

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](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  $\varphi, \beta$ . 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  $\varphi_0, \beta_0$  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  $\varphi, \beta$  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  $\varphi_i, \beta_i$  – 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.

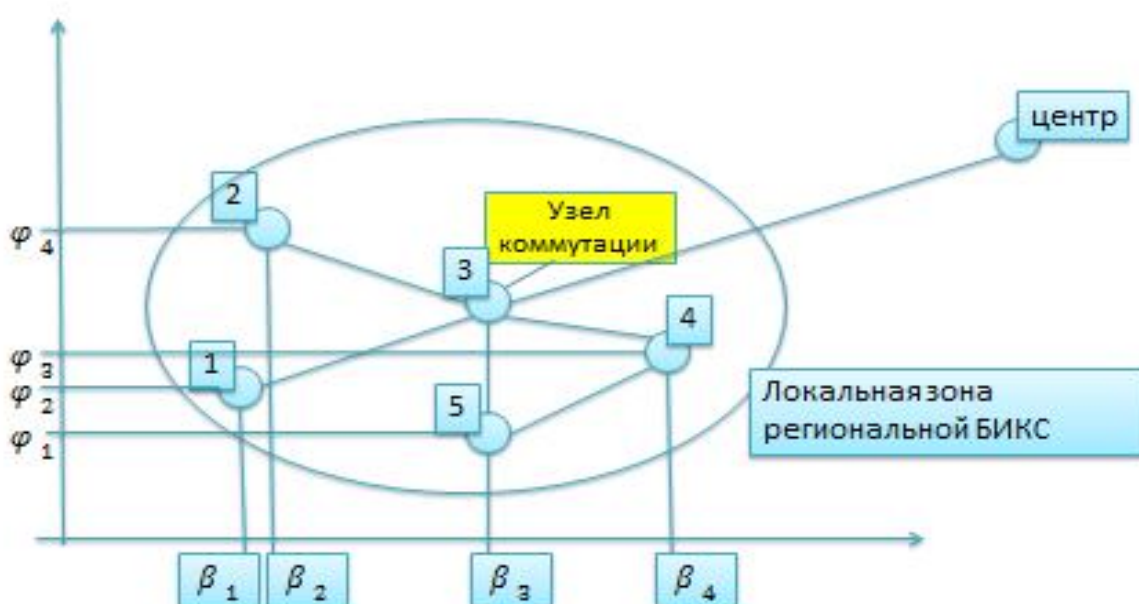


Рис. 1. Размещение абонентов и узлов коммутации сети БИКС

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  $\varphi$  и  $\beta$  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  $\varphi_0, \beta_0$  и определяется величина затрат  $Y_0 = \sum_i Y_i(\varphi_0, \beta_0)$

Дискретное перемещение на величину  $\Delta\varphi$  текущей точки  $(\varphi_0, \beta_0)$  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

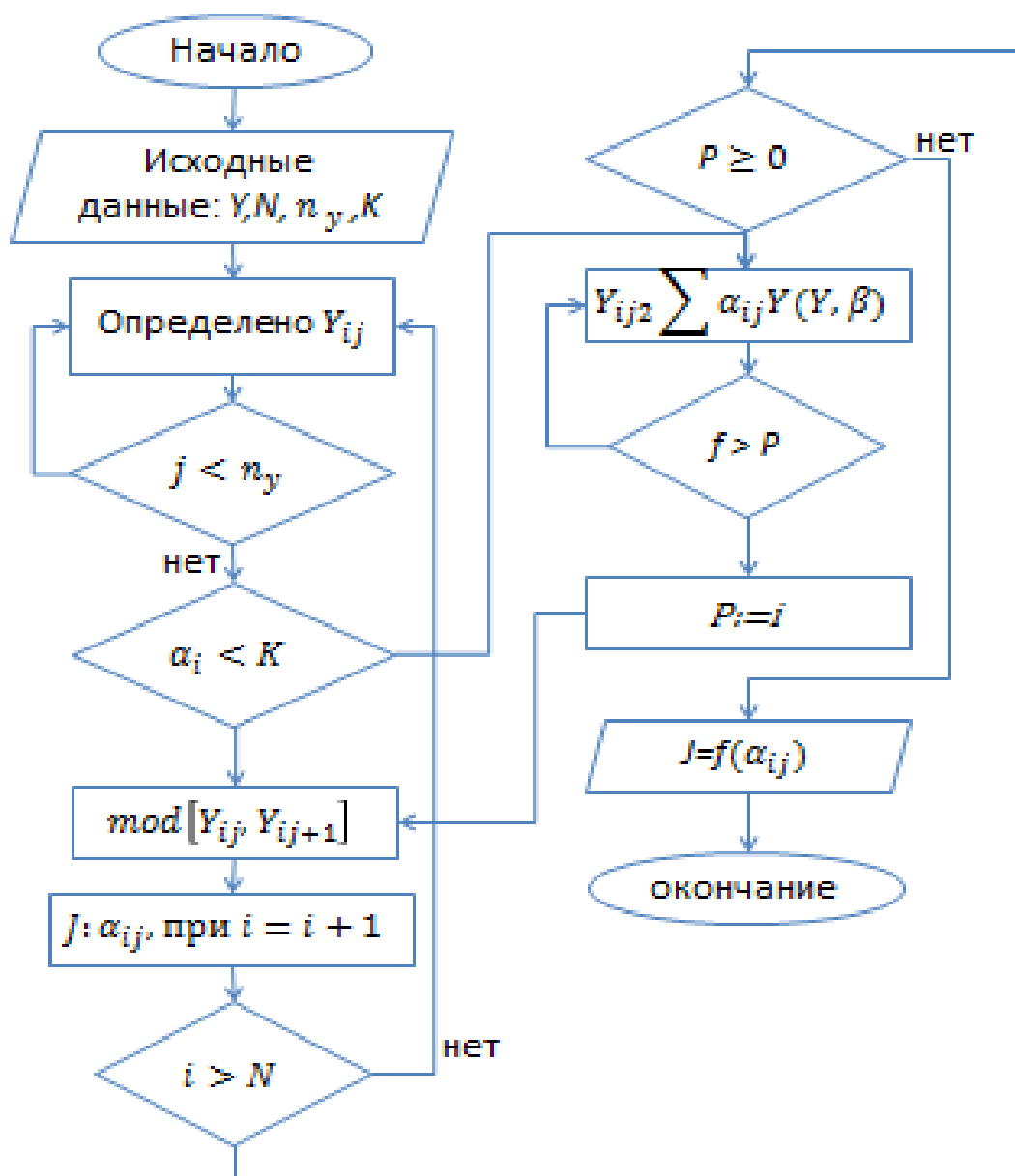


Рис. 2. Алгоритм распределения УК между элементами сети ПРИС

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;

$\delta_j$  – подмножество УК из множества  $J$ ;

$\delta_i$  – 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  $\sigma_Y^*$ , 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

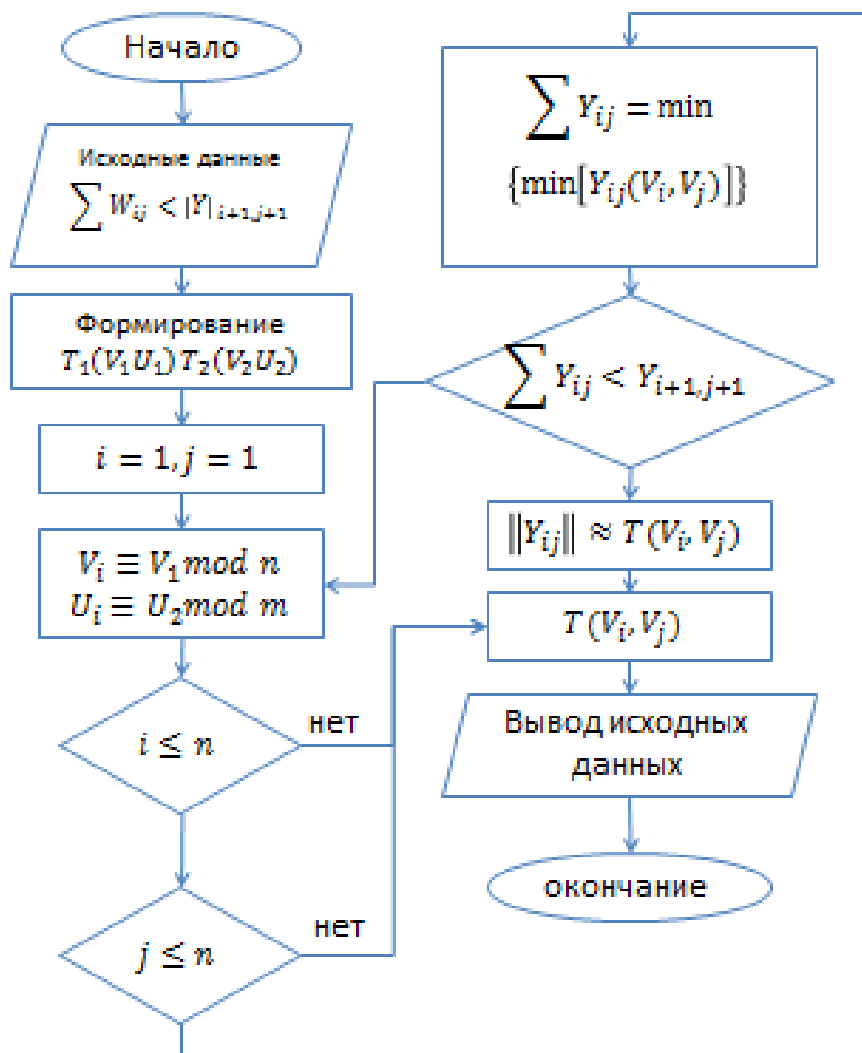


Рис. 3. Алгоритм синтеза топологической структуры сети ПРИС

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