

Раздел II. Вычислительная техника и информатика

УДК 004.03

А.И. Миков, Н.З. Нгуен

АНАЛИЗ МАРШРУТИЗАЦИИ ОГРАНИЧЕННЫХ ПОТОКОВ СООБЩЕНИЙ В СЛУЧАЙНЫХ AD HOC СЕТЯХ*

Рассматривается представление ad hoc сетей в виде случайного графа с фиксированным количеством узлов, а также представление процессов передачи сообщений в сети. На основе этого определяются базовые характеристики распределения случайных процессов при имитации работы этих сетей. Рассматриваются основные функции распределения вероятностей, используемые при имитации, а также отмечаются основные задачи при симуляции внутренних процессов сети. Для точного представления модели и времени предлагается использовать событийно-ориентированный подход имитации внутренних процессов, представленных в виде конечных потоков сообщений, создаваемых и обрабатываемых в каждом узле сети. Вся структура имитации времени обработки внутренних процессов представляется в виде соответствующей графической модели. Основной задачей является изучение основных характеристик поведения случайных распределенных процессов, протекающих в анализируемых системах. Рассчитывается оптимально-минимальное количество требуемых тестов, для обеспечения корректности и устойчивости выходных данных. Проводится графический анализ зависимости количества обрабатываемых сообщений, общего времени обработки всех сообщений и нагрузки узлов от количества тестов при имитации сети. Проведено исследование поведения и время обработки первичных и вторичных процессов в зависимости от количества задаваемых вершин в системе. Анализируется сдвиг времени нагруженности узлов от момента выхода на обработку всех сообщений. Производится поиск оптимальной периодичности выхода сообщений и обработки сообщений для обеспечения наиболее корректных данных. Рассмотрены и определены зависимости параметров, влияющих на корректность выходных данных и обеспечение работы системы в стационарном режиме.

Случайный граф; AD HOC сети; событийно-ориентированный подход; алгоритм Дейкстры; маршрутизация; имитационное моделирование.

A.I. Mikov, N.D. Nguyen

ANALYSIS ROUTING OF THE LIMITED MESSAGES FLOWS IN A CASUAL AD HOC NETWORKS

The ad hoc networks are represented in the form of a random graph with a fixed number of units and the view of the processes of sending messages in the network are represented in this paper. On this basis, the basic characteristics of the distribution of random processes in simulated operation of these networks are determined. The main function of the probability distribution used in the simulation is represented and the main problem in the simulation of internal processes of the network is noted. For an accurate representation of the model and the time, we proposed to use an event-driven simulation approach of internal processes, which presented in the form of the final message flows that generate and process at each node of the network. The whole structure of the simulation processing time internal processes represented as the corresponding graphical model. Main task is to

* Работа была частично поддержана грантом РФФИ №14-01-00157.

study the behavior of the main characteristics of the random distribution of the processes occurring in the analyzed systems. Calculated the optimal-minimal number of required tests to ensure the correctness and stability of the output data. The behavior and the processing of the primary and secondary processes depending on the number of peaks defined in the system are represented. The dependence of the number of processing messages, total processing time of all messages and load units on the number of tests in simulated network is analyzed. Depending on parameters that affect on the correctness of the output data and maintaining the system in steady state is considered and defined.

Random graph; AD HOC network; event-oriented approach; Dijkstra algorithm; routing; simulation.

Введение. Как известно, ad hoc сети [1, 2], или как их еще называют беспроводные самоорганизующиеся сети, представляют собой децентрализованные беспроводные сети, где все узлы являются равноправными с точки зрения управления сетью. В таких сетях отсутствуют выделенные серверы, где каждый узел используется либо как клиент, либо для выполнения функции сервера, что позволяет сохранять работоспособность сети при любом количестве доступных узлов. При функционировании сети по различным причинам могут теряться связи между отдельными узлами, т.е. конфигурация сети непостоянна и, зачастую, непредсказуема.

Целью работы является анализ характеристик потоков сообщений в ad hoc сети в условиях неопределенной структуры сети.

Часто используемой [3] математической моделью неопределенности структуры сети является случайный граф [4]. В этом случае оцениваются теоретико-вероятностные характеристики потоков в случайных графах. Таким оценкам посвящен ряд работ [5–8] последних лет.

Представим сеть в виде статического связного графа $G = (V, U)$, где V – множество вершин или узлов, U – множество ребер, и динамического множества W сообщений (пакетов), генерируемых в ходе работы данной сети. В работе рассматриваются сети с фиксированным количеством узлов n . Остальные составляющие сети являются случайными.

Множество ребер графа $G = (V, U)$ формируется следующим образом. На интервале $[n - 1, n(n - 1)/2]$ генерируется случайное число $|U|$ – мощность множества ребер, исходя из заданного дискретного распределения вероятностей P_U . Затем из множества $V \times V \setminus \text{diag}(V \times V)$ равновероятно выбирается $|U|$ различных пар вершин, которые составляют случайное множество U' . Если образовавшийся граф $G = (V, U')$ – связный, то $U = U'$. В противном случае делается повторный равновероятный выбор пар вершин.

В сети каждый узел $v_i, i = 1..n$ является источником потока сообщений w_i к некоторому узлу $v_j, j = 1..n, j \neq i$, выбираемому случайным образом, в котором сообщения этого потока должны обрабатываться. Поток w_i – это случайный дискретный процесс с конечным числом событий передачи сообщений. Количество событий в потоке – случайная величина с дискретным распределением вероятностей P_S . Ее значения не превышают некоторого конкретного числа P . Интервалы времени τ_i между последовательными событиями в потоке описываются функциями распределения вероятностей $A_i(x)$.

Первичные процессы w_i порождают вторичные потоки сообщений следующим образом. Каждое передаваемое сообщение в сети имеет целевой узел обработки. В тех случаях, когда целевой узел не является соседом передающего узла, сообщения должны проходить через промежуточные узлы. При поступлении сообщения в целевой узел, оно обрабатывается в течение времени σ_i с функцией распределения вероятностей $B_i(x)$, и ответ на него отправляется обратно к узлу-отправителю. Сообщения на промежуточных узлах также требуют некоторого времени на обработку маршрутной информации. В общем случае через каждый узел проходят сообщения из нескольких первичных потоков и нескольких вторичных потоков, образуя очереди с дисциплиной FIFO.

Суммарно первичные и вторичные процессы образуют многомерный (распределенный по узлам сети) случайный процесс W с конечным числом событий. Этот процесс не определяется однозначно только множеством первичных процессов $\{w_i\}$. Он зависит также от алгоритма R маршрутизации. Используется оптимальная маршрутизация [9–11], основанная на прогнозе времен ожидания и обработки сообщения на протяжении всего маршрута от узла-источника до целевого узла.

Основными задачами анализа являются изучение следующих характеристик распределенного случайного процесса W :

- 1) Время α ответа на сообщение (от момента генерации узлом-источником до момента получения этим же узлом ответа от целевого узла);
- 2) Время β ответа на поток сообщений (от генерации первого сообщения до получения ответа на последнее сообщение);
- 3) Отношение числа событий в процессе W к числу событий в первичных процессах $\{w_i\}$;

Вычислялись функции распределения вероятностей $RM(x) = P\{\alpha \leq x\}$ и $RS(x) = P\{\beta \leq x\}$ при вышеприведенных условиях, для количества узлов в сети $n = 5..30$.

Была поставлена задача маршрутизации сообщений в системе сложной структуры, основанной на эффективном выполнении всех процессов протекающих в этой системе. Состояние системы определяется огромным количеством обрабатываемых, ожидающих в очереди на выполнение сообщений, и нужно определить оптимальное время движения сообщения к конечному узлу, затратив при этом минимальное время. Для нахождения кратчайшего пути был использован модифицированный алгоритм Дейкстры [12], учитывающий состояние занятости узлов и степень заполненности очередей к ним. Сеть была представлена в виде матрицы смежности, где ее i -е строки и j -е столбцы эквивалентны порядковым номерам вершин графа, а ее элементы $a[i, j]$ являются динамически изменяющимися значениями весов ребер от i -го до j -го узла.

Представление модели и времени. В модели каждый узел и сообщение имеют структуру, описанную на рис. 1.



Рис. 1. Элементы модели сети

Анализ эффективности маршрутизации проводился на событийно-ориентированной модели [13–15], удовлетворяющей следующим условиям:

- ◆ продвижение модельного времени происходит от события к событию, которые изменяют состояние модели;
- ◆ логика наступления событий определяет последовательность смены состояний, которые связаны с наступлением этих событий.

Во время выполнения случайно сгенерированной системы в конкретный момент времени t образуется список событий $(e_1, e_2, \dots, e_n) \in E, e_1 > e_2 > \dots > e_n$, каждое из которых принадлежит конкретному узлу $v_i \in V, i = 1..n$ и имеет собственное

время появления t_{e_k} , $k = 1..n$. Для того чтобы не задавать конкретный шаг изменения системного времени, программа высчитывает время появления ближайшего события и присваивает это значение к «временному таймеру» t системы, что позволяет облегчить задачу сдвига таймера работы модели, т.е. $t_{mek} = \min(t_{e_1}, t_{e_2}, t_{e_3}, \dots, t_{e_n})$.

Анализ обработки сообщений. При анализе поведения времени обработки сообщений, результаты были разделены по количеству генерируемых вершин. Для корректности выходных данных, каждая система была обработана на более 1000 разных вариантах связности, с одним и тем же количеством вершин, а так же каждый вариант был пройден более чем 100 раз. Для того чтобы определить поведение обработки каждого сообщения, нужно провести анализ плотности вероятности времени их обработки во время всей работы этой системы.

По результатам тестов (рис. 2) было выявлено, что при прохождении каждого варианта более чем 100 раз, графики плотности вероятности случайной величины α совпадают. По вертикальной оси расположена плотность распределения, а по горизонтальной оси разбиение (на сколько частей разделить среднее время выполнения сообщения для нахождения плотности вероятности на конкретных отрезках). По рисунку можно сделать вывод о том, что для получения корректных данных достаточно сделать минимум 100 проходов.

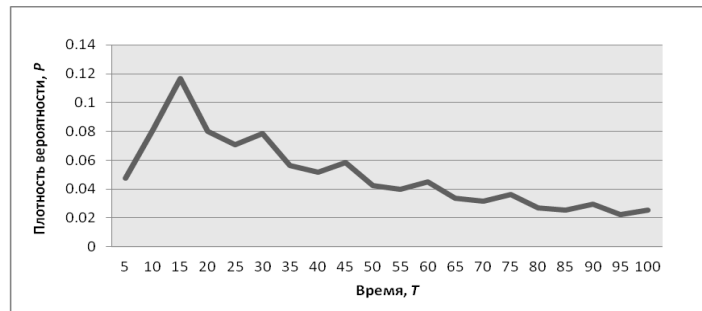


Рис. 2. Плотности вероятности случайной величины α в зависимости от количества проходов программы при $n = 20$

На рис. 3 показан график изменения плотности распределения вероятности случайной величины α . Также каждый граф был пройден 100 раз, и поведение графика зависит от интервалов времени появления и обработки сообщений, математическое ожидание которых равны между собой и равны $M(t)$, где на графике эта величина соответственно равна 5, 10, 15 и 20, соответственно, загрузка $\rho = 1$.

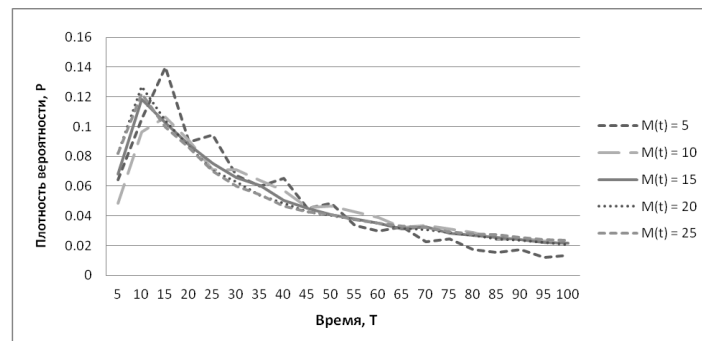


Рис. 3. График изменения плотности распределения вероятности

Из графика видно, что резкий скачок в функции плотности распределения происходит именно в начале, между разбиениями 2 и 3. Это обусловлено тем, что большинство сообщений за 1 шаг доходят до места назначения. По статистике, которая показана на рис. 4, на примере были рассмотрены 1000 наборов графов с 20 вершинами (включая связанных и несвязных) каждый из которых был иницирован не менее чем 100 раз.

При этом сообщений было обработано более 2 млн. сообщений, среднее время обработки сообщения по системе составило около 80 единиц времени, по этому числу и делалось разбиение на 20 частей, для нахождения плотности распределения.

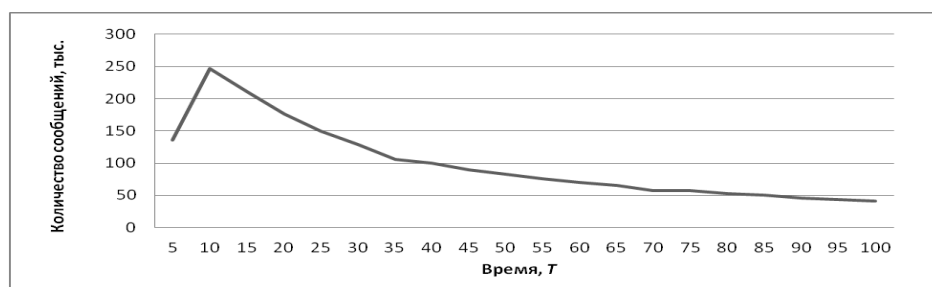


Рис. 4. Плотность распределения вероятности графа при $n = 20$

Количество сообщений, дошедшее за 1 шаг до места назначения, составило более 1,5 млн., это составляет до 77 % от количества всех сообщений появившихся в системе за данный промежуток времени и, следовательно, время обработки сообщений будет быстрой, а именно входит в первые 3–6 разбиений, этим и объясняется такое поведение графика, а именно резкого возрастания в начальных моментах разбиения, функции плотности распределения.

Очевидно, что если сообщений, приходящих в систему, в какой-то постоянный промежуток времени, намного больше, чем выходящих из нее, то соответственно очередь во всех узлах сети будет увеличиваться соответственно. Безусловно, что при прогоне систем с огромным количеством входных сообщений, узлы в этих системах соответственно будут нагружаться и анализируемые данные, выявляемые при имитации, будут неустойчивыми, поэтому очень важно обеспечение устойчивости этих данных.

Устойчивость данных. При имитации систем больших масштабов необходимо корректное вычисление параметров, при которых выполнение таких систем будет стационарным [16]. Рассмотрим эти параметры и зависимость конечных данных от этих переменных:

- 1) количество вершин графа $|V|$;
- 2) количество генераций графа. Для получения корректных данных необходимо рассмотрение и вычисление данных по всем возможным генерациям графа. То есть, имея $|V|$ количество вершин, нужно рассмотреть все возможные варианты генераций этих графов, каждый раз генерируя новый набор ребер из множества U .
- 3) количество прохождений каждого графа. После генерации графа необходимо прохождение определенного количества тестов для выявления устойчивых данных.
- 4) размерность потока. Стоит учитывать, что при каждом проходе происходит повторное порождение потоков сообщений $w_i \in W$ одной и той же размерности.

Т.е. на первом шаге мы имеем заданное количество вершин графа $|V|$, затем генерируем ребра графа некоторое n количество раз, и для каждого такого графа происходит имитация процессов внутри него, где на каждой итерации происходит регенерация потоков сообщений, протекающих в нем. Размерность потоков сообщений также задается изначально. В дальнейшем будем подразумевать n -тестов, как n -генераций графов, по n -прохождений.

Рассмотрим зависимость между нагрузкой узлов при имитации от количества генераций и проходов, т.е. при каком количестве генераций и проходов графа анализируемые данные и нагрузка в системе будет наиболее устойчивыми. Проанализируем эту зависимость на примере графа с 10 вершинами рис. 5.

По рисунку видно, что, имея более 50 тестов, нагрузка на каждый узел системы равномерно распределена, используя при имитации равномерное распределение случайных чисел и, следовательно, вычисляемые при этом данные для анализа будут наиболее устойчивыми.

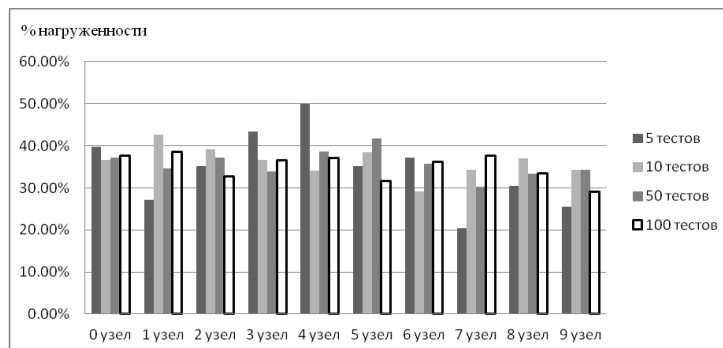


Рис. 5. Зависимость нагрузки узлов от количества тестов на графах при $n = 10$

Проведем анализ следующих данных:

- ◆ среднее время завершения первичных процессов $\{w_i\}$ (отправления всех сообщений в систему). Для каждой реализации случайного графа сети и, соответственно, сгенерированного набора первичных процессов $\{w_i\}$ для этого графа; фиксируются моменты времени ξ , когда все сообщения со всех узлов уже отправлены на обработку, т.е. к этому моменту все узлы отправили все свои потоки сообщений, но не все получили их обратно. Среднее значение $M\xi$ вычисляется по всем наборам $\{w_i\}$ и всем реализациям графа сети.
- ◆ среднее время завершения вторичных процессов $\{w_j\}$, т.е. процесса W в целом. Для каждой реализации случайного графа сети и, соответственно, сгенерированного набора первичных процессов $\{w_i\}$ для этого, фиксируются моменты времени β завершения всех процессов. Среднее значение $M\beta$ вычисляется по всем наборам $\{w_j\}$ и всем реализациям графа сети.
- ◆ среднее время $M\gamma$ пика нагруженности узлов. На каждой итерации фиксируется момент времени γ , когда очереди всех узлов нагружены максимально, затем вычисляется средний момент этих времен.
- ◆ среднее время $M\omega$ всех максимальных ожиданий в очереди. На каждой итерации отмечается нагруженность каждого узла, по времени, т.е. через какой промежуток времени узел освободится, или все сообщения, которые в данный момент обрабатываются и находятся в очереди уйдут из узла. Находится их максимальные значения ω с каждых проходов, где затем берется его среднее значение.

Эти данные зависят от параметра интервалов времени τ_i между последовательными событиями в потоке генерируемых узлом сообщений, которые описываются функциями распределения вероятностей $A_i(x)$. При моделировании эти распределения считались равномерными на некотором интервале от 0,1 до a .

Другой параметр – время обработки сообщения узлом. Это также равномерно распределенная случайная величина, определенная на интервале от 0,1 до b .

Проведем анализ среднего времени отправления всех сообщений в систему. Очевидно, что $M\xi$, зависит от a , но не зависит от b , т.к. при ускорении обработки сообщений, время отправления всех сообщений в систему останется неизменной.

На рис. 6 были рассмотрены графы с 5, 10, 15, 20, 25 вершинами. Изначально a бралось как число 2, то есть время появления сообщений было от 0.1 до 2. Как было написано выше, $M\xi$ не зависит от b , но также можно увидеть, что даже при изменении количества вершин $M\xi$ изменяется только на 0.5-1 единицу времени. То есть при увеличении количества вершин разница между $M\xi$ невелика, и если взять a меньше 1, то и разница между $M\xi$ с разным количеством вершин будет ничтожно мало.

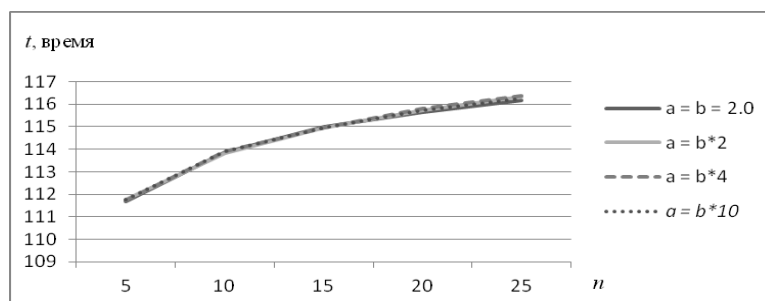


Рис. 6. Зависимость $M\xi$ от количества вершин в графе

По данным полученным при анализе $M\xi$ и количества сообщений выходящих с каждого при $a = 2$, зависимость между этими двумя параметрами можно задать следующей линейной формулой:

$$M\xi \approx 1.08*a+3.$$

Очевидно, что разница между $M\xi$ и a при больших значениях параметра a минимальна. Следовательно, можно сделать вывод, что

$$M\xi = a, \text{ при } a \rightarrow \infty.$$

При имитации системы встает вопрос о том, в какой момент времени наступит пик нагруженности γ , в момент до или после от момента завершения первичных процессов β .

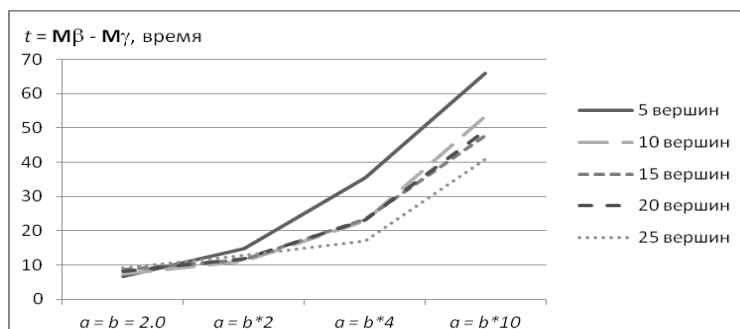


Рис. 7. Зависимость разницы $M\beta$ и $M\gamma$ от времени обработки сообщений

Из рис. 7 видно, что время пика нагрузки напрямую зависит от a и b , а также и от количества вершин в графе. Также показано, что все пики нагрузки происходят до того момента, когда все сообщения уже войдут в систему. Соответственно чем больше разница между a и b , тем больше будет разница между $M\xi$ и $M\gamma$ и, соответственно, тем раньше будет момент пика нагрузки системы. Также можно заметить, что разница между $M\beta$ и $M\gamma$ минимальна и не сильно зависит от того, сколько вершин в графе, если частота появлений сообщений будет в 2 и меньше раза больше частоты их выполнения в графах ($a \geq 2*b$).

Напоследок рассмотрим поведение среднего времени всех максимальных ожиданий в очереди $M\omega$ на рис. 8.

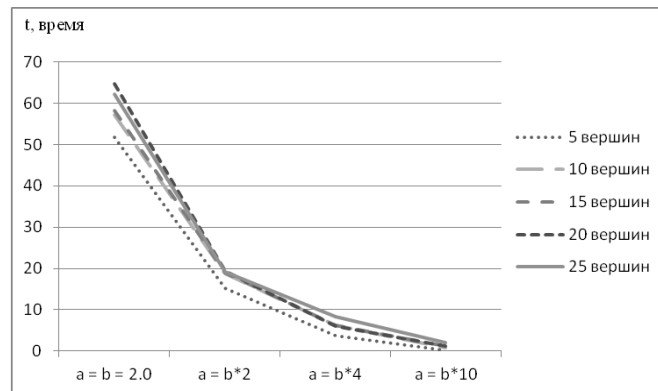


Рис. 8. Зависимость $M\omega$ от a и b

Заметим, что при $a \geq b*4$ величина $M\omega$ достаточно мала учитывая то, сколько имеется вершин и общее количество сообщений протекающих в системе. Следовательно, можно взять именно такие значения a и b , чтобы система работала в стационарном режиме.

Заключение. По анализу поведения случайных потоков сообщений в случайно-образованных ad hoc сетях, можно делать следующие выводы:

- ◆ Резкое возрастание функции плотности распределения в начальный момент времени обуславливается низким временем обработки сообщений в этот период;
- ◆ При более 100 количествах генераций и проходов графа анализируемые данные и нагрузка в системе будет наиболее устойчивыми;
- ◆ При увеличении количества вершин увеличение $M\xi$ будет ничтожно малой;
- ◆ Изменение $M\xi$ прямопропорционально количеству выходящих сообщений с каждого узла;
- ◆ Момент времени пика нагрузки узлов наступает раньше момента времени, когда все сообщения уже вошли в систему;
- ◆ При $a \leq 2*b$ пик нагрузки и вход всех сообщений в систему происходит приблизительно в один момент времени;
- ◆ При $a \geq 4*b$ система начинает работать в стационарном режиме.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Миков А.И., Мезенцева А.С. Характеристики геометрических графов, моделирующих AD HOC сети // Информатизация и связь. – 2012. – № 5. – С. 85-88.
2. Миков А.И. Стохастические характеристики разрезов в графах AD HOC сетей // Информатизация и связь. – 2014. – № 1. – С. 76-79.

3. *Karnon J.* Modeling using discrete event simulation // *Medical decision making*. – 2012. – С. 705-706.
4. *Миков А.И.* Стохастические характеристики разрезов в графах AD HOC сетей // *Информатизация и связь*. – 2014. – № 1. – С. 75.
5. *Hekmat R.* Ad-hoc networks: Fundamental properties and network topologies; Technology, The Netherlands and Rhyzen information and consulting services, Zoetermeer, The Netherland, 2006.
6. *Fujimoto R.M.* Distributed Simulation Systems // In *Proceedings of the 2003 Winter Simulation Conference* S. Chick, P.J. Sánchez, D. Ferrin, and D.J. Morrice. – P. 124-134.
7. *Wilson L.F. and Wei Shen.* Experiments In Load Migration And Dynamic Load Balancing In Speedes // *Proceedings of the 1998 Winter Simulation Conference*. D.J. Medeiros, E.F. Watson, J.S. Carson and M.S. Manivannan. – P. 590-596
8. *Nykvist J., Phanse K.* Modeling Connectivity in Mobile Ad-hoc Network Environments, Department of Computer Science and Electrical Engineering, Lulea, Sweden. – P. 87-88.
9. *Замятина Е.Б., Миков А.И., Михеев Р.А.* Особенности моделирования распределенных информационных систем // *Вестник Пермского университета. Серия: Математика. Механика. Информатика*. – 2013. – № 4. – С. 107-118.
10. *Замятина Е.Б., Миков А.И.* Программные средства системы имитации Triad.NET для обеспечения ее адаптируемости и открытости // *Информатизация и связь*. – 2012. – № 5. – С. 130-133.
11. *Миков А.И.* Связность автономных беспроводных компьютерных сетей в местностях с плохой инфраструктурой // *Экологический вестник научных центров Черноморского экономического сотрудничества*. – 2014. – № 1. – С. 70-75.
12. *Волченская Т.В., Князьков В.Б.* Введение в теорию графов // *Алгоритмы и дискретные структуры*. – 2008. – С. 125.
13. *Миков А.И., Замятина Е.Б.* Инструментальные средства имитационного моделирования для анализа бизнес-процессов и управления рисками // *Информатизация и связь*. – 2011. – № 5. – С. 14-16.
14. *Воеводин В.В.* Модели и методы в параллельных процессах. – М.: Наука, 1986. – 296 с.
15. *Миков А.И.* Информационные процессы и нормативные системы в IT: Математические модели. Проблемы проектирования. Новые подходы. – М.: Книжный дом «Либроком», 2013.
16. *Mikov A.I.* Performance evaluation. – Краснодар, 2013.

REFERENCES

1. *Mikov A.I., Mezentseva A.S.* Kharakteristiki geometricheskikh grafov, modeliruyushchikh AD HOC seti [Characteristics of geometric graphs, simulating AD HOC network], *Informatizatsiya i svyaz'* [Informatization and communication], 2012, No. 5, pp. 85-88.
2. *Mikov A.I.* Stokhasticheskie kharakteristiki razrezov v grafakh AD HOC setey [Stochastic characteristics of the sections of the graphs in AD HOC networks], *Informatizatsiya i svyaz'* [Informatization and communication], 2014, No. 1, pp. 76-79.
3. *Karnon J.* Modeling using discrete event simulation, *Medical decision making*, 2012, pp. 705-706.
4. *Mikov A.I.* Stokhasticheskie kharakteristiki razrezov v grafakh AD HOC setey [Stochastic characteristics of the sections of the graphs in AD HOC networks], *Informatizatsiya i svyaz'* [Informatization and communication], 2014, No. 1, pp. 75.
5. *Hekmat R.* Ad-hoc networks: Fundamental properties and network topologies; Technology, The Netherlands and Rhyzen information and consulting services, Zoetermeer, The Netherland, 2006.
6. *Fujimoto R.M.* Distributed Simulation Systems, In *Proceedings of the 2003 Winter Simulation Conference* S. Chick, P.J. Sánchez, D. Ferrin, and D.J. Morrice, pp. 124-134.
7. *Wilson L.F. and Wei Shen.* Experiments In Load Migration And Dynamic Load Balancing In Speedes, *Proceedings of the 1998 Winter Simulation Conference*. D.J. Medeiros, E.F. Watson, J.S. Carson and M.S. Manivannan, pp. 590-596
8. *Nykvist J., Phanse K.* Modeling Connectivity in Mobile Ad-hoc Network Environments, Department of Computer Science and Electrical Engineering, Lulea, Sweden, pp. 87-88.
9. *Zamyatina E.B., Mikov A.I., Mikheev R.A.* Osobennosti modelirovaniya raspredeleennykh informatsionnykh sistem [Features of modelling of distributed information systems], *Vestnik Permskogo universiteta. Seriya: Matematika. Mekhanika. Informatika* [Perm University Herald. Series: Mathematics. Mechanics. Informatics], 2013, No. 4, pp. 107-118.

10. Zamyatina E.B., Mikov A.I. Programmnye sredstva sistemy imitatsii Triad.NET dlya obespecheniya ee adaptiruемости i otkrytosti [Software simulation systems Triad.NET to ensure its adaptability and openness], *Informatizatsiya i svyaz'* [Informatization and communication], 2012, No. 5, pp. 130-133.
11. Mikov A.I. Svyaznost' avtonomnykh besprovodnykh komp'yuternykh setey v mestnostyakh s plokhoй infrastrukturoy [The connectivity of the Autonomous wireless computer networks in areas with poor infrastructure], *Ekologicheskiy vestnik nauchnykh tsentrov Chernomorskogo ekonomicheskogo sotrudnichestva* [Ecological Bulletin of research centers of the Black sea economic cooperation], 2014, No. 1, pp. 70-75.
12. Volchenskaya T.V., Knyaz'kov V.B. Vvedenie v teoriyu grafov [Introduction to graph theory], *Algoritmy i diskretnye struktury* [Algorithms and discrete structures], 2008, pp. 125.
13. Mikov A.I., Zamyatina E.B. Instrumental'nye sredstva imitatsionnogo modelirovaniya dlya analiza biznes-protsessov i upravleniya riskami [Tools of simulation modeling for the analysis of business processes and risk management], *Informatizatsiya i svyaz'* [Informatization and communication], 2011, No. 5, pp. 14-16.
14. Voevodin V.V. Modeli i metody v parallel'nykh protsessakh [Models and methods in parallel processes]. Moscow: Nauka, 1986, 296 p.
15. Mikov A.I. Informatsionnye protsessy i normativnye sistemy v IT: Matematicheskie modeli. Problemy proektirovaniya. Novye podkhody [Information processes and regulatory systems in IT: a Mathematical model. The problems of designing. New approaches]. Moscow: Knizhnyy dom «Librokom», 2013.
16. Mikov A.I. Performance evaluation. Krasnodar, 2013.

Статью рекомендовал к опубликованию д.ф.-м.н., профессор Э.К. Алгазинов.

Миков Александр Иванович – Кубанский государственный университет; e-mail: alexander_mikov@mail.ru; 350040, г. Краснодар, ул. Ставропольская, 149; тел.: +79183456364; кафедра вычислительных технологий; зав. кафедрой; д.ф.-м.н.; профессор.

Нгуен Нгок Зуй – e-mail: nguyeu_ngoc_duy@mail.ru; тел.: +79186599956; кафедра вычислительных технологий; аспирант.

Mikov Alexander Ivanovich – Kuban State University; e-mail: alexander_mikov@mail.ru; 149, Stavropolskaya street, Krasnodar, 350040, Russia; phone: +79183456364; the department of computational technologies; head of departmen; dr. of phis.-math. sc.; professor.

Nguyen Ngoc Duy – e-mail: nguyeu_ngoc_duy@mail.ru; phone: +79186599956; the department of computational technologies; postgraduate student.

УДК 004.82; 004.89

Б.В. Черников

ИНФОРМАЦИОННЫЙ АНАЛИЗ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ СИСТЕМ НОРМАТИВНО-СПРАВОЧНОЙ ИНФОРМАЦИИ

Развитие информационных технологий и сопутствующее этому создание комплексов информационных систем обуславливают тенденцию к объединению используемых в организациях и на предприятиях систем в единое информационное пространство. Основой для его формирования является система классификация и кодирования, лежащая в основе системы нормативно-справочной информации (НСИ) организации или предприятия. Построение качественной системы классификации и кодирования трудно себе представить без глубокого анализа всех компонентов информации, используемой при согласованной работе комплекса сопряженных информационных систем. В связи с этим целью исследования является обоснование эффективного метода информационного анализа в процессе разработки системы нормативно-справочной информации. Информационный анализ, являясь (в сфере информационных технологий) одним из направлений системного анализа, позволяет комплексно подойти к отбору и оценке компонентов будущей системы НСИ. К задачам исследования отнесено