

УДК 004.722

## ЛОКАЛИЗАЦИЯ ОБЛАСТЕЙ ВОЗДЕЙСТВИЯ ДЕСТАБИЛИЗИРУЮЩИХ ФАКТОРОВ В СЕТИ СВЯЗИ НА ОСНОВЕ АЛГОРИТМА ИЕРАРХИЧЕСКОЙ КЛАСТЕРИЗАЦИИ ЛАНСА-ВИЛЬЯМСА

**Макаренко Сергей Иванович**

кандидат технических наук, доцент кафедры сетей и систем связи космических комплексов  
ФГКВОУ ВПО «Военно–космическая академия имени А.Ф. Можайского» МО РФ.

*E-mail:* mak-serg@yandex.ru.

*Адрес:* 197198, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, 13.

*Аннотация:* Целью работы является локализация воздействия дестабилизирующих факторов в виде отдельных областей маршрутизации. В качестве критерия воздействия дестабилизирующих факторов на сеть связи предложено использовать уровень изменения метрик отдельных каналов связи. Решение задачи локализации воздействий дестабилизирующих факторов в виде отдельных областей маршрутизации основано на использовании метода определения сильносвязных областей графа и алгоритма иерархической кластеризации Ланса-Вильямса с учётом специфики функционирования сетей связи. Представленное решение предлагается реализовать в виде математического обеспечения маршрутизаторов на основе протокола OpenFlow, для программно конфигурируемых сетей.

*Ключевые слова:* сеть связи, кластеризация, маршрутизация, иерархическая маршрутизация, OpenFlow, дестабилизирующий фактор, преднамеренные помехи.

### Актуальность

С развитием телекоммуникационных технологий и увеличением структурной сложности сетей связи актуализируются вопросы обеспечения устойчивости сети связи к воздействиям дестабилизирующих факторов (ДФ). При этом под ДФ понимаются воздействия на сеть связи, источником которых является физический или технологический процесс внутреннего или внешнего характера, приводящие к выходу из строя элементов сети. В настоящее время известен ряд решений задачи повышения устойчивости сети связи в условиях воздействия на них ДФ различной физической природы (например, представленные в работах [1, 2]). Как правило, данные решения связаны с существенной трудоёмкостью выполнения операций по расчёту маршрутизации информационных потоков по основному и нескольким резервным путям, и не могут быть реализованы на основе существующего телекоммуникационного оборудования в сетях связи большой размерности. Таким образом, имеется проблемная ситуация, связанная с высокими требованиями по обеспечению заданного уровня устойчивости при маршрутизации информаци-

онных потоков в сети, с одной стороны, и с невозможностью технического внедрения ряда перспективных математических решений в этой области в связи с их высокой трудоёмкостью, с другой стороны.

Одним из подходов к решению задач маршрутизации в больших сетях связи является группирование узлов сети в отдельные иерархические множества, называемые автономными областями (кластерами или доменами) [2, 17]. При этом, в каждой отдельной области применяются свои независимые подходы к маршрутизации информационных потоков.

В работах Новикова С.Н. [3], Припачкина Ю.И., Тамма Ю.А. [4], Давиденко И.Н., Гиренко Д.Н. [5] анализируются современные подходы к построению иерархических сетей. В данных работах показано, что в современных больших сетях для решения трудоёмких задач маршрутизации применяется декомпозиция сети на отдельные кластеры (домены или автономные области). Исследованию подходов по объединению узлов связи в отдельные кластеры в мобильных самоорганизующихся сетях связи MANET (Mobile Ad-hoc NETWORKS) для решения задачи иерархической маршрутиза-

ции в сети и обеспечения её безопасности посвящены работы Романова С.В., Прозорова Д.Е., Трубина И.С. [6], Абрамова Е.С., Басан Е.С. [7]. Решению задачи двухуровневой маршрутизации в пиринговой сети на основе формирования в такой сети кластеров узлов посвящена работа Гринберга Я.Р., Курочкина И.И., Корха А.В. [8]. Решение задачи декомпозиции на кластеры транспортной сети по критерию географической близости представлено в работе Семёнова С.С. [9]. Кроме того, имеются работы, посвящённые решению задач маршрутизации с использованием иерархической кластеризации в области транспортной логистики: работа Кетовой К.В., Трушковой Е.В. [10] по топливоснабжению распределённой системы теплоснабжения; исследование математических методов маршрутизации транспорта, выполненное Перцовским А.К. [11]; исследование алгоритмов маршрутизации транспорта, выполненное Пожидаевым М.С. [12].

Анализ работ [2-5] показал, что в практике эксплуатации сетей связи зачастую кластеры для маршрутизации назначаются в административном порядке. В случае применения научно обоснованного подхода к кластеризации сетей в интересах маршрутизации в них, решение задачи происходит на основе одного из трёх подходов [5]:

1) кластеризация областей, содержащих локальные максимумы интенсивности информационного обмена;

2) разбиение сети на минимальное количество областей маршрутизации с максимальным радиусом каждой области по критерию ограничения суммарной интенсивности информационных потоков внутри - не выше заданного;

3) выделение доминирующих областей с высокой степенью связности узлов.

Предлагается воспользоваться разработанными подходами, связанными с декомпозицией сети на отдельные области маршрутизации, для решения задачи обеспечения устойчивости сети за счёт использования новых способов маршрутизации информационных потоков, обладающих высокой трудоёмкостью. Для это требуется выделение в составе общей сети тех областей, которые подвергаются воздействию

ДФ. Предлагается на основе критерия воздействия ДФ, во-первых, формировать отдельные автономные области маршрутизации, во-вторых, применять способы обеспечения устойчивости с повышенной трудоёмкостью только в этих сформированных областях воздействия ДФ. При этом, в остальной сети будут использоваться стандартные способы маршрутизации информационных потоков.

### Постановка задачи

Для формальной постановки и решения задачи в работе введены следующие обозначения:

$G(U, V)$  – множество вершин и рёбер, соответствующее исходному графу сети;

$G^T$  – транспонированный граф  $G$ ;

$G^*$  – связный граф, содержащий узлы сети, которые сохранили свойство связности после воздействия ДФ;

$G^{**}$  – множество узлов, которые не подверглись воздействию ДФ;

$U = \{u\}$  – множество узлов в графе сети, соответствующих узлам связи в рассматриваемой сети;

$V = \{v\}$  – множество рёбер в графе сети, соответствующих каналам связи в рассматриваемой сети;

$n$  – количество узлов в графе  $G$ ;

$n^*$  – количество узлов в графе  $G^*$ ;

$s(u_i, u_j)$  – количество необходимых шагов из узла  $u_i$  для достижения узла  $u_j$ ;

$M$  – метрика отдельного ребра, соответствующая метрике отдельного канала связи в рассматриваемой сети;

$\Delta M$  – изменение метрики отдельного ребра (отдельного канала связи), что рассматривается как эффект воздействия ДФ на конкретный канал связи;

$c$  – кластер, являющийся множеством, содержащим узлы, классифицированные по критерию воздействия ДФ;

$C = \{c\}$  – множество кластеров, содержащих узлы связи на различных этапах процесса кластеризации;

$R$  – множество кластеров, соответствующих областям, которые подвергаются воздействию ДФ, но сохраняют связность;

$Y$  – множество узлов, которые в результате воздействия ДФ утратили свойство связности с графом  $G^*$ ;

$i, j, k, v, w$  – счётчики.

На вербальном уровне задача локализации в сети областей, которые подвергаются воздействию ДФ, может быть декомпозирована в следующем виде:

1) формирование критерия диагностики деструктивного воздействия на рёбра графа общей сети  $G(U, V)$ ;

2) нахождения подграфа  $G^*$  графа  $G$ , для которого после воздействия ДФ выполняется свойство связности узлов (множество  $Y=G \setminus G^*$  включает узлы, которые утратили связность с остальной сетью в результате воздействия ДФ);

3) выделение в графе  $G^*$  подграфа  $G^{**}$ , который не подвергался воздействию ДФ, а также отдельных кластеров, содержащих множество узлов, которые подверглись воздействию ДФ.

На формальном уровне постановка задачи исследования имеет следующий вид. Дано: множество, определяющее граф сети  $G$ ; оператор  $E$ , определяющий воздействие ДФ. Найти: показатель, определяющий уровень воздействия ДФ  $\Delta M$ ; декомпозицию множества  $G$  на: подмножество  $Y$ , состоящее из узлов утративших связность; подмножество  $R$ , состоящее из областей подвергшихся воздействию ДФ; подмножество  $G^{**}$ , состоящее из узлов, не подвергшихся воздействию ДФ. То есть определить последовательность решения:

$$E: G \rightarrow G^*,$$

$$Y = G \setminus G^*,$$

$$\Delta M = f(E),$$

$$\Delta M: G^* \rightarrow R,$$

$$G^{**} = G^* \setminus R,$$

при условиях:  $R \subseteq G^* \subseteq G$  и  $G^{**} \subseteq G^* \subseteq G, Y \subseteq G$ .

### Решение задачи

Задача локализации области воздействия ДФ решается за счёт использования метода определения сильносвязных областей графа из теории графов, представленного в работе [13], и алгоритма иерархической кластеризации Ланса-Вильямса из теории кластеризации, рассмотренного в работах [14, 15].

Метод определения сильносвязных областей, применённый к графу сети связи  $G$  после воздействия ДФ, позволяет за счёт поиска в глубину

по матрице смежности узлов графа выделить связную область  $G^*$ , а также множество узлов  $Y = G \setminus G^*$ , которые в результате воздействия ДФ утратили связность с областью  $G^*$ .

Особенностью алгоритма иерархической кластеризации Ланса-Вильямса является объединение объектов по заданному критерию «снизу-вверх». То есть каждый узел помещается в свой отдельный кластер. Отдельные кластеры объединяются при выполнении критерия кластеризации в слитные кластеры. Предлагается применить данный алгоритм к связному графу  $G^*$  и провести кластеризацию узлов, рёбра между которыми подверглись воздействию ДФ. Критерием объединения узлов будет служить критерий воздействия ДФ на ребро между узлами. Это позволит сформировать в составе  $G^*$  множество автономных областей  $R$ , подвергшихся воздействию ДФ.

В качестве критерия воздействия ДФ на сеть предлагается выбрать уровень изменения метрики ребра между узлами сети. За её основу предлагается взять метрику протокола IGRP [2], которая является комплексным показателем, учитывающим надёжность, пропускную способность, загрузку отдельного канала связи, а также время передачи данных по нему:

$$M = \left( \frac{10^7 K_1}{C} + \frac{10^7 K_2}{256C(1-\rho)} + \frac{K_3 T_{\text{зад}}}{10} \right) \frac{K_5}{N + K_4}, \quad (1)$$

где  $M$  – метрика канала связи;  $C$  – пропускная способность канала связи в отсутствие нагрузки, [бит/с];  $\rho$  – нагрузка канала связи, в диапазоне 0..1;  $N$  – надёжность канала связи как доля успешно переданных по каналу связи пакетов;  $T_{\text{зад}}$  – задержка передачи [с];  $K_1, K_2, K_3, K_4, K_5$  – коэффициенты, определяющие значимость параметров.

Схема методики локализации областей воздействия ДФ в сети представлена на рис. 1. Рассмотрим её основные этапы.

В начале инициализируются исходные данные, необходимые для проверки связности графа сети  $G$  и формирования связной области  $G^*$  (блок 1 на рис. 1). В качестве показателя уровня качества канала связи принимается метрика  $M$  (выражение (1), блок 2 на рис. 1). Введём допущение, что множество воздей-

ствий ДФ на канал связи может быть описано через изменение параметров метрики  $\Delta M$  в со-

ответствии с изменением параметров, входящих в выражение (1).

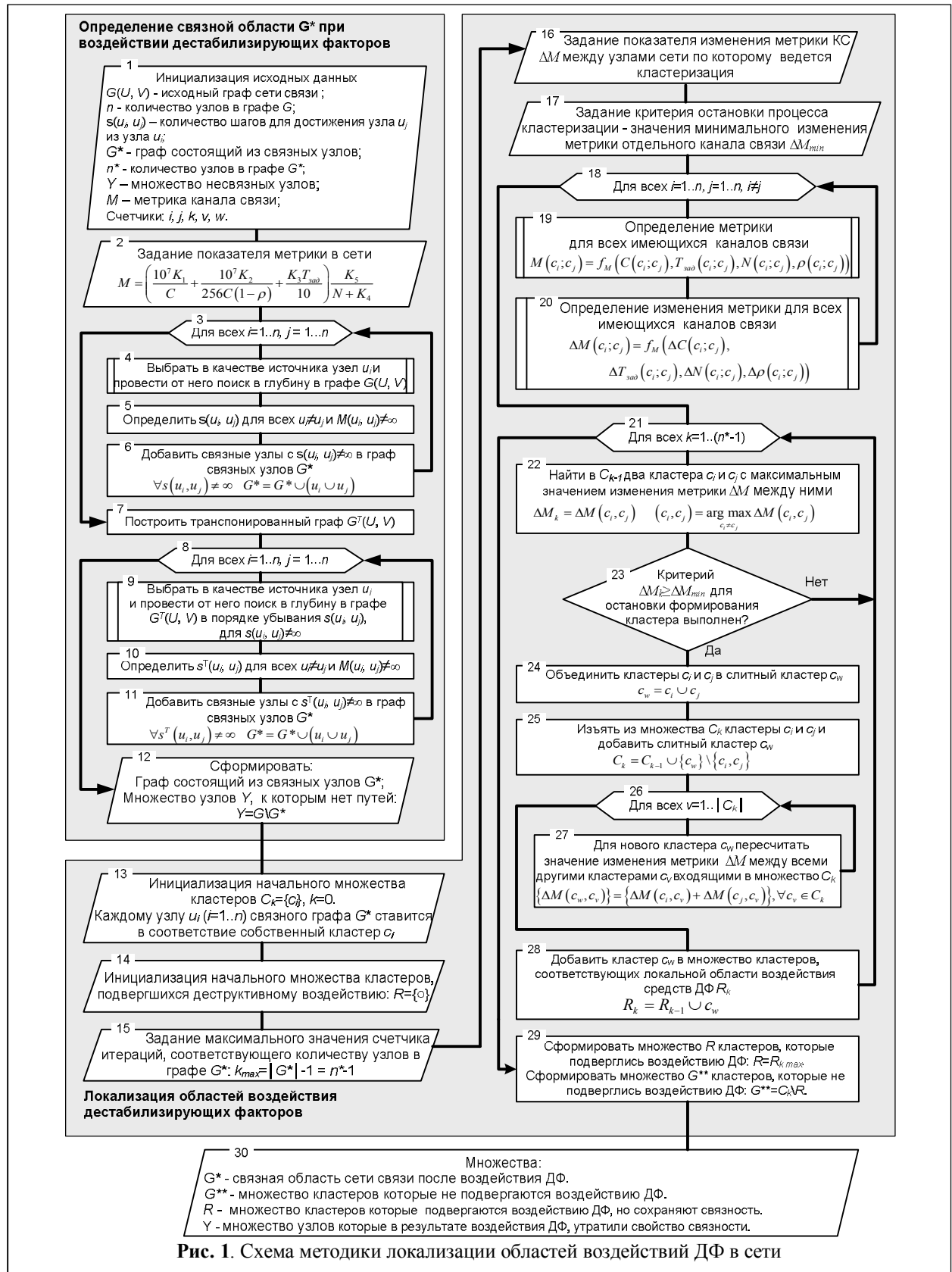


Рис. 1. Схема методики локализации областей воздействий ДФ в сети

На первом этапе вводится допущение, что в начальный момент времени произошло воздействие ДФ и необходимо проверить связность текущего графа  $G$ . Для определения связности области  $G$  используется известный метод определения сильносвязных областей [13]. При использовании данного метода для всех узлов  $u_i, i=1..n$  в составе графа  $G$  сначала ведётся поиск путей в глубину до всех других узлов  $u_j, j=1..n, i \neq j$  с целью определения количества шагов  $s(u_i, u_j)$  от  $u_i$  до  $u_j$  (цикл из блоков 3-6 на рис. 1). При этом считается, что шаг для достижения следующей вершины возможен ( $s(u_i, u_{i+1})=1$ ), если метрика пути на данном шаге определена ( $M(u_i, u_{i+1}) \neq \infty$ ), то есть канал связи между  $u_i$  и  $u_{i+1}$  существует. После этого ведётся расчёт количества шагов в обратных путях  $s^T(u_i, u_j)$  тем же способом, но с использованием транспонированной матрицы связности  $G^T$  (блоки 7-11 на рис. 1). Вершины  $u_i, u_j$ , между которыми имеются пути из счётного количества шагов в прямом или обратном направлении, добавляются в качестве элементов связного графа  $G^*$  (блоки 6, 11 на рис. 1). Из тех узлов графа  $G$ , которые не вошли в множество связных вершин  $G^*$ , образуется множество узлов  $Y$ , утративших связность вследствие воздействия ДФ (блок 12 на рис. 1):

$$Y = G \setminus G^*,$$

которое в дальнейшем, при локализации областей воздействия ДФ, не рассматривается. Считается, что уровень воздействия ДФ по данным узлам таков, что разрушает связность этого сегмента сети и не позволяет реализовать там решения по повышению устойчивости сети.

Второй этап методики локализации областей непосредственно посвящён решению поставленной задачи. Для данного этапа иницируются следующие исходные данные. Каждый узел помещается в собственный отдельный кластер (блок 13 на рис. 1). Инициализируется пустое начальное множество  $R = \{\circ\}$ , содержащее кластеры, подвергшиеся воздействию ДФ. Задаётся критерий воздействия ДФ в виде граничного показателя  $\Delta M_{min}$  (блок 16, 17 на рис. 1). Если значение  $\Delta M$  отдельного канала превышает значение  $\Delta M_{min}$ , то делается вывод о воздействии ДФ на этот канал.

Процесс локализации областей, которые подверглись воздействию ДФ, состоит в следующем. Для рёбер между всеми связными парами узлов  $u_i$  и  $u_j$  ( $i=1..n, j=1..n, i \neq j$ ) в графе

$G^*$  задаётся текущее значение метрик  $M(u_i, u_j)$ , соответствующее метрике отдельных каналов связи, в соответствии с выражением (1), а также значение её изменения  $\Delta M(u_i, u_j)$  в процессе воздействия ДФ (блоки 19, 20 на рис. 1). С учётом того, что при инициализации каждый узел был помещён в отдельный кластер, процесс формирования областей воздействия ДФ состоит в объединении узлов, находящихся в кластерах  $c_i$  и  $c_j$ , с наибольшим значением изменения метрики  $\Delta M(c_i, c_j)$ . При этом, значение  $\Delta M(c_i, c_j)$  должно превышать пороговое значение  $\Delta M_{min}$  (блоки 21-28 на рис. 1).

Значение  $\Delta M_{min}$  фактически определяет «чувствительность» методики к уровню воздействия ДФ, выраженному в безразмерных единицах в соответствии с выражением (1). На каждом следующем шаге находятся рёбра с метрикой  $\Delta M \geq \Delta M_{min}$ , узлы которых либо вновь добавляются в множество  $R$ , которое содержит области воздействия ДФ, либо объединяются с областями, уже находящимися в множестве  $R$ . Процесс продолжается до тех пор, пока не останется рёбер, соответствующих критерию  $\Delta M \geq \Delta M_{min}$  (блок 23 на рис. 1). По завершению процесса объединения кластеров, множество  $R$  будет содержать кластеры, соответствующие автономным областям, которые подверглись воздействию ДФ. В случае, если воздействий ДФ на сеть не было, критерий  $\Delta M \geq \Delta M_{min}$  для объединения кластеров не будет выполнен и множество  $R$  будет пустым. Если воздействие ДФ привело к выполнению критерия  $\Delta M \geq \Delta M_{min}$  для всех узлов сети, то они все будут объединены в единый кластер, входящий в множество  $R$ .

Множество  $G^{**}$ , содержащие узлы сети, которые не подверглись воздействию ДФ, вычисляется путём исключения из множества  $G^*$  узлов, входящих в кластеры множества  $R$ :

$$G^{**} = G^* \setminus R.$$

Таким образом, данная методика позволяет разложить исходный граф  $G$ , соответствующий сети связи, на связный граф  $G^*$  и изолированное в результате воздействия ДФ множество узлов  $Y$ . А, в свою очередь, связный граф  $G^*$  - на области, подвергшиеся воздействию ДФ, объединённые в множество  $R$ , и область  $G^{**}$ , не подвергшуюся воздействию ДФ.

#### Пример использования методики

Рассмотрим использование методики применительно к конкретной сети. Пусть имеется

сеть, состоящая из 20 узлов. Первоначальные параметры метрики всех каналов связи:  $M(u_i, u_j)=1$ ,  $\Delta M(u_i, u_j)=0$  для  $i, j=1..20$  и  $i \neq j$ . Сеть подвергается воздействию ДФ (рис. 2). В области узлов  $u_{11}$  и  $u_{15}$  воздействие ДФ достигает критичных значений. В остальных местах воздействие ДФ вызывает изменение метрики  $\Delta M$  рёбер графа в пределах  $\pm 3.. \pm 5$ . За критерий воздействия ДФ примем значение  $\Delta M_{min}=1$ .

На первом этапе, в соответствии с представленной методикой, будет проверена связность сети. В местах критичного воздействия ДФ (узлы  $u_{11}$ ,  $u_{15}$ ) метрика рёбер будет стремиться к максимальному значению, то есть:  $M(u_5, u_{11})=\infty$ ,  $M(u_8, u_{11})=\infty$ ,  $M(u_{12}, u_{15})=\infty$ ,  $M(u_{15}, u_{16})=\infty$ ,  $M(u_{15}, u_{18})=\infty$ ,  $M(u_{15}, u_{19})=\infty$ ,  $M(u_{11}, u_{15})=\infty$ . В связи с этим на этапе определения связного графа  $G^*$  узлы  $u_{11}$  и  $u_{15}$  будут выделены в множество  $Y$ , и на втором этапе исключены из рассмотрения (рис. 3).

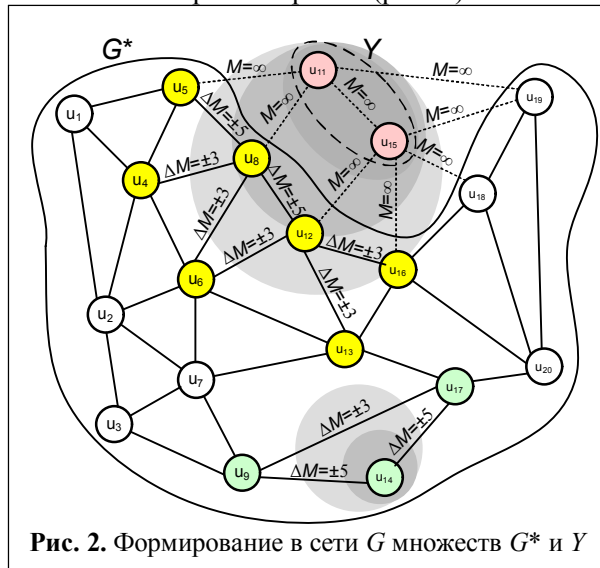


Рис. 2. Формирование в сети  $G^*$  множеств  $G^*$  и  $Y$

На втором этапе методики все узлы графа  $G^*$  будут помещены в отдельные кластеры, после чего начнётся их объединение по критерию  $\Delta M \geq \Delta M_{min}$ . Итогом данного процесса станет формирование двух кластеров:  $c_1(u_9, u_{14}, u_{17})$  и  $c_2(u_5, u_4, u_6, u_8, u_{12}, u_{13}, u_{16})$ , которые соответствуют областям сети, которые подверглись воздействию ДФ. Предполагается, что именно в данных кластерах и будут применяться способы повышения устойчивости сети, в том числе и с высокой трудоёмкостью. Остальные узлы ( $u_1..u_3, u_7, u_{18}..u_{20}$ ) формируют область  $G^{**}$  (рис. 3). Так как элементы сети в области  $G^{**}$  не подвергаются воздействию ДФ, то применение в ней специальных способов повышения устойчивости нецелесообразно.

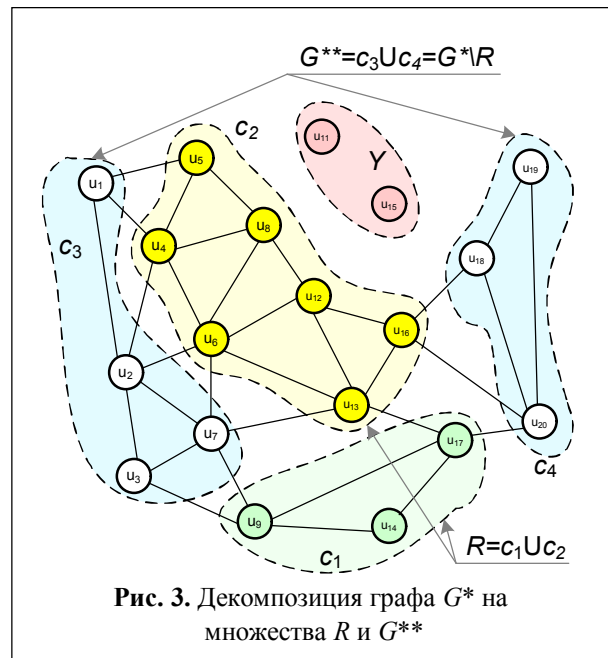


Рис. 3. Декомпозиция графа  $G^*$  на множества  $R$  и  $G^{**}$

### Выводы

Представленная методика позволяет автоматически формировать области маршрутизации для сети, подверженной воздействию ДФ с учётом применения в отдельных областях перспективных, но трудоёмких способов обеспечения устойчивости связи.

Элементами новизны представленного решения являются использование при декомпозиции сети алгоритма иерархической кластеризации Ланса-Вильямса, учёт воздействия ДФ через параметры изменения метрики рёбер графа, а также проверка сети на связность перед процессом кластеризации. К исследованиям, в которых предлагается декомпозиция сети на отдельные области в интересах решения задачи маршрутизации, можно отнести работы [5-12]. Однако, в работах [5-9, 11-12] для декомпозиции сети используются другие подходы. Кроме того, в данных работах в качестве критерия кластеризации не рассматривается критерий воздействия ДФ на элементы сети.

Наиболее близкой работой по подходу к кластеризации сети на отдельные области при решении задачи маршрутизации, представленному в данной статье, является работа Кетовой К.В., Трушковой Е.В. [9]. Однако данная работа посвящена решению задачи топливоснабжения распределённой системы теплоснабжения и не учитывает специфику организации и функционирования сети связи.

На основе методики локализации воздействия ДФ на сеть планируется разработка эле-

ментов математического обеспечения маршрутизаторов на основе протокола OpenFlow [16] для программируемой сети специального назначения, осуществляющей динамическое реконфигурацию областей маршрутизации, и протоколов маршрутизации при обнаружении воздействий ДФ на элементы сети. Представленный подход может быть применён не только в предметной области связи, но и в других областях, задачи в которых могут быть формализованы на основе теории графов.

В дальнейшем планируется развитие представленной методики в направлении учёта при кластеризации не только воздействия ДФ, но и других факторов, значимых при маршрутизации: интенсивности информационного обмена между узлами, показателей метрики отдельных каналов, учёта интенсивности и динамики воздействия ДФ, возможности воздействия ДФ не только на каналы связи, но и учёт возможностей воздействия ДФ на узлы связи с целью их поражения.

#### Литература

1. Цветков К.Ю., Макаренко С.И., Михайлов Р.Л. Формирование резервных путей на основе алгоритма Дейкстры в целях повышения устойчивости информационно-телекоммуникационных сетей // Информационно-управляющие системы. № 2(69). 2014. С. 71-78.
2. Odom W. Cisco CCNA Routing and Switching ICND2 200-101 Official Cert Guid. Cisco Press, 2013, 784 p.
3. Новиков С.Н. Классификация методов маршрутизации в мультисервисных сетях связи // Вестник СибГУТИ. 2013. № 1. С. 57-67.
4. Припачкин Ю.И., Тамм Ю.А. Математическая модель для расчета иерархических сетей // Электросвязь. 2001. № 5. С. 35-38.
5. Давиденко И.Н., Гиренко Д.Н. Способы формирования структуры доменов маршрутизации // Проблеми інформатизації та управління. № 1(29). 2010. С. 41-44.
6. Романов С.В., Прозоров Д.Е., Трубин И.С. Анализ иерархического протокола маршрутизации MANET-сетей // Перспективы науки. № 4(31). 2012. С. 86-89.
7. Абрамов Е.С., Басан Е.С. Разработка модели защищённой кластерной беспроводной сенсорной сети // Известия ЮФУ. Технические науки. 2013. № 12 (149). С. 48-56.
8. Гринберг Я.Р., Курочкин И.И., Корх А.В. Алгоритм кластеризации элементов сетей передачи данных // Информационные технологии и вычислительные системы № 3. 2012. С. 18-30.
9. Семёнов С.С. Разработка автоматизированной системы поддержки принятия решений при построении сетей связи. - СПб.: ВАС, 2014. 61 с.
10. Кетова К.В., Трушкова Е.В. Решение логистической задачи топливоснабжения распределенной региональной системы теплоснабжения // Компьютерные исследования и моделирование. 2012 Т. 4. № 2. С. 451-470.
11. Перцовский А.К. Адаптивные модели и алгоритмы маршрутизации. Автореферат дис. физ.-мат. наук. СПб.: СПбГУ, 2013. 16 с.
12. Пожидаев М.С. Алгоритмы решения задачи маршрутизации транспорта. Дис. канд. техн. наук. Томск: ТГУ, 2010. 136 с.
13. Cormen T., Leiserson C., Rivest R. Stein C. Introduction to Algorithms. Cambridge, Massachusetts. The MIT Press, 1990, 960 p.
14. Воронцов К.В. Лекции по алгоритмам кластеризации и многомерного шкалирования. М.: ВЦ им. А.А. Дородницына РАН, 2007. 18 с. URL: <http://www.ccas.ru/voron/download/Clustering.pdf> (дата обращения 07.06.2014).
15. Lance G. N., Williams W. T. A general theory of classificatory sorting strategies. I. Hierarchical systems. The Computer Journal, no. 9(4), 1967, pp. 373-380. doi:10.1093/comjnl/9.4.373.
16. Software-Defined Networking: The New Norm for Networks / ONF White Paper, 2012, 12p. - URL: <https://www.opennetworking.org/images/stories/downloads/sdn-resources/white-papers/wp-sdn-newnorm.pdf>.
17. Cisco PNNI Reference Guide. Release 1 / San Jose, CA USA. Cisco Systems Inc., 2001, 122 p.

*Работа выполнена при государственной поддержке РФФИ инициативного научного проекта № 13-07-97518 и поддержке исследований Департаментом приоритетных направлений науки и технологий Минобрнауки РФ – грантом Президента РФ № МК-755.2012.10.*

Поступила 30 мая 2014 г.

English

#### Area localization of destabilizing factors influence in communication network on the basis of Lance-Williams algorithm of hierarchical clustering

**Sergey Ivanovich Makarenko** – Candidate of Engineering, Associate Professor Department of Network and Communication Systems of Space Complexes A.F. Mozhaysky Military Space Academy.

E-mail: mak-serg@yandex.ru.

Address: 197198, St.-Petersburg, ulitsa Zhdanovskaya, 13.

**Abstract:** The increase of structural complexity of communication networks makes the problems of stability to the influence of destabilizing factors acute. Known methods of increase the stability which are based on routing of information flows on the core and several reserve paths, possessed high computing complexity and could not be implemented on the basis of existing telecommunication equipment. The purpose of the work is to influence localization of destabilizing factors in the form of separate areas of routing. It is offered to apply methods of stability increase of communication network with high computing complexity only in separate areas of routing, under the influence of destabilizing factors that will allow to restrict their computing complexity to the boundaries of these areas. It is offered to use the metrics change degree of separate communication channels as the influence criterion of destabilizing factors on a communication network. The solution to the problem of influence localization of destabilizing factors in the form of separate routing areas is based on the application of the method of determination the closely connected areas of the graph and Lance-Williams algorithm of hierarchical clustering taking into account communication networks operation. The presented decision is based on iterative process of joining in the field of nodes routing, channels between which correspond to the criterion of influence of destabilizing factors. At the end of iterative process all nodes of a communication network appear to be referred either to the set of nodes which were not affected by any influence, or to the sets which localize the areas of influenced by the destructive factors. The presented decision is offered to be implemented in the form of mathematical support of routers on the basis of the OpenFlow protocol on a basis software – configurable networks (SDN). Implementation on the basis of OpenFlow will allow to carry out the adaptive dynamic reconfiguration of areas and protocols of routing in a communication network when detecting the influence of destabilizing factors on its elements.

**Key words:** communication network, clustering, routing, hierarchical routing, OpenFlow, destabilizing factor.

### References

1. *Tsvetkov K.Ju., Makarenko S.I., Mihajlov R.L.* Developing alternative ways on the basis of Dijkstra algorithm for the purpose of increasing stability of information - telecommunication networks. *Informacionno-upravljajushhie sistemy.* № 2(69). 2014. P. 71-78.
2. *Odom W.* Cisco CCNA Routing and Switching ICND2 200-101 Official Cert Guid. Cisco Press, 2013, 784 p.
3. *Novikov S.N.* Classification of methods of routing in multiservice communication networks. *Vestnik SIB-GUTI.* 2013. № 1. P. 57-67.
4. *Pripachkin Ju.I., Tamm Ju.A.* Mathematical model for calculation of hierarchical networks. *Jelektrosvjaz.* 2001. № 5. P. 35-38.
5. *Davidenko I.N., Girenko D.N.* Methods of structure formation of routing domains. *Problemy informatizacii ta upravlinnja.* № 1(29). 2010. P. 41-44.
6. *Romanov S.V., Prozorov D.E., Trubin I.S.* Analysis of the hierarchical protocol of routing of MANET-networks. *Perspektivy nauki.* № 4(31). 2012. P. 86-89.
7. *Abramov E.S., Basan E.S.* Development of a model of the protected cluster wireless sensor network// *Izvestija JuFU. Tehnicheskie nauki.* 2013. № 12 (149). P. 48-56.
8. *Grinberg Ja.R., Kurochkin I.I., Korh A.V.* Algorithm of clustering of networks elements of date transmission. *Informacionnye tehnologii i vychislitelnye sistemy* № 3. 2012. P. 18-30.
9. *Semenov S.S.* Development of the computer-aided system of decision support when designing communication networks. SPb.: VAS, 2014. 61 p.
10. *Ketova K.V., Trushkova E.V.* Decision of logistical task of fuel supply of the distributed regional system of a heat supply. *Kompjuternye issledovanija i modelirovanie.* 2012 Vol. 4. № 2. P. 451-470.
11. *Pertsovsky A.K.* Adaptive models and algorithms of routing. *Avtoreferat dis. Phis.-math. sci.* SPb.: SPbGU, 2013. 16 p.
12. *Pozhidaev M.S.* Algorithms of the task decision of transport routing. *Dis. cand. eng. sci.* Tomsk: TGU, 2010. 136 p.
13. *Cormen T., Leiserson C., Rivest R. Stein C.* Introduction to Algorithms. Cambridge, Massachusetts. The MIT Press, 1990, 960 p.
14. *Vorontsov K.V.* Lecture on the algorithms of clustering and multidimensional scaling. M.: VC im. A.A. Dorodnicyna RAN, 2007. 18 p. URL: <http://www.ccas.ru/voron/download/Clustering.pdf>.
15. *Lance G. N., Williams W.T.* A general theory of classificatory sorting strategies. I. Hierarchical systems. *The Computer Journal*, no. 9 (4), 1967, pp. 373-380. doi:10.1093/comjnl/9.4.373.
16. *Software-Defined Networking: The New Norm for Networks/ONF White Paper*, 2012, 12p. URL: <https://www.opennetworking.org/images/stories/downloads/sdn-resources/white-papers/wp-sdn-newnorm.pdf>
17. *Cisco PNNI Reference Guide.* Release 1/San Jose, CA USA. Cisco Systems Inc., 2001, 122 p.