по сети в виде цепного разветвлённого процесса – «покрытие предфрактального графа». Теоретическая и практическая значимость данной работы заключается в приспособлении инструментального аппарата предфрактальных графов к решению задач пространственно-временного течения разветвлённых цепных процессов в вирусологических приложениях. Материалы статьи представляют практическую ценность при исследовании распространения глобальной цепной эпидемии новым модельным аппаратом - вершинно-рёберно-взвешенными предфрактальными графами.

Ключевые слова: компьютерные вирусы, компьютерная сеть, фрактальный, предфрактальный и взвешенный графы, затравка.

Для цитирования: Кунижева Л.А. Математическая модель распространения цепной эпидемии сетевых вирусов на предфрактальном графе. *Моделирование, оптимизация и информационные технологии*. 2019;7(4). Доступно по: https://moit.vivt.ru/wp-content/uploads/2019/11/Kunizheva_4_19_1.pdf DOI: 10.26102/2310-6018/2019.27.4.012

MATHEMATICAL MODEL OF THE DISTRIBUTION OF THE GLOBAL CHAIN EPIDEMIC OF NETWORK VIRUSES ON THE FRACTURING GRAPH

L.A. Kunizheva

*Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education
"North Caucasian State Academy",
Cherkessk, Russian Federation*

Abstract: Research objective is the solution of a relevant problem of development of optimum strategy of management of processes of distribution of computer epidemics, design of local area networks which as much as possible protect network from viral infection with the structure as extensive damage to ordinary users of computers and local area networks of the enterprises, organizations, banks, objects of power supply is caused by epidemics of various computer viruses. The leading method of a research of a problem is creation of a mathematical model of branched chain process of distribution of computer network viruses with playing of options of succession of events, studying on model of efficiency of actions in fight against spread of viruses, a possibility of modeling of "epidemic" on the selected configuration of network for exact assessment of security of network from viruses. The new device of mathematical modeling and forecasting of branched chain processes is presented in article, the model carries out analytical conversions and numerical calculations, builds geometrical images of the proceeding branched chain epidemics of network viruses in real time. Process modeling of spread of network viruses is implemented in two stages: identification of structure of communications of intermediat of chain reaction (computers) of network – "recognition of the prefractal graph" and spread of "infection" on network in the form of chain branched process – "a covering of the prefractal graph". The theoretical and practical importance of this work consists in adaptation of the instrumental office of prefractal graphs to a solution of problems of a spatio-temporal course of branched chain processes in virologic applications. Materials of article are of practical value at a research of distribution of global chain epidemic the new model device - the vertex costal weighed prefractal columns.

Keywords: computer viruses, computer network, priming, fractal, prefractal and weighted graphs.

For citation Kunizheva L.A. Mathematical model of the distribution of the global chain epidemic of network viruses on the fracturing graph. *Modeling, Optimization and Information Technology*. 2019;7(4). Available from: https://moit.vivt.ru/wp-content/uploads/2019/11/Kunizheva_4_19_1.pdf DOI: 10.26102/2310-6018/2019.27.4.012 (In Russ).

Введение

В настоящее время большой ущерб рядовым пользователям компьютеров и локальных сетей, предприятиям, организациям, банкам, объектам энергообеспечения наносят всевозможные эпидемии компьютерных вирусов. Такие эпидемии за последние годы приобрели характер глобальных.

Процессы пространственного распространения и временного изменения компьютерных эпидемий, как и эпидемические процессы в человеческом обществе, назовем «инфекционной динамикой».

Общество столкнулось с ситуацией, когда людские и компьютерные вирусные проблемы со значительной вероятностью появления и бесконтрольного размножения вирусов с экспоненциальными скоростями по типу разветвлённого цепного процесса поразили цивилизацию. Оказалось, что современные высокие информационные технологии и всемирные сети типа Интернет стали источником немалых общественных угроз.

Для того, чтобы эффективно управлять процессами распространения компьютерных эпидемий, необходимо выработать оптимальную стратегию управления ими. Для этого сначала нужно построить модель таких процессов и проиграть различные

варианты развития событий, изучая на модели эффективность разных мероприятий в борьбе с их распространением. Изучению процессов распространения компьютерных эпидемий посвящены работы [1], [2], [3], [4], [5].

Актуальным также является вопрос проектирования локальных сетей, чтобы сеть могла быть максимально защищена от компьютерных вирусов своей структурой. Для этого необходимо иметь возможность моделировать развитие разветвленного цепного процесса распространения компьютерных вирусов на выбранной конфигурации сети.

Математическая модель структуры каналов связи компьютерной сети

За последние 15-20 лет распространение вредоносных кодов, носившее поначалу локальный характер, превратилось в глобальные эпидемии сетевых вирусов, которые не требуют для своего распространения осознанного участия пользователей. Эпидемии компьютерных вирусов и других вредоносных программ наносят огромный ущерб. Неограниченно размножающиеся сетевые вирусы фальсифицируют, прерывают или прекращают работу компьютерного обеспечения, «забывают» каналы передачи информации, что само по себе наносит значительные убытки. Вирусы могут содержать деструктивные функции, приводящие к потере средств или к утечке конфиденциальной информации.

В теории цепных процессов, «инфицированный» интермедиат неявно становится источником новых вредоносных программ-вирусов, которые распространяются далее по сетям по цепному принципу, заражая компьютеры. Имитация распространения компьютерных вирусов позволяет проверить на модели эффективность различных мероприятий в борьбе с их распространением. Моделирование путей перемещения вирусов даёт динамическую картину коммуникационной сети, аналогичную цепь контактов использует компьютерный вирус, распространяясь по сетям.

Под сетью (компьютерной или социальной) на качественном уровне понимается структура, состоящая из множества агентов (пользователей персональных компьютеров, локальных сетей предприятий, учебных заведений, организаций) и определённого на ней множества отношений (совокупности связей между агентами). В разветвлённых цепных процессах эти агенты или объекты носят общее наименование интермедиатов. Если рассматривать задачу распространения компьютерных вирусов по коммуникационной сети, то компьютерную сеть можно представить в виде графа $G = (V, E)$, в котором V - множество вершин (компьютеров, серверов или узловых коммуникаторов), E - множество ребер, отражающих связь между всеми этими узлами.

Компьютерный вирус, распространяясь по сетям, использует такую же цепь «контактов», как и цепи в динамической картине сети людских коммуникаций при моделировании путей распространения вирусов. «Инфицированный» интермедиат при этом становится источником новых «возбудителей», которые распространяются по сетям по цепному принципу, «заражая» компьютеры вредоносными программами-вирусами.

Построение математической модели разветвленного цепного процесса распространения компьютерных сетевых вирусов и изучение эффективности мероприятий в борьбе с распространением вирусов, возможности моделирования «эпидемии» на выбранной конфигурации сети для точной оценки защищённости сети от вирусов являются ведущим методом исследования в данной статье.

Построим математическую модель структуры каналов связи некоторой сети.

Рассмотрим локальную сеть с 5 компьютерами.

На Рисунке 1 изображен граф-затравка, состоящий из пяти вершин. Он представляет собой модель локальной связи компьютеров. Вершины графа

$v_i \in V, i = \overline{1, n}$ и $v_j \in V, i = \overline{1, n}$ будут соединены ребрами $e = (v_i, v_j)$, если между компьютерами существуют каналы связи. Такую локальную сеть назовем сетью первого уровня.

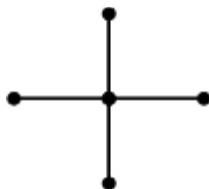


Рисунок 1 – Модель связи пяти компьютеров в локальной сети первого уровня

Сетью второго уровня назовем каналы связи между сетями первого уровня. Такая сеть представлена графом на Рисунке 2.

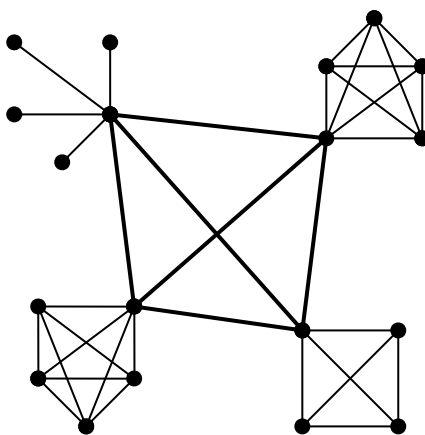


Рисунок 2 – Модель связи компьютеров в локальной сети второго уровня

Предположим, что данная организация использует сеть Интернет.

Каналами связи третьего уровня будем считать региональных поставщиков услуг Интернет-связи. На Рисунке 3 представлена сеть, моделирующая каналы связи сети третьего уровня.

Далее будем рассматривать магистральных поставщиков, получим сеть, моделирующую каналы связи следующего уровня.

Таким образом, на первом этапе $l = 1$ получаем граф $G_1 = (V_1, E_1)$, описывающий каналы связи локальной сети некоторой организации.

На этапе $l = 2$ получаем граф $G_2 = (V_2, E_2)$, описывающий каналы связи сетей нескольких организаций. Причем граф $G_2 = (V_2, E_2)$ получается из графа $G_1 = (V_1, E_1)$ с помощью операции «замены вершины затравкой».

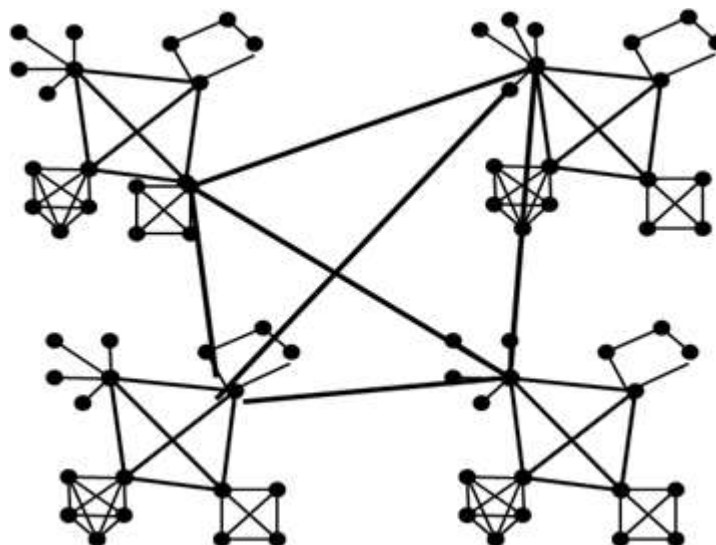


Рисунок 3 - Модель связи компьютеров в сети третьего уровня

Структура каналов связи на l -ом этапе будет описана с помощью графа $G_l = (V_l, E_l)$, $l = 1, 2, \dots$, множество вершин которого соответствует интермедиятам (компьютерам, локальным сетям), а множество ребер соответствует взаимодействию интермедиятов.

При $l \rightarrow \infty$ получаем граф $G = (V, E)$, описывающий структуру каналов связей глобальной сети.

Граф $G = (V, E)$ является фрактальным графом.

Полученная таким образом модель будет более адекватной реальности, если мы дополнительно учтём ряд факторов.

Во-первых, необходимо помнить важную особенность структуры распространения компьютерных вирусов – «контакт» компьютеров в одной локальной сети оказывается более частым, тесным и продолжительным, чем с присоединёнными компьютерами из других сетей. Для этого ребрам графа $G_l = (V_l, E_l)$, $l = \overline{1, L}$, припишем

веса $w(e^{(l)}) \in [\theta^{l-1}a, \theta^{l-1}b]$, где $l = \overline{1, L}$ – ранг ребра, а $\theta < \frac{a}{b}$ – коэффициент

масштабирования, который влияет на изменение веса ребра; ранги и коэффициенты определяются однозначно.

Во-вторых, учтём, что на каждом компьютере установлено антивирусное программное обеспечение. Его эффективность будет зависеть от фирмы-разработчика, срока действия, времени установки его на компьютер. Это как бы определённый уровень «иммунитета» от инфекционного заболевания или «качество прививочного материала».

Чтобы учесть этот факт, каждой вершине $v_l^i \in V_l^i$, $i = \overline{1, n}$, $l = \overline{1, L}$, графа $G_l = (V_l, E_l)$, представляющего собой модель «контактов» компьютеров, припишем вес $w_v^l \in [\theta^{l-1}a, \theta^{l-1}b]$, $0 \leq \theta \leq 1$, который будет означать степень защиты интермедиа от компьютерного заражения, он определяется по правилу:

- $w_l^i(v_l^i) = 0, i = \overline{1, n}, l = \overline{1, L}$ – компьютер не подвержен «заражению»;
- $w_l^i(v_l^i) = 1, i = \overline{1, n}, l = \overline{1, L}$ – компьютер обязательно будет «заражен»;
- $w_l^i(v_l^i) = p, i = \overline{1, n}, l = \overline{1, L}$ – компьютер подвержен «заражению» с вероятностью $p, 0 < p < 1$.

Тогда получаем, что моделью структуры каналов связи l -го уровня является вершинно-реберно-взвешенный предфрактальный граф $G_l = (V_l, E_l), l = \overline{1, L}$.

Результаты

Зная, как происходит «заражение» компьютеров с такими характеристиками, можно принять заградительные меры. По построенной математической модели определяем критерии оптимальности и важные условия проведения профилактической работы: минимизировать суммарное время на локализацию «инфекции»; охватить максимальное количество очагов «заражения»; минимизировать расходы, связанные с компьютерной защитой.

Чтобы успешно моделировать процесс распространения «заражения» в предфрактальной парадигме следует предложить два этапа:

- выявление структуры связей сети интермедиатов – «распознавание предфрактального графа»;
- распространение «заражения» по сети в виде цепного разветвлённого процесса – «покрытие предфрактального графа».

Процесс распространения компьютерных вирусов можно прекратить или замедлить, если удастся исключить хотя бы один из факторов, перечисленных выше. Для этого необходимо рассмотреть разрушение процесса распространения компьютерных вирусов, что означает разрушение соответствующего предфрактального графа, моделирующего процесс распространения.

Заключение

Хорошо известно, что на сегодняшний день компьютерные вирусы являются постоянной угрозой, представляющей опасность разветвлённого цепного распространения по сетям как для отдельных пользователей персональных компьютеров и локальных сетей, так и для предприятий, баз данных, глобальных сетей и больших вычислительных структур.

Актуальной является задача проектирования локальных сетей таким образом, чтобы сеть была максимально защищена от вирусов своей структурой. Вот поэтому для точной оценки защищённости сети от вирусов необходимо иметь возможность моделировать развитие разветвлённой цепной «эпидемии» на выбранной конфигурации сети.

В работе построена математическая модель распространения глобальной цепной эпидемии как вершинно-рёберно-взвешенный предфрактальный граф.

Для успешного моделирования процесса распространения вирусов в сети предложено в предфрактальной парадигме рассмотреть выявление структуры связей сети интермедиатов – как распознавание предфрактального графа и распространение «заражения» по сети в виде цепного разветвлённого процесса – как покрытие предфрактального графа.

Теоретическая и практическая значимость данной работы заключается в приспособлении инструментального аппарата предфрактальных графов к решению задач

пространственно-временного течения разветвлённых цепных процессов в вирусологических приложениях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Воробьёв А.А. Оценка вероятности использования биоагентов в качестве биологического оружия. *Эпидемиология и инфекционные болезни*. 2001;(6):54-56.
2. Воробьёв А.А., Боев Б.В., Бондаренко В.М., Гинцбург А.Л. *Проблема биотерроризма в современных условиях*. 2002;(3):3-6.
3. Байрамукова З.Х., Кочкаров А.М., Кунижева Л.А. Оценка диаметальной области распространения вирусов по моделям на предфрактальных графах. *Научный журнал КубГАУ*. 2014;103(09). Доступно по: <http://ej.kubagro.ru/2014/09/pdf/85.pdf>
4. Кочкаров Р.А., Кунижева Л.А. Распознавание предфрактального графа, порождённого полной двудольной затравкой. *Научный журнал КубГАУ*. 2013;91(07). Доступно по: <http://ej.kubagro.ru/2013/07/pdf/57.pdf>
5. Кунижева Л.А., Кочкаров А.М. Многокритериальная задача покрытия предфрактального графа двудольными графами. *Известия Северо-Кавказской государственной гуманитарно-технологической академии*. 2012;(1):4-7.

REFERENCES

1. Vorob'yov A.A. Otsenka veroyatnosti ispolzovaniya bioagentov v kachestve biologicheskogo oruzhiya. 2001;(6): 54-56. (In Russ).
2. Vorob'yov A.A., Boyev B.V., Bondarenko V.M., Gintsburg A.L. *Problema bioterrorizma v sovremennykh usloviyakh*. 2002;(3): 3-6. (In Russ).
3. Bayramukova Z.KH., Kochkarov A.M., Kunizheva L.A. Otsenka diametral'noy oblasti rasprostraneniya virusov po modelyam na predfraktal'nykh grafakh. *Nauchnyy zhurnal KubGAU*. 2014. 103 (09). Available from: <http://ej.kubagro.ru/2014/09/pdf/85.pdf> . (In Russ).
4. Kochkarov R.A., Kunizheva L.A. Raspoznavanie predfraktal'nogo grafa, porozhdjonno polnoj dvudol'noj zatravkoj. *Nauchnyy zhurnal KubGAU*. 2013;91(07). Available from: <http://ej.kubagro.ru/2013/07/pdf/57.pdf> . (In Russ).
5. Kunizheva L.A., Kochkarov A.M. Mnogokriterial'naja zadacha pokrytija predfraktal'nogo grafa dvudol'nymi grafami. *Izvestija Severo-Kavkazskoj gosudarstvennoj gumanitarno-tehnologicheskoy akademii*. 2012;(1):4-7. (In Russ).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ / INFORMATION ABOUT THE AUTOR

Кунижева Лариса Адамовна, старший преподаватель, кафедра математики, ФГБОУ ВО "Северо-Кавказская государственная академия" Черкесск, Российская Федерация.

Larisa A. Kunizheva, Senior Lecturer, Department of Math, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "North Caucasian State Academy", Cherkessk, Russian Federation