

9. Зубарев Ю. Я. Моделирование процессов переработки контейнерных грузов на основе немарковских моделей массового обслуживания / Ю. Я. Зубарев, А. С. Гайнуллин, А. С. Хвастунов // Современные тенденции и перспективы развития водного транспорта в России: материалы II Межвуз. науч.-практ. конф. студ. и аспирантов. — СПб.: Изд-во ГМА имени адмирала С. О. Макарова, 2001. — С. 12–13.

10. Русинов И. А. Оптимизация работы контейнерных терминалов / И. А. Русинов // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника. — 2010. — № 22 (198). — С. 31–36.

УДК 004.424.27, 004.725.4

А. А. Некрасова,
асп.;

С. С. Соколов,
канд. техн. наук, доц.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕОРИИ ПЕРКОЛЯЦИИ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ПОТОКАМИ ДАННЫХ В ИНФОРМАЦИОННЫХ СЕТЯХ НА ТРАНСПОРТЕ

STUDY OF THE POSSIBILITY OF PERCOLATION THEORY FOR FLOW CONTROL IN INFORMATION NETWORKS TRANSPORT

Современный уровень развития информационных технологий (ИТ) предполагает рост взаимодействия элементов информационных систем. Развитие информационных сетей (ИС) и рост объемов обмена информацией требуют разработки новых средств моделирования взаимодействия элементов и управления информационными потоками (ИП) данных в них. Снижение пропускной способности информационной сети, угроза разрушения механизма управления потоками данных в сети, необходимость перераспределения ИП — все это является актуальными проблемами ИС. Решение этих проблем позволит оптимизировать управление потоками данных и работы сети в целом: повысить эффективность использования полосы пропускания, увеличить возможности динамического распределения сетевых ресурсов, достичь более высокого уровня автоматизации и контроля сети. В статье проведен анализ существующих методов и алгоритмов теории перколяции. Динамические процессы, протекающие в ИС, требуют применения адекватных математических алгоритмов, которыми являются методы перколяции (протекания). Перколяционная модель представляет собой распространение процесса на решетке, при котором существует хотя бы один непрерывный путь через соседние проводящие узлы от одного до другого края. Метод применен для информационных сетей на транспортных объектах.

The present level of development of information technologies assumes increase interaction of elements of information systems. The development of information networks and the growth of the exchange of information will require the development of new tools for modeling the interaction of the elements and information management data in them. Reduced bandwidth information network; threat of the destruction of the mechanism of management of data flows in the network, the need for redistribution of information flows – all of this is the most pressing problems in information networks. Solving these problems will lead to improved performance and data flow management of the network as a whole. One of the solutions is to increase bandwidth efficiency, the ability to dynamically allocate network resources, a higher level of automation and control networks. The article provides an analysis of existing methods and algorithms for percolation theory. Dynamic processes in information networks require the use of appropriate mathematical algorithms, which are the methods of percolation (percolation). The percolation model is an extension of the process on a lattice, in which there is at least one continuous path through the adjacent conductive components from one to the opposite edge. These methods can be applied to work with information networks to transport objects.

Ключевые слова: перколяция, статистическое моделирование, информационные сети, управляемая перколяция, перколяционные модели, дискретная перколяция.

Key words: percolation, statistical modeling, information networks operated by percolation, percolation models, discrete percolation.

Введение

Теория перколяции — это новый подход в управлении потоками данных в информационных сетях. С помощью перколяционных моделей можно производить эффективные расчеты, исследовать надежность сети и защищать многосвязный узел в информационной сети.

В данной работе предлагается использовать дискретную перколяцию на объектах водного транспорта. Приведенный метод может быть применен для работы с информационными сетями для обеспечения максимально эффективного использования полосы пропускания, возможности динамического распределения сетевых ресурсов, а также контроля процесса [1].

Основная часть

Один из развиваемых подходов к исследованию информационных сетей связан с моделью «протекания» по их ребрам безопасного информационного трафика, транспортного трафика, потоков обслуживания и т.п. Теория перколяции решает задачи анализа больших сетей в рамках этой модели [2], [3].

Постановка задачи теории перколяции. Имеется решетка из связей или матрица, случайная часть ячеек которых K — «черная», проводящая поток, а остальная часть — «белая», не проводящая поток. Необходимо найти минимальную концентрацию «черных» ячеек, при которой имеется сквозной путь по «черным» связям через всю матрицу в заданном направлении, иными словами, такую концентрацию K_n , при которой вся матрица в целом будет проводить поток. При достижении проводимости свойства такой сети качественно и скачком меняются: образуется безопасный путь (или он разрушается), возникает (или затухает) эпидемия, воссоздается разрушенная социальная сеть, возникает пробка в дорожном движении и т.п. Концентрация K — это доля «черных» узлов при случайно-однородном заполнении решетки, или матрицы, которая является вероятностью наличия «черного» объекта в ячейке матрицы [4].

Статистическое моделирование на таких случайных матрицах позволяет обнаружить и исследовать статистический феномен порога перколяции как «пробоя» матрицы проводящим перколяционным кластером при достижении вероятности нахождения объекта в ячейке значения K_n . Теория «протекания» позволяет определить порог перколяции, уровень вероятности, или концентрации K_n , при которой наступает перколяция, и имеет много точных аналитических результатов. Основным используемым ею метод — численное статистическое моделирование на решетках или деревьях.

Рассмотрим общий случай перколяционной задачи узлов, когда функция распределения узлов является произвольной. Пусть производящая функция вероятности распределения степеней узлов имеет вид

$$F_0(x) = \sum_{k=0}^{\infty} p_k q_k x^k, \quad (1)$$

где p_k — вероятность того, что случайно выбранный узел имеет степень k ; q_k — вероятность того, что узел помечен, учитывая, что он имеет степень k [5].

Обозначим общую долю занятых узлов — q . Тогда $F_0(1) = q$. При случайно выбранной связи достигнутый узел имеет степень распределения kp_k . Определены условия, при которых случайно выбранная связь приведет к узлу высокой степени. Уравнение (1) для такого узла имеет вид

$$F_1(x) = \frac{\sum_k kp_k q_k x^{k-1}}{\sum_k kp_k} = \frac{F_0(x)}{z}, \quad (2)$$

где z — средняя степень узла.

Пусть $P_1(x)$ — производящая функция, характеризующая вероятность того, что один конец случайно выбранной связи в сети приводит к перколяционному кластеру данного числа занятых узлов. Кластер может содержать крайний узел в конце связи с вероятностью $(1 - F_1(1))$, или связь может привести к заполненному узлу со степенью k с вероятностью $F_1(1)$. Это означает, что $P_1(x)$ удовлетворяет условиям самоорганизации:

$$P_1(x) = 1 - F_1(1) + xF_1[P_1(x)]. \quad (3)$$

Распределение вероятности размера кластера для случайно выбранного узла выглядит аналогично:

$$P_0(x) = 1 - F_0(1) + xF_0[P_1(x)]. \quad (4)$$

Совокупность уравнений (1) – (4) позволяет определить распределение размера кластера для задачи узлов перколяции, средний размер кластера, значение порога перколяции и размеры компоненты.

Для перколяционной связи с равномерным распределением получена вероятность

$$P_0(x) = x[P_1(x)], \quad (5)$$

где $P_1(x)$ находится по следующей формуле:

$$P_1(x) = 1 - q + qxG_1[P_1(x)], \quad (6)$$

где $G_1(x) = \frac{G'_0(x)}{z}$ — производящие функции для степени узла.

$P_0(x)$ находится по формуле:

$$P_0(x) = 1 - q + qxG_0[P_1(x)]. \quad (7)$$

Здесь $G_0(x) = \sum_k p_k x^k$.

Для определения среднего размера кластера в сети до порога перколяции используется формула

$$\langle S \rangle = P'_0(1) = q + qG'_0(1)P'_1(1) = q \left[1 + \frac{qG'_0(1)}{1 - qG'_1(1)} \right]. \quad (8)$$

Выражение расходится при $1 - qG_1(1) = 0$. Эта точка отмечает значение порога перколяции. Таким образом, вероятность критической заполненности имеет вид

$$q_c = \frac{1}{G'_1(1)}. \quad (9)$$

Специфика задач управления потоками данных в ИС на транспорте состоит в разнообразии целей управления, таких как инфраструктура водного транспорта; обеспечение судоходства на водных путях; необходимость согласования различных управляющих указаний, поступающих от органов власти и администрации различного уровня и органов управления движением; учет всевозможных климатических явлений; состояние сети и т. д. Существенное влияние оказывают также большая размерность объекта управления, работа в режиме реального времени и нестационарность параметров транспортной сети и маршрутов движения водного транспорта. Решением этих задач является использование алгоритмов и методов управления потоками данных, сочетающих современные технологии сбора и обработки информации и ориентированных на применение в транспортных системах [6], [7].

Дискретный вариант перколяционных моделей

В информационных сетях часто используется дискретный вариант перколяционных моделей. Частицы среды представляются как вершины графа, имеющие два состояния: «проводящее» и «непроводящее». Смежными считаются соседние вершины, которые находятся в проводящем

состоянии. Назначение состояний вершин происходит в случайном порядке, но с одинаковой вероятностью p . В такой постановке порог перколяции — это значение вероятности p^* , при котором в графе образуется «перколяционный кластер» — т. е. связанная область, обеспечивающая протекание через среду [8].

Методы теории перколяции для вычислительных сетей на транспорте.

Проведение вычислительного эксперимента

Как уже отмечалось, специфика транспортной сферы заключается в разнообразии, с одной стороны, задач передачи данных, а с другой — в разнообразии структуры вычислительной сети и характеристик каналов передачи данных. Таким образом, для формализованного определения моделей передачи данных в вычислительных сетях транспортной сферы необходимо в самом начале понимать нестационарный и непредсказуемый характер таких сетей, который может заключаться, в том числе, в непрогнозируемом росте количества подключений к отдельным узлам и формированию. В этом случае можно говорить о формировании огромных, сильно связанных компонент, которые характеризуются неограниченным ростом числа узлов при соблюдении условия достижимости любой пары из них. Это позволило сделать вывод о том, что в информационных сетях наиболее естественным является использование именно дискретной перколяции, в котором с учетом сетевой специфики для удобства лучше рассматривать граф, характеризуемый состоянием ребер, а не вершин. В этом случае в подграф должны входить все вершины, а условие смежности вершин выполняется при условии соединения их ребром, находящемся в проводящем состоянии.

Для определения порога перколяции был проведен вычислительный эксперимент, в котором анализировалось распространение информации (пакета) через соседние вершины графа. Пересылка пакета в соседнюю вершину осуществляется с вероятностью p , а вся информация будет доставлена с некоторой вероятностью $w(p)$. При появлении каждого события случайная величина может принимать значение 1, т. е. связь будет активной, и тогда вероятность равна f , а может принимать значение 0 и связь не является активной, тогда вероятность равна $(1-f)$. Такая изменчивость задается параметром μ . Закон распределения величин f — степенной, варьируя его параметры, получим заданное среднее Mf [9], [10].

Эксперимент проводился на двух топологиях квадратной решетки $N \times N$. В первой топологии диагональных связей не было, т. е. у каждого узла было четыре «соседа», а во второй топологии были диагональные связи, и у каждого узла — восемь «соседей». Были выбраны три сети: $N = 100$, $N = 300$, $N = 500$. Крайние слева узлы в количестве N являются отправителями, а правые — получателями. Выходной параметр w — доля дошедших до последнего узла. Порог перколяции находится с точностью минимальной длины отрезка разбиения, в данном случае 0,01. На рис. 1 и 2 представлены результаты по двум топологиям.

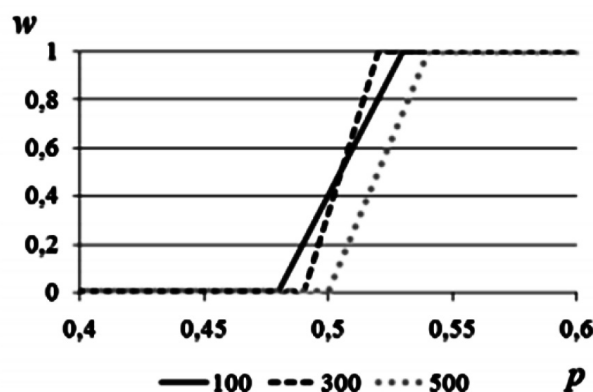


Рис. 1. Пороги перколяции для первой топологии

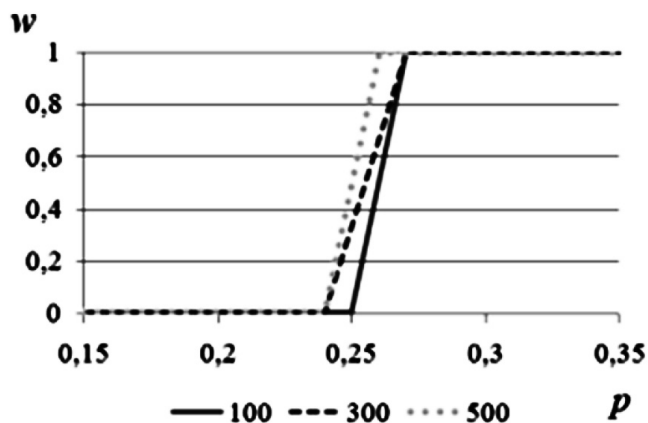


Рис. 2. Пороги перколяции для второй топологии

На рис. 3 и 4 представлены рассмотренные ранее графики с учетом параметров связей, выбранных для первой топологии $Mf = 0,75$, а для второй топологии $Mf = 0,5$.

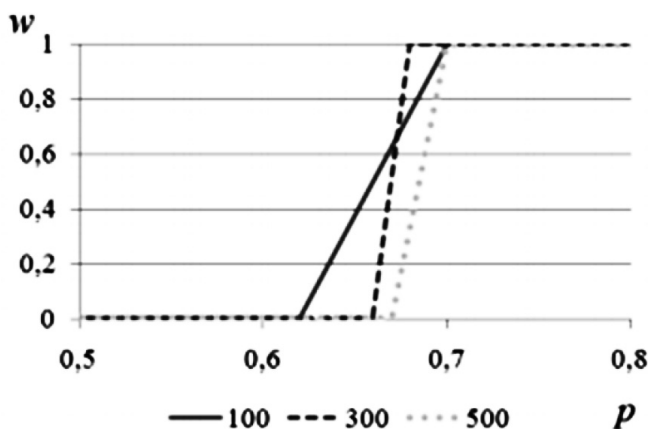


Рис. 3. Пороги перколяции для динамической сети первой топологии

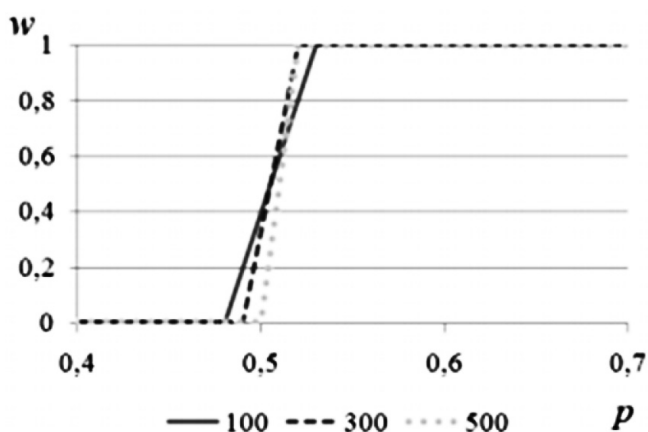


Рис. 4. Пороги перколяции для динамической сети второй топологии

Таким образом, динамическая сеть ведет себя аналогично статической, но с большим параметром перколяции. На рис. 5 представлен график совпадения прогноза и эксперимента, и, как видно, они совпадают.

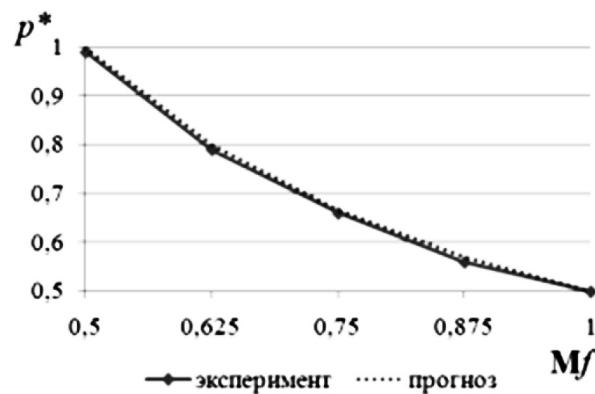


Рис. 5. Порог перколяции для динамических сетей в зависимости от Mf

Выводы

В результате проведенного исследования выявлена возможность и перспективность использования теории перколяции для вычислительных сетей транспортной сферы с целью обеспечения целостности передачи данных, особенно в условиях случайного возникновения сегментов таких сетей, структура которых динамично изменяется, переставая носить стационарный характер.

Проведенный вычислительный эксперимент показал, что значение порога перколяции в динамическом и статическом случаях взаимосвязаны через статистическую величину, которая характеризует временные параметры связей (средняя вероятность активности связи). Данный метод можно применять в информационных сетях, в которых уровень изменений топологий высок и доставка данных является единственным способом упорядочивания структуры сети.

Список литературы

1. Алешкин А. С. Использование теории перколяции при описании информационных вычислительных сетей / А. С. Алешкин // Информатизация и глобализация социально-экономических процессов: сб. науч. тр. II Междунар. науч.-практ. конф. — М.: ВНИИПВТИ, 2007. — С. 16–18.
2. Тарасевич Ю. Ю. Перколяция: теория, приложения, алгоритмы / Ю. Ю. Тарасевич. — М.: УРСС, 2012. — 112 с.
3. Тарасевич Ю. Ю. Математическое и компьютерное моделирование / Ю. Ю. Тарасевич. — М: Едиториал УРСС, 2003.
4. Москалев П. В. Математическое моделирование пористых структур / П. В. Москалев, В. В. Шимтов. — М: Физматлит, 2007. — 120 с.
5. Воронюк М. Н. Математическое моделирование процессов фильтрации в перколяционных решетках с использованием вычислительных систем сверхвысокой производительности / М. Н. Воронюк // Известия вузов. Серия: Приборостроение. — 2013. — Т. 56. — № 5. — С. 52–57.
6. Нырков А. П. Мультисервисная сеть транспортной отрасли / А. П. Нырков, С. С. Соколов, А. С. Белоусов // Вестник компьютерных и информационных технологий. — 2014. — № 4 (118). — С. 33–38.
7. Нырков А. П. Обеспечение необходимого режима информационной защищенности активов мультисервисной сети транспортной отрасли / А. П. Нырков, С. С. Соколов, Е. А. Мустакаева, В. А. Мальцев // Проблемы информационной безопасности. Компьютерные системы. — 2014. — № 1. — С. 47–51.
8. Голубев А. С. Эффект перколяции в информационных сетях с неустойчивыми связями / А. С. Голубев, М. Ю. Звягин, Д. С. Милованов // Вестник нижегородского университета им. Н. И. Лобачевского. — 2011. — № 11. — С. 260–263.

9. Мостовой Я. А. Управляемая перколяция в больших сетях / Я. А. Мостовой // Инфокоммуникационные технологии. — 2013. — Т. 11. — № 1. — С. 53–62.

10. Антонова А. А. Среда моделирования для решения перколяционных задач / А. А. Антонова, Е. Н. Головченко, Д. В. Петров // Научные технологии. — 2008. — № 7. — С. 26–30.

УДК 681.5; 004.5

А. А. Жиденков,
канд. техн. наук, ст. преп.;

И. Л. Титов,
асп.;

С. Г. Черный,
канд. техн. наук, доц.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ АВТОМАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ В АВТОНОМНЫХ СИСТЕМАХ ОБЪЕКТОВ МОРСКОГО ТРАНСПОРТА

MODELING OF INCREASING THE RELIABILITY AUTOMATIC CONTROL SYSTEMS IN AUTONOMOUS SYSTEMS FOR MARITIME TRANSPORT OBJECTS

В статье рассматривается вопрос обеспечения устойчивой работы газодизель-генераторных агрегатов в качестве основных источников энергии на морских буровых платформах с возможностью параллельной работы двух и более агрегатов. До сих пор их внедрение на подобных объектах не представлялось возможным ввиду сложности управления их топливной системой и, как следствие, сложности стабилизации их частоты при резко переменном характере питаемой нагрузки. Коммутационные процессы, обусловленные подключением и отключением нагрузок, приводят к возникновению обменных колебаний мощности между параллельно работающими генераторами. Авторами обоснована необходимость использования дифференциальной составляющей в регуляторе дизеля и установлена аналитическая зависимость между параметрами регулятора и дизеля, позволяющая устанавливать допустимую степень колебательности системы. Показано, что с помощью подстройки коэффициентов ПИД-регулятора нечетким регулятором можно оптимизировать динамические режимы регулирования во всем диапазоне нагрузок и в 15 – 20 раз снизить дисперсию колебаний оборотов вала газодизеля.

The article deals with the issue of ensuring stable operation of the gas generating units as the main source of energy for offshore platforms with the possibility of parallel operation of two or more units. Until now, their implementation at such facilities has not been possible due to the complexity of managing their fuel system and, consequently, the complexity of stabilization of their frequency at alternating nature of the load supplied. Switching processes caused by connecting and disconnecting loads, give rise to exchange power oscillations between parallel running generators. The authors of the necessity of using the differential component of the controller of a diesel engine and an analytical dependence between the parameters of the controller and the diesel engine, allows you to set the acceptable level of the oscillating system. It is shown that using the adjustment coefficients Proportional-integral-differentiating controller fuzzy controller will optimize the dynamic regimes throughout the load range and 15 – 20 times lower the dispersion fluctuations of gas diesel engine shaft speed.

Ключевые слова: генератор, нагрузка, динамический режим, регулятор, мощность.

Key words: generator, load, dynamic mode, controller, power.