

Методика обеспечения своевременного представления информационных ресурсов органам управления корпоративной системы управления за счет трансформации исходной физической структуры неоднородной ИТКС

И. Ю. Смирнов

Военная академия связи им. Маршала Советского Союза
С. М. Буденного, Санкт-Петербург, Россия

sensemile.nic@mail.ru

Аннотация. Предлагается методика трансформации исходной физической структуры информационно-телекоммуникационной системы для повышения своевременности представления информационных ресурсов органам управления корпоративной системы управления. Разработанная методика позволяет создать инфотелекоммуникационную систему корпоративной системы управления, которая в условиях прогнозируемых воздействий обеспечивает получение органами управления информационных услуг за требуемое время заданного качества за счет изменения логических маршрутов информационных направлений. Суть методики заключается в создании требуемого количества логических маршрутов с заданной степенью пересечения составных элементов путем создания целенаправленной избыточности в исходной физической структуре за счет развертывания дополнительных инфотелекоммуникационных элементов в обоснованном месте.

Ключевые слова: Своевременность, устойчивость, информационно-телекоммуникационная система, узлы связи, линии связи, однородная система, неоднородная система, коэффициент логической структурной связанности, корпоративная система управления

Для цитирования: Смирнов И. Ю. Методика обеспечения своевременного представления информационных ресурсов органам управления корпоративной системы управления за счет трансформации исходной физической структуры неоднородной ИТКС // Изв. СПбГЭТУ «ЛЭТИ». 2022. Т. 15, № 9. С. 31–42. doi: 10.32603/2071-8985-2022-15-9-31-42.

Original article

Method for Ensuring Timely Submission of Information Resources to the Management Bodies of the Corporate Management System due to the Transformation of the Initial Physical Structure of the Heterogeneous ITCS

I. Yu. Smirnov

Military Academy of Communication Orders of Zhukov and Lenin
Named After Marshal of the Soviet Union S. M. Budyonny, Saint Petersburg, Russia

sensemile.nic@mail.ru

Abstract. The method of transformation of the initial physical structure of the information and telecommunication system is proposed to increase the timeliness of presenting information resources to the management bodies of the corporate management system. The developed methodology makes it possible to create an infotelecommunication system of the corporate control system, which, under the conditions of predicted impacts, ensures that management bodies receive information services of a given quality in the required time, by changing the logical routes of information directions. The essence of the method is to create the required number of logical routes, with a given degree of intersection of the component elements, by creating targeted

redundancy in the original physical structure due to the deployment of additional infotelecommunication elements in reasonable locations.

Keywords: timeliness, stability, information and telecommunication system, communication nodes, communication lines, homogeneous system, heterogeneous system, logical structural connectivity coefficient, corporate management system

For citation: Smirnov I. Y. Method for Ensuring Timely Submission of Information Resources to the Management Bodies of the Corporate Management System due to the Transformation of the Initial Physical Structure of the Heterogeneous ITCS // LETI Transactions on Electrical Engineering & Computer Science. 2022. Vol. 15, no. 9. P. 31–42. doi: 10.32603/2071-8985-2022-15-9-31-42.

Введение. Информационно-телекоммуникационные системы (ИТКС) прошли долгий путь своего становления: от структуры, основанной на линиях прямой связи, до сетевых; от однородной системы до совокупности неоднородных сетей и систем. К основным свойствам ИТКС относят устойчивость (надежность, живучесть), пропускную способность, управляемость, однако они характерны для однородных систем, так как не учитывают доступность одной системы для другой на различных уровнях [1]. Под однородной понимаем систему, разработанную по единому конструкторскому замыслу, на единых стандартах и по единым технологиям. Такие системы обладают заложенной еще на этапе создания доступностью инфотелекоммуникационных ресурсов на всех уровнях доступа и, как следствие, связанностью, что, в соответствии с ГОСТ Р 53 111 – 2008 «Устойчивость функционирования сетей связи общего пользования», определяет устойчивость ее функционирования, а значит и выполнение требований по своевременности и достоверности переда-

чи (приему) информационных сообщений абонентами данной системы.

В настоящее время корпоративные ИТКС занимают одну из ведущих ролей в обеспечении функционирования распределенных корпоративных систем и их подсистем управления. Зачастую корпоративная ИТКС включает в себя не менее двух систем (сетей), разработанных и построенных в разное время различными организациями по разным отечественным и международным стандартам, что отрицательно влияет на обеспечение связанности, как физической, так и логической, такой системы из-за возникающих проблем при взаимоувязывании на уровнях доступа составных частей. В таком случае невозможно говорить о выполнении требований по своевременности представления информационных ресурсов органам управления (ОУ) корпоративной системы управления (КСУ), тем более в условиях информационно-технических воздействия (ИТВ) на элементы ИТКС, не рассмотрев вопросы доступности и синтеза маршрута из неоднородных элементов.

Табл. 1. Временные показатели восстановления информационных направлений КСУ

Tab. 1. Temporary indicators of restoration of information directions of the CMS

Степень деградации	Структурный уровень связанности	Тип элемента	Наименование средств	Среднее время восстановления
Линии прямой связи	Физический	Радиорелейные линии	Радиорелейная станция	15...20 мин
		Кабельные линии	Кабелеукладчик	5...7 ч
Узлы связи, телекоммуникационное оборудование (первичной сети связи)	Физический	Мобильный УС	Подвижные пункты управления и связи	60 мин
			Автономный узел связи	60 мин
Линии прямой связи	Логический	Переключение на резервные каналы сети OTN	Кросс-коммутатор «Волга» (для коротких линков)	≤ 50 мс (10...20 мс)
Линии прямой связи	Логический	Переключение на резервные каналы сетях IP MPLS	IP/MPLS мультисервисный маршрутизатор	≤ 50 мс

Анализ источников [2]–[7] показал, что в настоящее время методы повышения качества функционирования физических и виртуальных сетей развиваются практически независимо, что приводит к необоснованно завышенным затратам ресурсов, как временных, так и финансовых, на восстановление нарушенного инфокоммуникационного взаимодействия КСУ, возникающего по причине разрушения на логическом и (или) физическом уровне, связанности ИТКС, из-за преднамеренных (информационно-технических) или непреднамеренных (природных, техногенных) воздействий на ее элементы. Различные варианты временных показателей восстановления информационных направлений (ИН) при различной степени деградации исходной структуры ИТКС представлены в табл. 1. В таблице приведены данные с учетом проведенного анализа соответствующих образцов продукции российских производителей инфотелекоммуникационного оборудования таких как АО «НПФ „Микран“», ООО «Т8», АО «НИИССУ» и т. д.

Как видно из табл. 1, восстановление ИН на физическом уровне занимает гораздо больше времени, чем на логическом уровне.

В статье рассматривается вариант повышения качества функционирования корпоративной ИТКС, повышая качество физической и логической структур исходной функционирующей инфраструктуры. Данный вариант направлен на сокращение времени восстановления информационного взаимодействия ОУ КСУ при ИТВ на элементы корпоративной ИТКС за счет создания целенаправленной связанности структуры ИТКС.

Суть методики заключается в максимизации количества логических маршрутов ($N_{\text{ЛМ}}$) с требуемой степенью независимости (ξ) при минимизации увеличения связанности исходной физической структуры ИТКС из-за добавления дополнительных физических элементов (узлов и линий связи) ($n_{\text{доп}}$):

$$N_{\text{ЛМ}}/n_{\text{доп}} \rightarrow \max.$$

Научная задача: обеспечить своевременность представления информационных ресурсов ОУ КСУ, в условиях ИТВ за счет создания требуемого количества логических маршрутов с заданной степенью пересечения составных элементов

посредством обоснованного выбора мест развертывания дополнительных физических элементов. Дополнительными физическими элементами могут выступать как формируемые линии прямой связи между узлами связи (УС) исходной физической инфраструктуры, так и вновь развертываемые УС с линиями привязки, однако сложность расчетов при этом меняется. В первом случае задача сводится к определению УС исходной инфраструктуры, физическое соединение которых приведет к увеличению количества логических маршрутов с заданной степенью пересечения составных элементов. Во втором случае необходимо определить участок местности для развертывания новых УС с учетом физико-географических условий, влияющих на выбор средств привязки к УС исходной инфраструктуры, и окружающей инфраструктуры исходной ИТКС, влияющей на определения УС, с которыми будет осуществляться привязка. В статье решается первая задача.

Показателем в методике служит коэффициент логической структурной связанности:

$$K_{\text{л.стр.св}_i} = \frac{N_{\text{ЛМ ПС}_i}}{N_{\text{ЛМ}_i}},$$

где $N_{\text{ЛМ ПС}_i}$ – количество логических маршрутов при полностью связанной исходной физической структуре ИТКС; $N_{\text{ЛМ}_i}$ – количество логических маршрутов (путей) i -го варианта построения физической структуры ИТКС с требуемой степенью независимости (ξ). Коэффициент логической структурной связанности дает возможность взвешивать качество различных вариантов структуры ИТКС.

Критерием выбора варианта трансформации исходной физической структуры ИТКС служит получение максимального количества логических маршрутов при минимальном задействовании дополнительных физических элементов КСУ.

Используемые методы: методы теории графов; методы анализа данных.

Вводимые ограничения:

- КСУ задает требования к количеству логических маршрутов, а также уровню их независимости;
- исходная ИТКС является иерархической системой транспортного типа с древовидной структурой, представленной в виде связанного графа без петель и кратных ребер;

– средства радиосвязи для формирования линии прямой связи между УС не используются.

Принятые *допущения*:

– каждый интервал формируемого логического маршрута обеспечивает своевременность предоставления информационных ресурсов ОУ КСУ.

Исходными данными для методики являются:

– размер географического фрагмента территории $S = L_x \times L_y$, на котором планируется размещение КСУ, с координатной сеткой;

– состав и структура исходной ИТКС с географическими координатами всех элементов $V_{ij}(x_{ij}, y_{ij})$;

– характеристика элементов ИТКС $G \in [\Phi, \Pi]$;

– количество органов и структура КСУ;

– резерв средств связи КСУ, их характеристика;

– типы, количество и параметры дополнительных линий связи;

– шаг изменения длины линии Δl_s для каждого типа линий связи КСУ;

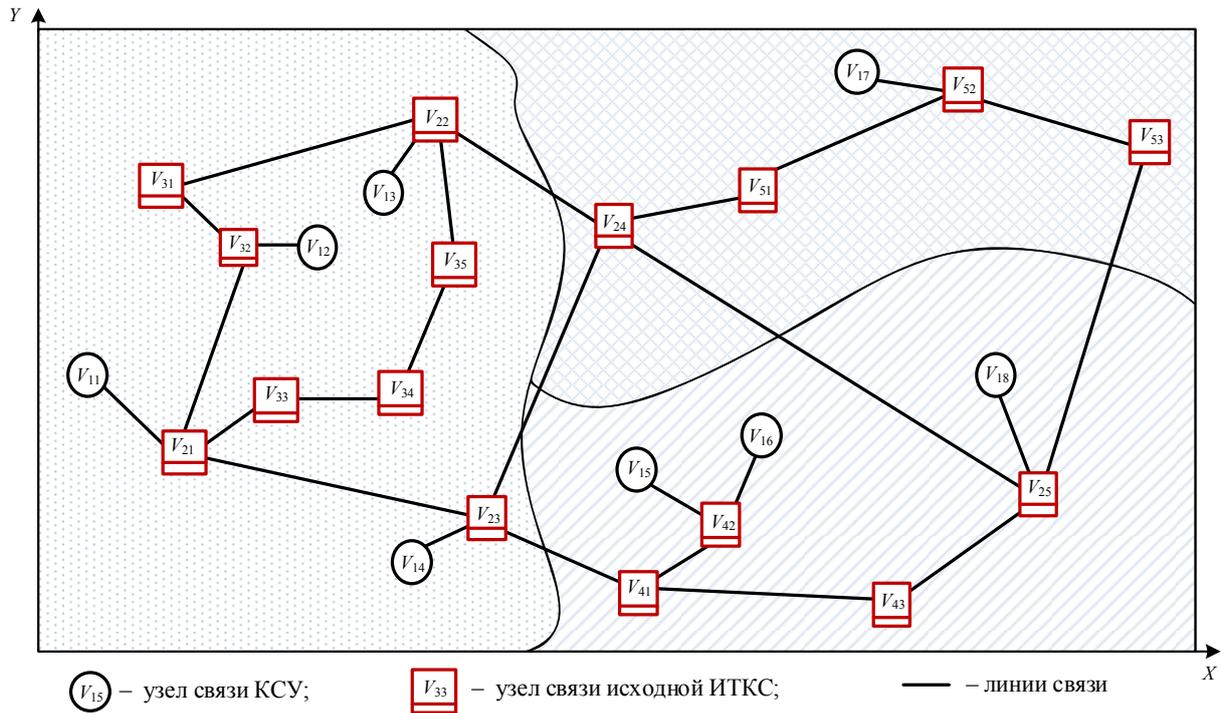


Рис. 1. Графическое представление исходной ИТКС
 Fig. 1. Graphical representation of the original ITCS

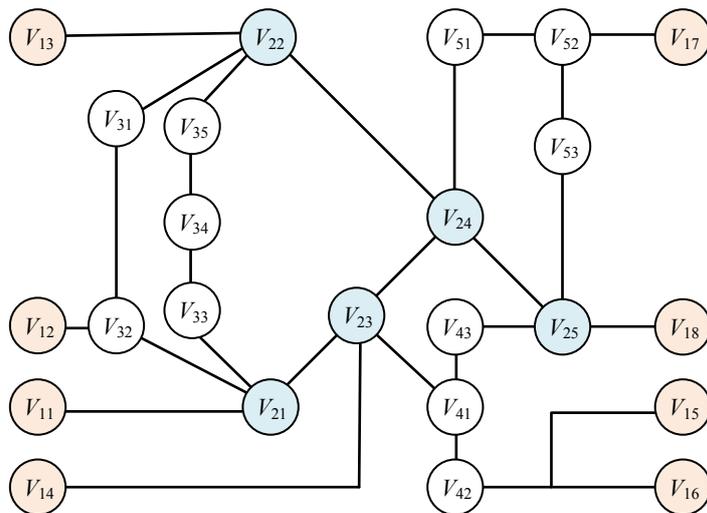


Рис. 2. Граф $G(V, E)$ исходной ИТКС
 Fig. 2. Graph $G(V, E)$ of the original ITCS

Характеристики элементов ИТКС делятся по физическому и логическому уровням доступа. К первому типу относятся применяемые на УС ИТКС виды разъемов, соединительных муфт. Например, волоконно-оптические соединители FC/PC или SC/APC [8]. Ко второму – применяемые технологии, протоколы, интерфейсы, например Ethernet или ATM или Frame Relay [9].

К основным параметрам дополнительных линий связи относятся максимальная длина $l_{доп_{ij}}$ и пропускная способность, зависящие от типа при-

меняемых КСУ средств связи и их технических характеристик.

Степень независимости логических маршрутов (ξ) определяется количеством совпадающих физических элементов, узлов и линий связи, через которые проходит маршрут. Критерий степени независимости маршрута определяется для каждого ИН исходя из категории важности участвующих в информационном обмене ОУ.

Описание методики. В связи с топологической и структурной неоднородностью ИТКС,

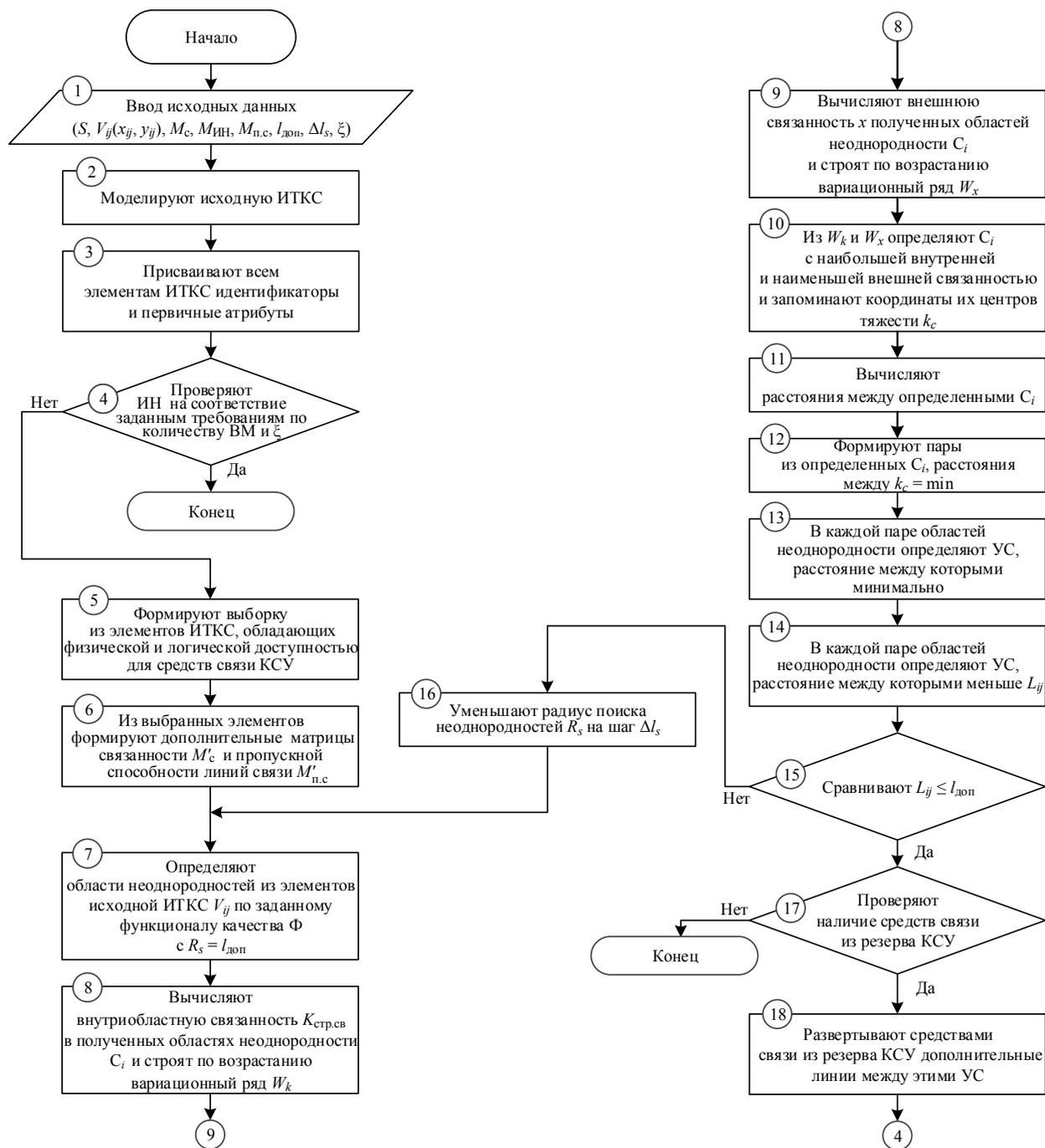


Рис. 3. Блок-схема методики
Fig. 3. Block diagram of the method

ограниченностью в силах и средствах КСУ, взаимосвязанностью структурной связанности и топологической близости элементов ИТКС, решение поставленной задачи предлагается осуществлять поэтапно. Основные элементы методики представлены блок-схемой (рис. 3).

На первом этапе моделируется исходная ИТКС [10]–[12] и осуществляется выборка ее элементов, имеющих возможность сопряжения со средствами связи КСУ на физическом и логическом уровнях доступа. Из выбранных элементов ИТКС формируют дополнительные матрицы связанности M'_c и пропускной способности линий связи и $M'_{п.с}$.

На втором этапе из выборки выделяют топологические неоднородности (рис. 4). Определение областей неоднородности может осуществляться известными методами анализа данных, например по алгоритму FOREL [13]–[15]. Алгоритмы данного класса дают быстрые и простые решения. Доказана [13] сходимость алгоритма за конечное число шагов. Области неоднородности – кластеры, получаемые этим алгоритмом, имеют сферическую форму. Их количество зависит от радиуса сфер. Варьируя параметр R_s , можно получать кластеризации различной степени деталь-

ности, а также описывать фрагменты заданного региона произвольной геометрической формы. К недостаткам данного алгоритма относится зависимость результатов кластеризации от выбора начальной точки процесса. Для снижения неопределенности итерации начинаются с каждого элемента КСУ исходной ИТКС. Окончательно выбирается та кластеризация, которая доставляет наилучшее значение заданному функционалу качества. Точность ϵ выделения плотности УС на заданной территории – минимальное отклонение совпадения центра тяжести территориальных неоднородностей распределения УС ССОП и КСУ на текущем шаге n_i и предшествующем шаге n_{i-1} поиска неоднородностей. Точность задается при помощи описанных в [16] подходов. Начальным значением радиуса поиска R_s является максимальная длина $l_{доп_{ij}}$ дополнительных линий связи, развертываемых средствами связи, размещенными на УС КСУ.

Так как алгоритм FOREL вычисляет центры тяжести неоднородности (кластера), то вычислительно более эффективными можно определить следующие функционалы [14], [15]:

- Сумма средних внутриобластных расстояний должна быть как можно меньше:

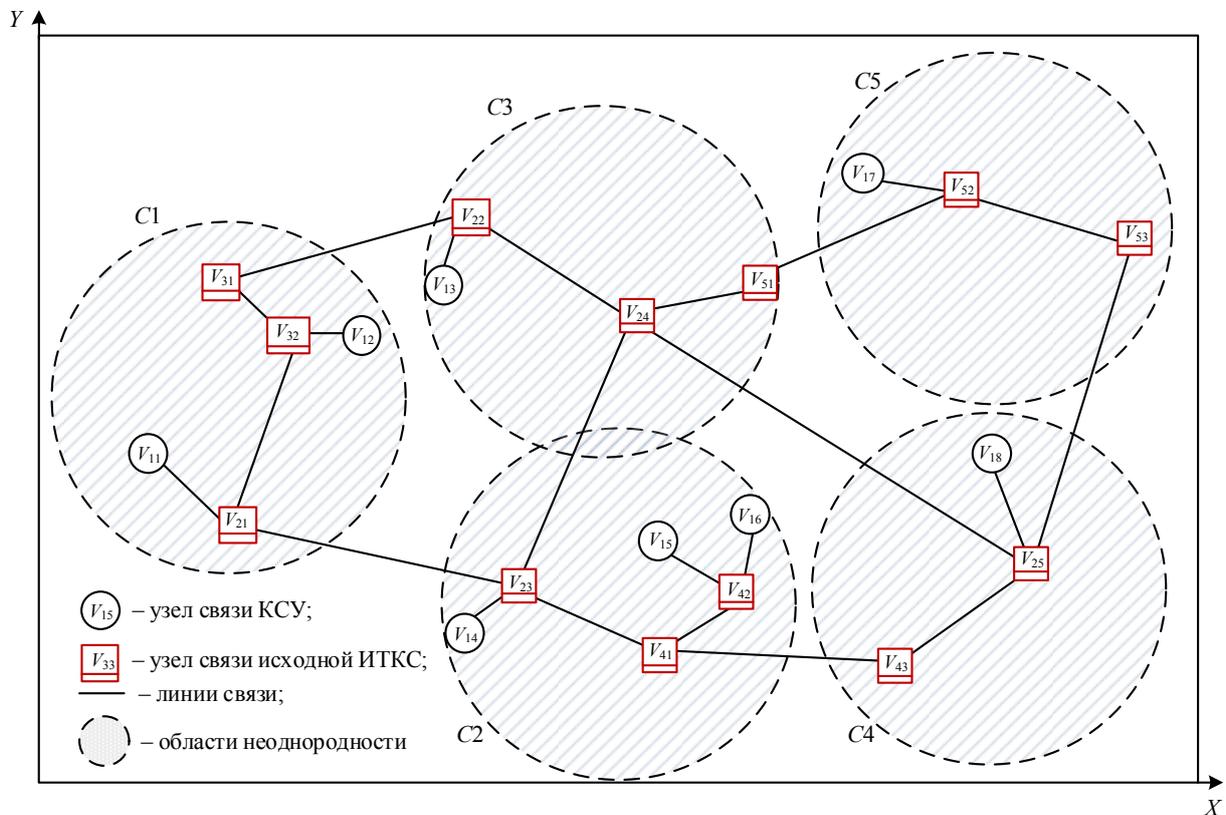


Рис. 4. Графическое представление областей неоднородности исходной ИТКС
 Fig. 4. Graphical representation of the areas of heterogeneity of the original ITCS

$$\Phi_0 = \sum_{c \in C} \frac{1}{|C|} \sum_{x \in C} \rho(x, k_c) \rightarrow \min,$$

где k_c – центр тяжести неоднородности (кластера) C , $\rho(x, k_c) \leq R_s$.

• Сумма межобластных расстояний должна быть как можно больше:

$$\Phi_1 = \sum_{x \in C} \rho(k_c, k) \rightarrow \max,$$

где k – центр тяжести всей выборки.

Порядок выделения топологических неоднородностей исходной ИТКС представлен блок-схемой (рис. 5).

На третьем этапе выбирают области с наилучшими показателями в отношении внешней и внутренней связанности. В качестве оценки внутренней связанности предлагается использовать коэффициент структурной связанности (физической):

$$K_{\text{стр.св}Ci} = \frac{N_{E_{Ci}}}{N_{V_{Ci}}},$$

где N_E и N_V – количество ребер и вершин в i -й области неоднородности C .

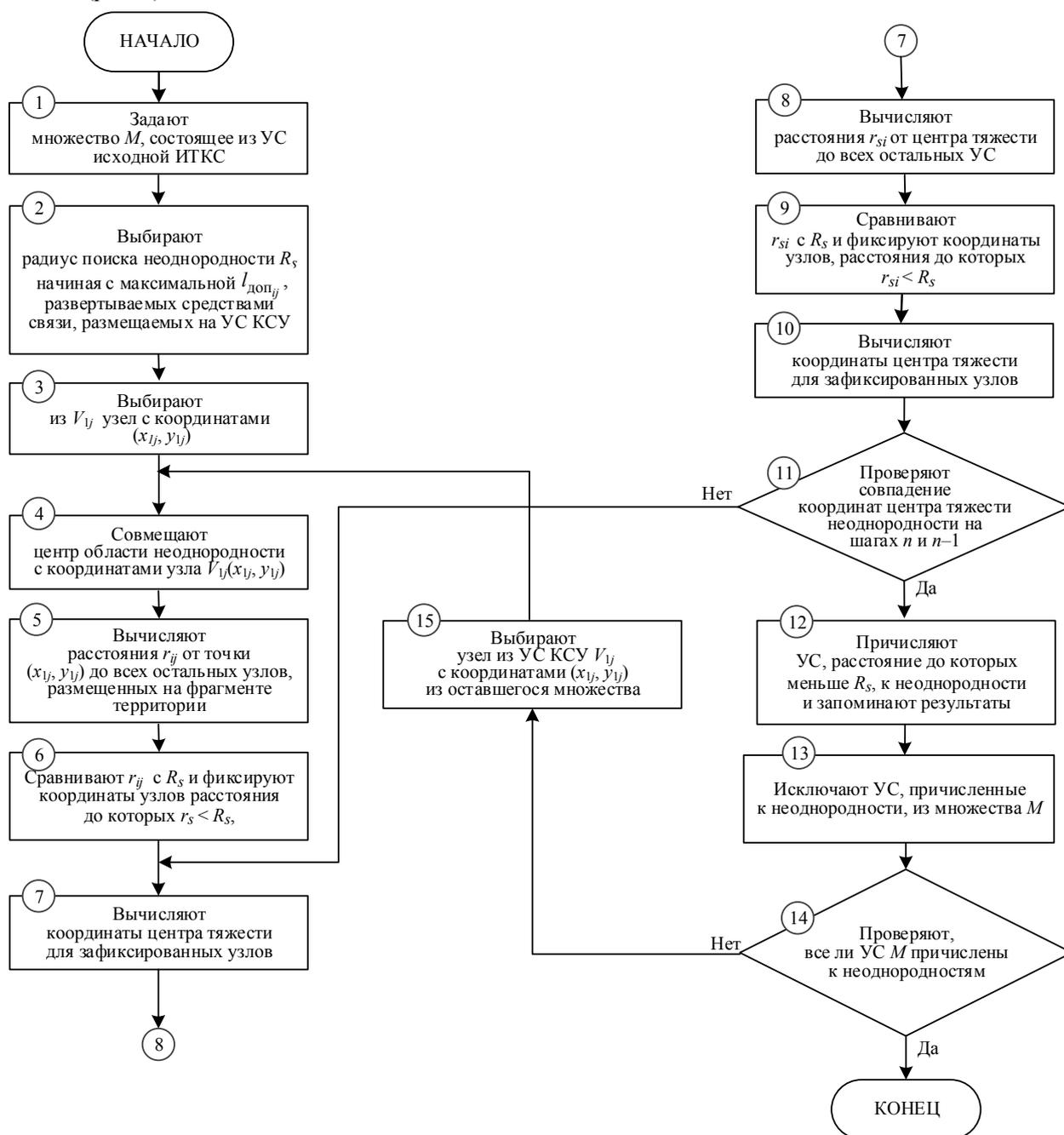


Рис. 5. Блок-схема выделения топологических неоднородностей
 Fig. 5. Block diagram of the highlighting topological heterogeneity

Внешняя связанность будет оцениваться по степени связанности образуемых областей неоднородности, для чего примем их за вершины графа. А степень связанности каждой области будет определяться количеством инцидентных ему линий связи $x = \sum I_{ij}$, где

$$I_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{если } i\text{-я вершина инцидентна } j\text{-му ребру;} \\ 0, & \text{не инцидентна.} \end{cases}$$

Далее формируют два вариационных ряда по возрастанию из получаемых областей неоднородности по внешней и внутренней связанности. Для областей неоднородностей, графически представленных на рис. 4, вариационные ряды примут вид табл. 2, 3.

Табл. 2. Вариационный ряд из областей неоднородности по внешней связанности

Tab. 2. Variational series from regions of heterogeneity by external connectivity

Номер кластера	C2	C1	C3	C4	C5
$K_{\text{стр.св.}}$	0.33	0.4	0.5	0.67	0.67

Табл. 3. Вариационный ряд из областей неоднородности по внутренней связанности

Tabl. 3. Variational series from regions of heterogeneity by internal connectivity

Номер кластера	C5	C1	C2	C4	C3
x	2	2	3	3	4

На четвертом этапе на основании вариационных рядов выбирают кластеры с наибольшей внутренней связанностью и наименьшей внешней и формируют пары кластеров, расстояния между центрами тяжести которых минимально. В каждой паре кластеров определяют УС, расстояние между которыми минимально. Сравнивают рас-

стояние между выбранными узлами с возможностями средств связи из резерва КСУ. Если расстояние между УС меньше, то принимают решение о развертывании дополнительной линии между этими УС средствами связи из резерва КСУ.

На пятом этапе проверяют информационные направления на соответствие требованиям по количеству логических маршрутов.

При выявлении на четвертом этапе методики двух и более относительно равнозначных пар УС исходной ИТКС, удовлетворяющих по дальности для средств связи КСУ, выбор пары делается на основании $K_{\text{л.стр.св.}}$.

Выводы. Научная новизна методики заключается в том, что, в отличие от известных методик, автором рассматривается неоднородная ИТКС, а обеспечение своевременности представления информационных ресурсов ОУ КСУ в условиях ИТВ на элементы исходной ИТКС осуществляется в условиях ограниченности КСУ физическими ресурсами, применяемыми для восстановления физических и логических маршрутов ИН.

Таким образом, с учетом существенной разницы между восстановлением физической и виртуальной структуры исходной ИТКС, предлагаемая методика позволяет обеспечить заданные требования по своевременности представления информационных ресурсов органам управления КСУ посредством повышения логической связанности ИТКС с заданной степенью независимости логических маршрутов при минимальном изменении физической структуры исходной ИТКС за счет обоснованного выбора места развертывания в исходной неоднородной ИТКС дополнительных элементов из состава резерва КСУ.

Список литературы

1. Смирнов И. Ю. Доступность телекоммуникационных ресурсов операторов связи сетей связи общего пользования для корпоративной системы управления // Состояние и перспективы развития современной науки по направлению «Информационная безопасность»: сб. статей III Всерос. науч.-техн. конф. Анапа, 2021. С. 635–642.
2. Воробьев И. Г., Костарев С. В. Современные подходы к обеспечению разведывательной защищенности и живучести системы связи объединения в операциях (боевых действиях) // Военная мысль. 2019. № 11. С. 58–68.
3. Стародубцев Ю. И., Иванов С. А., Закалкин П. В. Техносферная война как основной способ разрешения конфликтов в условиях глобализации // Военная мысль. 2020. № 10. С. 16–21.
4. Cyberspace: terminology, properties, problems of operation / Y. I. Starodubtsev, E. V. Vershennik, E. G. Balenko, V. N. Fedorov // 2020 Intern. Multi-Conf. on Industrial Engineering and Modern Technologies, FarEastCon 2020. Vladivostok: Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2020. С. 9271282. doi: 10.1109/FarEastCon 50210.2020.9271282.
5. Войцеховский А. И. Оценка устойчивости сетей связи // Изв. Орловского гос. техн. ун-та. Сер.: Информационные системы и технологии. 2008. № 1–4. С. 177–181.
6. Куделя В. Н., Вовк В. В. Устойчивость функционирования сетей с программируемой коммутацией

пакетов // T-Comm: Телекоммуникации и транспорт. 2018. Т. 12, № 4. С. 43–47.

7. Пат. 2750950 (RU). Способ повышения устойчивости виртуальной сети связи корпоративной системы управления / Ю. И. Стародубцев, С. А. Иванов, Е. В. Вершенник, А. В. Вершенник, П. В. Закалкин, А. А. Кузьмич, С. Е. Барыкин. Заявл. 19.12.2020; опубл. 06.07.2021; бюл. № 19. 20 с.

8. Инженерно-технические решения по построению магистральной и региональной сети связи с использованием технологии OTN/DWDM / О. Е. Наний, П. П. Стариков, С. В. Петров, А. Ю. Пlockий, М. А. Слепцов // Информатизация и связь. 2019. № 1. С. 74–83.

9. Олифер В. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы. СПб.: Питер, 2020. 1008 с.

10. Моделирование сетей связи с учетом топологических и структурных неоднородностей / Е. В. Сухорукова, Ю. И. Стародубцев, И. С. Беликова, П. В. Закалкин // Информационные системы и технологии. 2017. № 2 (100). С. 93–101.

11. Пат. 2546318 (RU). Способ моделирования сетей связи / Е. А. Алисеvич, С. Г. Синеv, П. Ю. Старо-

дубцев, Е. В. Сухорукова, А. Г. Чукариков, А. Н. Шаров. Заявл. 04.02.2014; опубл. 10.04.2015; бюл. № 10. 21 с.

12. Пат. 2723296 (RU). Способ моделирования динамически взаимодействующих стационарных сетей и мобильных узлов связи с различными элементами сопряжения / К. Г. Белов, Е. В. Вершенник, С. А. Иванов, П. В. Закалкин, И. Ю. Смирнов, Ю. И. Стародубцев. Заявл. 25.11.2019; опубл. 09.06.2020; бюл. № 16. 2 с.

13. Елкина В. Н., Загоруйко Н. Г. Количественные критерии качества таксономии и их использование в процессе принятия решений // Вычислительные системы. 1969. Вып. 36. С. 29–46.

14. Загоруйко Н. Г. Методы распознавания и их применение. М.: Советское радио. 1972. 208 с.

15. Сухорукова Е. В., Стародубцев П. Ю., Чукариков А. Г. Методика выявления критически важных элементов информационно-телекоммуникационных систем // Проблемы экономики и управления в торговле и промышленности. 2014. № 1 (5). С. 95–101.

16. Сивоголовко Е. В. Методы оценки качества четкой кластеризации // Компьютерные инструменты в образовании. 2011. № 4. С. 14–31.

Информация об авторе

Смирнов Иван Юрьевич – адъюнкт ФГКОУ ВО «Военная академия связи им. Маршала Советского Союза С. М. Буденного», пр. Тихорецкий, д. 3, Санкт-Петербург, 194064, Россия.
E-mail: sensemile.nic@mail.ru

References

1. Smirnov I. YU. Dostupnost' telekommunikatsionnykh resursov operatorov svyazi setey svyazi obshchego pol'zovaniya dlya korporativnoy sistemy upravleniya // Sostoyaniye i perspektivy razvitiya sovremennoy nauki po napravleniyu «Informatsionnaya bezopasnost'»: Sb. statej III Vseros. nauch.-tekhn. konf. Anapa, 2021. S. 635–642. (In Russ.).

2. Vorob'ev I. G., Kostarev S. V. Sovremennyye podhody k obespecheniyu razvedyvatel'noy zashchishchennosti i zhivuchesti sistemy svyazi ob'edineniya v operatsiyah (boevykh dejstviyah) // Voennaya mysl'. 2019. № 11. S. 58–68. (In Russ.).

3. Starodubcev YU. I., Ivanov S. A., Zakalkin P. V. Tekhnosfernaya vojna kak osnovnoy sposob razresheniya konfliktov v usloviyah globalizatsii // Voennaya mysl'. 2020. № 10. S. 16–21. (In Russ.).

4. Cyberspace: terminology, properties, problems of operation / Y. I. Starodubtsev, E. V. Vershennik, E. G. Balenko, V. H. Fedorov // 2020 Intern. Multi-Conf. on Industrial Engineering and Modern Technologies, FarEastCon 2020. Vladivostok: Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2020. C. 9271282. doi: 10.1109/FarEastCon 50210.2020.9271282.

5. Vojcekhovskij A. I. Ocenka ustojchivosti setey svyazi. // Izv. Orlovskogo gos. tekhn. un-ta. Ser.: Informatsionnye sistemy i tekhnologii. 2008. № 1–4. S. 177–181. (In Russ.).

6. Kudelya V. N., Vovk V. V. Ustojchivost' funkcionirovaniya setey s programmiruemoj kommutatsiej paketov // T-Comm: Telekommunikatsii i transport. 2018. T. 12, № 4. S. 43–47. (In Russ.).

7. Пат. 2750950 (RU). Sposob povysheniya ustojchivosti virtual'noj seti svyazi korporativnoy sistemy upravleniya / YU. I. Starodubcev, S. A. Ivanov, E. V. Vershennik, A. V. Vershennik, P. V. Zakalkin, A. A. Kuz'mich, S. E. Barykin. Zayavl. 19.12.2020; opubl. 06.07.2021; byul. № 19. 20 s. (In Russ.).

8. Inzhenerno-tekhnicheskie resheniya po postroeniyu magistral'noj i regional'noj seti svyazi s ispol'zovaniem tekhnologii OTN/DWDM / O. E. Naniy, P. P. Starikov, S. V. Petrov, A. YU. Plockij, M. A. Slepcov // Informatizatsiya i svyaz'. 2019. № 1. S. 74–83. (In Russ.).

9. Olfier V. Komp'yuternye seti. Principy, tekhnologii, protokoly. SPb.: Piter, 2020. 1008 s. (In Russ.).

10. Modelirovanie setey svyazi s uchedom topologicheskikh i strukturnykh neodnorodnostey / E. V. Suhorukova, YU. I. Starodubcev, I. S. Belikova, P. V. Zakalkin // Informatsionnye sistemy i tekhnologii. 2017. № 2 (100). S. 93–101. (In Russ.).

11. Пат. 2546318 (RU), Sposob modelirovaniya setey svyazi / E. A. Alisevich, S. G. Sinev, P. YU. Starodubcev, E. V. Suhorukova, A. G. CHukarikov, A. N. SHarov. Zayavl. 04.02.2014; opubl. 10.04.2015; byull. № 10. 21 s. (In Russ.).

12. Pat. 2723296 (RU). Sposob modelirovaniya dinamicheskoi vzaimodejstvuyushchih stacionarnykh setej i mobil'nykh uzlov svyazi s razlichnymi elementami so-pryazheniya / K. G. Belov., E. V. Vershennik, S. A. Ivanov, P. V. Zakalkin, I. YU. Smirnov, YU. I. Starodubcev. Zayavl. 25.11.2019; opubl. 09.06.2020; byul. № 16. 2 s. (In Russ.).

13. Elkina V. N., Zagorujko N. G. Kolichestvennye kriterii kachestva taksonomii i ih ispol'zovanie v processe prinyatiya reshenij // Vychislitel'nye sistemy. 1969. Vyp. 36. S. 29–46. (In Russ.). (In Russ.).

14. Zagorujko N. G. Metody raspoznavaniya i ih primenenie. M.: Sovetskoe radio.1972. 208 s. (In Russ.).

15. Suhorukova E. V., Starodubcev P. YU., CHu-karikov A. G. Metodika vyavleniya kriticheskoi vazhnykh elementov informacionno-telekommunikacionnykh sistem // Problemy ekonomiki i upravleniya v torgovle i promyshlennosti. 2014. № 1 (5). S. 95–101. (In Russ.).

16. Sivogolovko E. V. Metody ocenki kachestva chetkoj klasterizacii // Komp'yuternye instrumenty v obrazovanii. 2011. № 4. S. 14–31. (In Russ.).

Information about the author

Ivan U. Smirnov – adjunct of Federal State Educational Institution of Higher Education «Military Academy of Communication Named After of Zhukov and Lenin. Marshal of the Soviet Union S. M. Budyonny», Tikhoretsky Avenue, 3, Saint Petersburg, 194064, Russia.

E-mail: sensemile.nic@mail.ru

Статья поступила в редакцию 22.09.2022; принята к публикации после рецензирования 03.10.2022; опубликована онлайн 25.11.2022.

Submitted 22.09.2022; accepted 03.10.2022; published online 25.11.2022.
