

Новиков М.О. Оптимизация затрат на размещение узлов коммутации прикладной распределенной информационной системы [Электронный ресурс] // Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования: Научный интернет-журнал. 2014. – № 2(18). Режим доступа http://iea.gostinfo.ru/files/2014_02/2014_02_01.pdf

УДК 004

ОПТИМИЗАЦИЯ ЗАТРАТ НА РАЗМЕЩЕНИЕ УЗЛОВ КОММУТАЦИИ ПРИКЛАДНОЙ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ

Новиков М.О., аспирант Российского научно-технического центра информации по стандартизации, метрологии и оценке соответствия (ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ»)

В статье предложена авторская методика оптимального размещения узлов коммутации сети прикладной распределенной информационной системы, обеспечивающая минимизацию затрат на создание и эксплуатацию линий связи.

Ключевые слова: затраты, информационная система; минимизация; оптимизация; сеть; создание; узел коммутации; эксплуатация.

UDC 004

OPTIMIZING COSTS FOR ALLOCATION OF COMMUTATION NODES OF APPLIED DISTRIBUTED INFORMATION SYSTEM

Novikov M.O., post-graduate student at the Russian Science and Technology Center of Information on Standardization, Metrology and Conformity Assessment (FSUE «STANDARTINFORM»)

The article suggests the author's methodology for optimal allocation of commutation nodes of applied distributed information system providing minimization of costs for creation and maintenance of the communication line.

Keywords: costs, information system, minimization, optimization; network; creation; communication node; maintenance.

Минимизация затрат на создание и эксплуатацию линий связи обеспечивается оптимальным размещением узлов коммутации (УК) сети прикладной распределенной информационной системы (ПРИС), для чего объективно необходимой является разработка соответствующей методики, базирующей-

ся на достижениях отечественных и зарубежных ученых [1, 2, 6, 11, 14-19]. Одной из целей топологического синтеза регионального элемента сети ПРИС является поиск наиболее рациональных координат в регионе для размещения там узловых элементов, а также определение структуры меж узловых соединений. Задача состоит в том, чтобы выбранный вариант размещения узлов обеспечивая наименьшие затраты на соединительные линии. Такая задача имеет свои особенности, связанные с построением структуры элементов БИКС. Прежде всего, рассмотрим ключевые аспекты моделирования определения места расположения узлов коммутации в элементе сети ПРИС.

В работах [1, 2, 5, 9, 10, 13, 18, 19] размещение регионального элемента сети ПРИС можно представить в виде группы отдельных стационарных объектов (филиалы предприятия (организации), имеющие различную техническую оснащенность), которые, как правило, локализуются в разных районах, а узлы сети элементов ПРИС выполняют функции, как коммутации, так и конечных узлов. В связи с этим положение узлов в первом приближении определяется положением групп объектов или абонентов.

Располагая узел в конкретном районе размещения филиалов предприятия (организации), следует выбрать такую точку, в которой обеспечивается минимум суммарных затрат от множества абонентов района.

Пусть $Y_i(\varphi, \beta)$ – затраты на создание и эксплуатацию соединительной линии от i -го абонента до узла коммутации, расположенного в точке с координатами φ, β . Тогда оптимальными будут такие значения $\sigma = \sigma_0$ и $\beta = \beta_0$, при которых обеспечивается

$$\min_{\varphi_0, \beta_0} \sum_i Y_i(\varphi, \beta)$$

При неизвестном виде функции $Y_i(\varphi, \beta)$ для вычисления φ_0, β_0 может быть использован эвристический подход, основанный на допущении о том, что оптимальная точка расположения узла находится внутри области локализации абонентов. Такое допущение позволяет ограничить размерность задачи.

В качестве метода решения поставленной задачи предлагается сочетание направленного поиска и метода Монте-Карло. Использование последнего заключается в том, что задача направленного поиска решается неоднократно из выбранных случайным образом начальных точек. Это позволяет уменьшить вероятность получения локальных оптимумов в решении.

Предварительный этап решения состоит в очерчивании на карте района нахождения элемента сети БИКС, области с границами $\min_i \varphi_i; \max_i \varphi_i; \min_i \beta_i; \max_i \beta_i$, где $i = 1, \bar{N}$ – номера абонентов группы, и ее дискретизации с некоторым шагом. Число требуемых реализаций, также как и шаг дискретизации определяется требуемой точностью.

Районы локализации абонентов, как правило, охватывают сравнительно небольшие пространства. Поэтому, при определении расстояния от i -го абонента до точки размещения УК с координатами φ, β можно не учитывать геометрические особенности рельефа и использовать очевидные геометрические преобразования (рис. 1).

Тогда расстояние между i -м абонентом и УК можно определить из следующего соотношения:

$$d_i(\varphi, \beta) = \sqrt{(\varphi - \varphi_i)^2 + (\beta - \beta_i)^2} \quad (1)$$

где φ_i, β_i – координаты i -го абонента.

Для получения аналитического решения поставленной задачи введем дополнительное условие, определяющее возможность аппроксимизации функции затрат (2):

$$a_{11}R^{11} + a_{10}R^{10} + \dots + a_2R^2 + a_1R^1 + a_0 = 0 \quad (2)$$

квадратичной функцией расстояний.

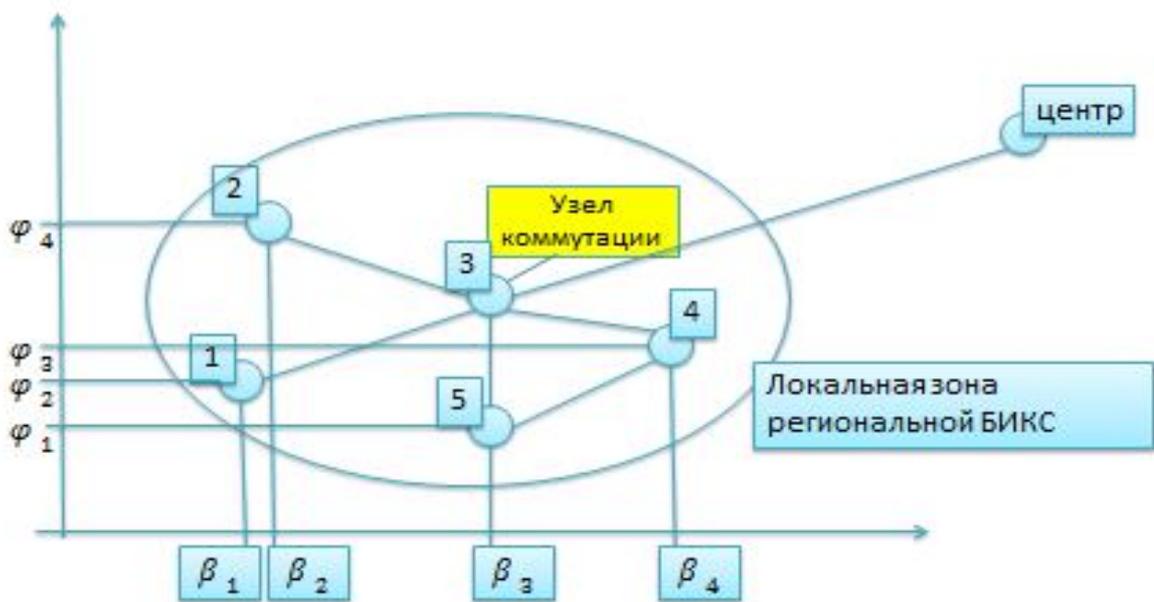


Рис. 1. Размещение абонентов и узлов коммутации сети БИКС

Тогда критерий оптимальности будет иметь вид:

$$\min_{\varphi, \beta} \sum_i Y_i d_i^2(\varphi, \beta) \quad (3)$$

где, Y_i – константа, имеющая смысл нормированных затрат.

После подстановки в последнее соотношение получим:

$$\min_{\varphi, \beta} \sum_i Y_i [(\varphi - \varphi_i)^2 + (\beta - \beta_i)^2] \quad (4)$$

Найдя частные производные выражения под знаком *min* по φ и β и приравняв их нулю, получим соотношения, определяющие координаты узла, при которых суммарные затраты на построение соединительных линий минимальны:

$$\varphi_0 = \frac{\sum_i Y_i \varphi_i}{\sum_i Y_i}; \quad \beta_0 = \frac{\sum_i Y_i \beta_i}{\sum_i Y_i} \quad (5)$$

Значение Y_i равно затратам на строительство единицы длины соединительной линии к i -му абоненту.

Теперь перейдем к формированию алгоритма выбора мест размещения узлов коммутации сети ПРИС с учетом минимума затрат. Следует отметить, что выбор места размещения конкретного узла коммутации рассмотрен в ряде работ [3, 4, 5, 7, 8, 10, 12, 13], где на основе построения частной методики обоснования требований к построению сети ПРИС проводится аналитическое обоснование мест размещения элементов ее структуры. На основе проведенного анализа вариантов моделей алгоритмов определен алгоритм для выбора места размещения УК в структуре сети ПРИС с минимальными затратами (рис. 2). Последовательность его работы включает: ввод исходных данных, в состав которых входит: значения функции затрат для дискретных координатных точек, ограничения по размерам района сети ПРИС, включающие число реализаций Z , где $\min_i \varphi_i; \max_i \varphi_i; \min_i \beta_i; \max_i \beta_i$ и начало 1-й реализации: $j = 1$. На следующих шагах осуществляется выбор случайных значений φ_0, β_0 и определяется величина затрат $Y_0 = \sum_i Y_i(\varphi_0, \beta_0)$

Дискретное перемещение на величину $\Delta\varphi$ текущей точки (φ_0, β_0) позволяет определить координаты места размещения УК в локальной зоне сети ПРИС, где $\varphi_0 < \max \varphi_i$, то $\varphi_0^{(+)} := \varphi_0 + \Delta\varphi$, иначе $\varphi_0^{(+)} := \varphi_0$ и для значений если $\beta_0 < \max \beta_i$, то $\beta_0^{(+)} := \beta_0 + \Delta\beta$, иначе $\beta_0^{(+)} := \beta_0$.

В результате получим значение текущих значений функции затрат:

$$Y_1 := \sum_i Y_i(\varphi_0^{(+)}, \beta_0); Y_3 := \sum_i Y_i(\varphi_0, \beta_0^{(+)}); \quad (6)$$

$$Y_2 := \sum_i Y_i(\varphi_0^{(-)}, \beta_0); Y_4 := \sum_i Y_i(\varphi_0, \beta_0^{(-)});$$

После проверки условия $\min_i Y_i \geq Y_0$ осуществляем вывод оптимальных координат размещения УК и соответствующих им затрат:

$$\varphi^z = \varphi_0; \beta^z = \beta_0; Y_{\min} = Y_0$$

Предложенный алгоритм показал хорошую сходимость, что свидетельствует о работоспособности алгоритма.

Алгоритм распределения УК между элементами БИКС

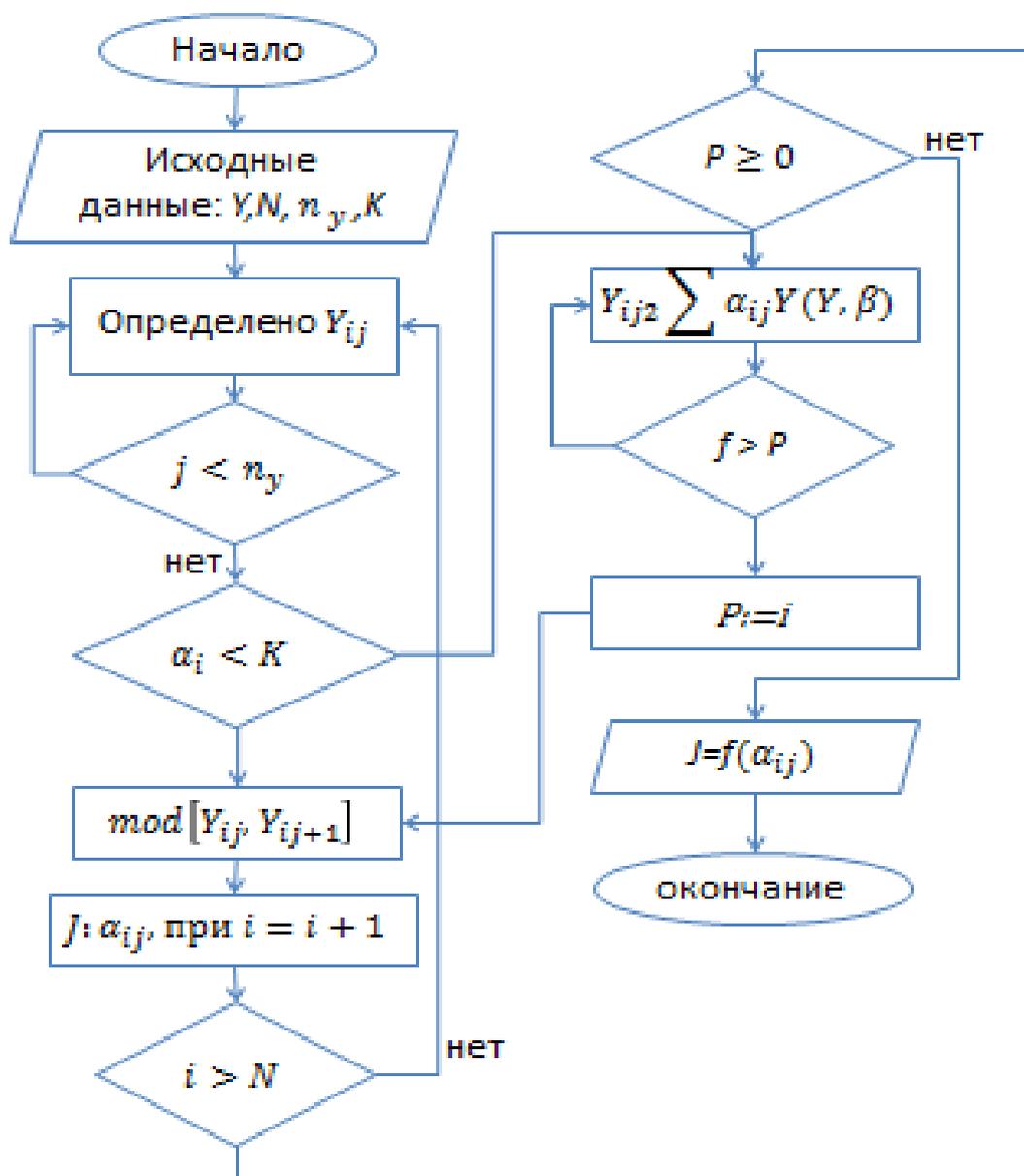


Рис. 2. Алгоритм распределения УК между элементами сети ПРИС

Из рассмотренного алгоритма следует, что для заданной точности полученных результатов $\varepsilon = 0,05$ с доверительной вероятностью $D_{\bar{d}} = 0,95$ общее количество реализаций вычислительного процесса составило около 200, что не составляет сложности в расчетах для существующего парка ЭВМ.

Далее рассмотрим распределение мест размещения узлов коммутации в сети прикладной распределенной информационной системы между региональными филиалами ПРИС.

Создание регионального УК, определение места его расположения требует решения отдельной задачи и включает процесс, требующий материальных затрат на оборудование и временных сроков на его внедрение [1, 3, 4, 5, 13]. Необходимо отметить, что анализ внедрения современных информационных технологий в предприятиях (организациях) показывает, что процесс разработки и внедрения элементов сети ПРИС будет осуществляться поэтапно, с постепенной заменой существующего оборудования на новое. Поэтому в течение достаточно длительного времени эти две информационные системы (и старая, и новая) будут сосуществовать и сообщаться между собой. В связи с этим возникает множество сложнейших проблем, одной из которых является решение задачи по наилучшему использованию вновь создаваемых элементов сети ПРИС, в частности, для наиболее рационального способа подключения к ним узлов коммутации.

Пусть N – множество объектов элемента сети ПРИС;

$n_{ук}$ – множество УК во фрагменте проектируемой сети;

$Y_i(\varphi_i, \beta_i)$ – затраты на создание линии связи от i -го объекта до j -го УК;

k – количество и тип объектов, которые могут быть подключены к УК (исходя из удаленности от УК, наличия технических средств сети ПРИС);

J – полное множество всех возможных вариантов подключения объектов к УК элемента сети ПРИС;

δ_j – подмножество УК из множества J ;

δ_i – подмножество объектов, подключаемых к j -му УК из множества.

Тогда формальная постановка задачи рационального распределения элементов сети ПРИС по узлам фрагмента сети будет состоять в следующем.

Для элемента сети ПРИС с заданным числом УК – $n_{ук}$ определить такие объекты, подключаемые к узлам сети σ_Y^* , которые обеспечивают минимальные затраты на соединительные линии, т.е:

$$\min_{\delta_{ij}^* \in J} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^{n_{ук}} \delta_{ij} Y_i(\varphi_j, \beta_j) \quad (7)$$

При ограничениях:

$$\sum_{j=1}^{n_{об}} \delta_{ij} = 1; \sum_{i=1}^N \delta_{ij} \leq K; K = const$$

Сформулированная задача является задачей целочисленного линейного программирования, которая может быть решена, например, методом «ветвей и границ». Однако более простым является метод, основанный на матричном преобразовании. Подобное преобразование базируется на матрице затрат размерности $N \times n_{ук}$, элементами которой являются затраты на создание линии связи от i -го объекта до j -го УК – $Y_i(\varphi_j, \beta_j)$. Алгоритм матричного преобразования для решения задачи по распределению объектов между узлами сети ПРИС представлен на рис. 3.

В начале в первой строке матрицы затрат выбирается наименьший элемент и включается в набор J , содержащий один элемент и удовлетворяющий ограничениям. Затем то же самое повторяется для второй строки и проверяется выполнение ограничений. Если ограничения выполняются, то в состав набора вариантов подключения объектов к УК J включается выбранный элемент второй строки. Если в данной строке отсутствует элемент минимальной стоимости, удовлетворяющий ограничениям, то эта строка пропускается. Пройдя таким образом все строки матрицы затрат получим набор элементов, которые не нарушают ограничений, каждый из которых наименьший в своей строке.

Алгоритм синтеза топологической структуры сети БИКС

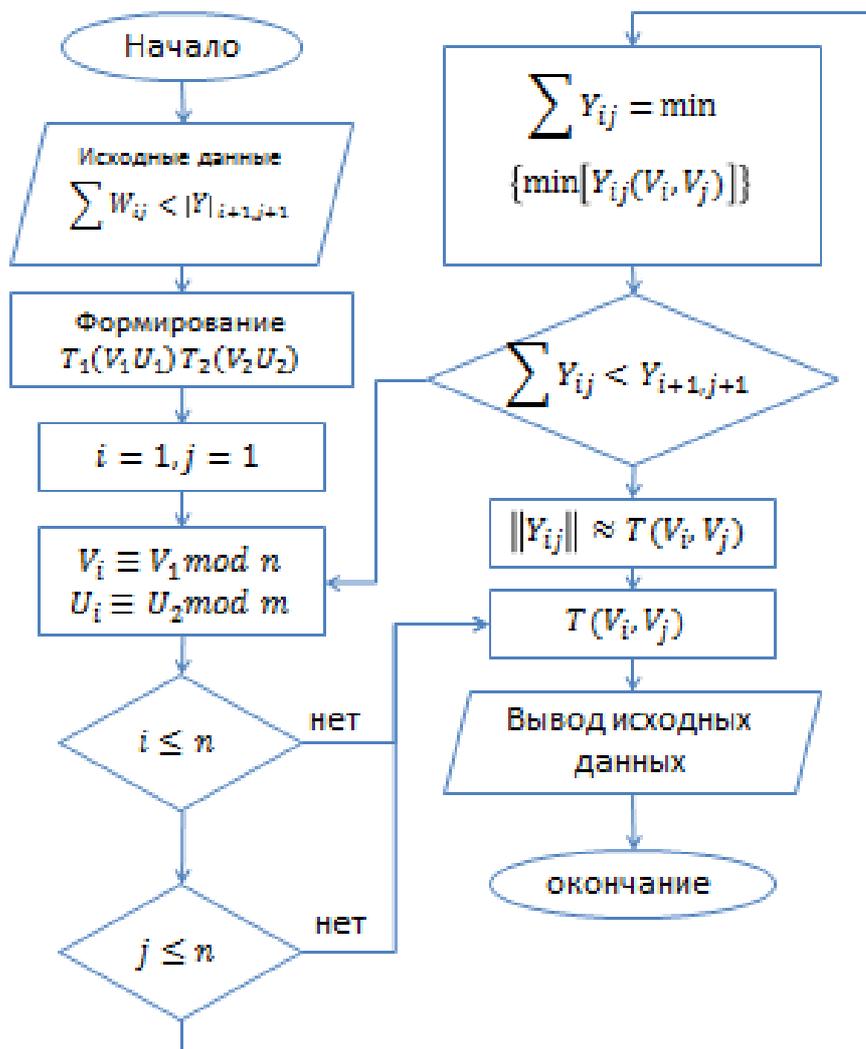


Рис. 3. Алгоритм синтеза топологической структуры сети ПРИС

Далее находится в первой пропущенной строке наименьший элемент и вычисляется прирост стоимости. Так как столбец, в котором выбран элемент, уже содержит K элементов, то один из них необходимо удалить и найти в данном столбце другой наименьший элемент. Однако новый элемент, в свою очередь, может привести к нарушению ограничения.

Таким образом, возникает чередующаяся цепочка введений и удалений элементов при анализе дополнительных затрат. Эта процедура завершается, когда будет найдена цепочка с наименьшей стоимостью, после чего произво-

дится переход к следующей строке матрицы, в которой еще не выбран минимальный элемент.

Список использованных источников и литературы

1. Вентцель Е.С., Овчаров Л.А. Теория вероятностей и ее инженерные приложения. Учебное пособие для вузов. – Изд. 2-е, стереотип. – М.: Высшая школа, 2000. – 480 с.
2. Вентцель Е.С. Исследование операций. – М.: Советское радио, 1976.
3. Иванов А.А. Корпоративные сети как составляющая информационной инфраструктуры России // В кн. «Связь России в XXI веке». – М.: МАК, 1999. – С. 41-65.
4. Иванова Т.И. Корпоративные сети связи. – М.: Эко-Трендз, 2001. – 282 с.
5. Кристофидес Н. Теория графов. – М., 1978.
6. Назаров А.Н., Симонов М.В. АТМ: Технология высокоскоростных сетей. – М.: Эко-Трендз, 1998. – 234 с.
7. Олифер В.Г., Олифер Н.А. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы. – СПб: Питер, 1999. – 672 с.
8. Петухов Г.Б. Основы теории эффективности целенаправленных процессов. Ч.1. Методология, методы, модели. – М.: МО, 1989. – 660 с.
9. Прокис Дж. Цифровая связь. Пер с англ. – М.: Радио и связь, 2000. – 800 с.
10. Прим Р. Кратчайшие связывающие сети и некоторые обобщения. Кибернетический сборник, вып. 2. – М.: Изд-во иностр. лит-ры, 1961. – С. 95-107.
11. Связь России в XXI веке / Под ред. Л.Е. Варакина. – М.: МАК, 1999. – 737 с.
12. Соколов Н.А. Сети абонентского доступа. Принципы построения. – Пермь: Уралсвязьинформ, 2000. – 255 с.
13. Хохлачев Е.Н. Теоретические основы управления. Часть 2. Анализ и синтез систем управления: Учебное пособие. – М.: ВА РВСН, 1996.
14. Щербина О.А. Методологические аспекты динамического программирования // Динамические системы, 2007. – Вып. 22.
15. Якубайтис Э.А. Информационные сети и системы. Справочная книга. – М.: Финансы и статистика, 1996. – 368 с.
16. Табак Д., Куо Б. Оптимальное управление и математическое программирование. Теоретические основы технической кибернетики. – М.: Наука, 1975. – 280 с.
17. Модели и методы оптимизации. – М.: ФМ, 2003. – 39 с.
18. Морозов В.К., Долганов А.В. Основы теории информационных сетей. – М., 1987.

19. Советов Б.Я., Яковлев С.А. Построение сетей интегрального обслуживания. – Л.: Машиностроение, Ленингр. отделение, 1990. – 302 с.

© М.О. Новиков, 2014