

Модификация алгоритмов поиска кратчайших путей в транспортной сети телекоммуникационной системы распространения геоинформации

Modification of the shortest path search algorithms in the transport network telecommunication system of geoinformation transmission

ЯСИНСКИЙ / JASINSKI S.

Сергей Александрович

(compass-tfc@mail.ru)

профессор,

Военная академия связи

им. маршала Советского Союза

С.М. Буденного,

Санкт-Петербург

СОКОЛОВ / SOKOLOV V.

Виктор Михайлович

(compass-tfc@mail.ru)

Военная академия связи

им. маршала Советского Союза

С.М. Буденного,

Санкт-Петербург

Ключевые слова: транспортная сеть – transport network; алгоритмы поиска кратчайшего пути – shortest path search; телекоммуникационная система – telecommunication system.

В статье предложен модифицированный алгоритм Йена для поиска вершинно-независимых путей в информационном направлении транспортной сети телекоммуникационной системы распространения геоинформации. Для повышения структурно-поточковой устойчивости транспортной сети совместно учитываются коэффициенты связности для геоинформационных потоков по вершинно-независимым путям, сигналов системы тактовой сетевой синхронизации и системы единого времени по реберно-независимым путям. Заданное количество реберно-независимых путей передачи сигналов системы тактовой сетевой синхронизации и системы единого времени определяется с помощью разработанного модифицированного алгоритма Прима. Использование данных алгоритмов при синтезе структуры транспортной сети телекоммуникационной системы распространения геоинформации позволяет повысить ее структурную устойчивость в 1,5–2,7 раза.

The authors propose a modified algorithm to find vertex-independent paths in the information direction of the transport network telecommunication system of geoinformation transmission. To improve the structural stability of streaming transport network together accounted for a connection coefficients geoinformation flows vertex-independent paths, the system clock signal and the network synchronization system of uniform time for edge-independent paths. Specified number of edge-independent signaling pathways of the clock network synchronization and timing system is determined by the modified algorithm developed by Prima. The use of these algorithms in the synthesis of the structure of the telecommunications transport network of geoinformation transmission system can improve its structural stability in the 1,5–2,7 times.

ВВЕДЕНИЕ

Топологическая структура ТС ТКС распространения ГИ может быть представлена в виде ориентированного графа $G(A, \bar{B})$, где: $A = \{a_i\}$, $i = 1, N$, – множество вершин графа (узловая основа), а $\bar{B} = \{\bar{b}_{ijq}\}$, $i, j = 1, N$, $i \neq j$, $q = 1, 3$ – множество ребер графа (линейная основа). В качестве критерия рациональности топологической структуры сети

принят минимум суммы длин ребер данной сети. В известных работах [1–3] синтез топологической структуры ТС с минимальной суммой длин ребер осуществляется путем поиска реберно-независимых кратчайших путей, полученных многократным применением алгоритма Дейкстры, либо поиском субоптимальных кратчайших путей, полученных с помощью алгоритма Йена.

Использование реберно-независимых путей для задания коэффициента связности информационного направления при синтезе структуры сети с минимальной суммой длин ребер не позволяет учесть того, что прохождение путей через один узел, но по разным ребрам может привести к исключению из информационного направления нескольких реберно-независимых путей в случае выхода из строя общего узла. Для решения данного противоречия предлагается задавать коэффициент связности информационного направления с помощью требуемого количества кратчайших вершинно-независимых путей распространения геоинформации, полученных с помощью модифи-

цированного алгоритма Йена. Кроме того, повышение устойчивости ТС ТКС распространения ГИ достигается заданием коэффициентов связности для системы тактовой сетевой синхронизации (СТСС) и системы единого времени (СЕВ), которые определяются числом реберно-независимых минимальных остовных деревьев (МОД), полученных с помощью разработанного модифицированного алгоритма Прима.

МОДИФИЦИРОВАННЫЙ АЛГОРИТМ ЙЕНА

Общая структурная схема модифицированного алгоритма Йена для поиска кратчайших вершинно-независимых путей представлена на рис. 1.

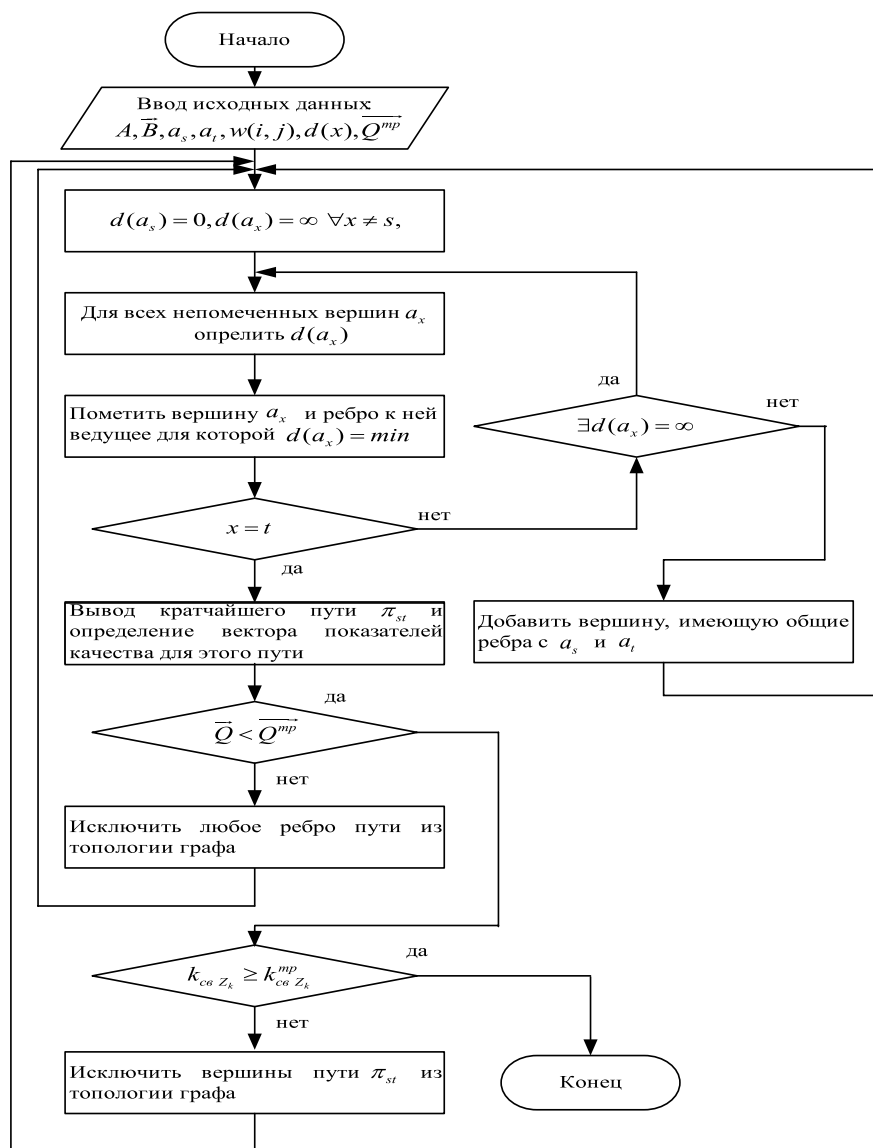


Рис. 1. Общая структурная схема модифицированного алгоритма Йена для поиска кратчайших вершинно-независимых путей

ГЕОИНФОРМАТИКА

На рисунке 1 обозначены: a_s – вершина источник; a_t – конечная вершина; $d(x)$ – длина пути до вершины a_x из источника a_s ; $w(\bar{b}_{ijq})$ – длина ребра \bar{b}_{ijq} , $i, j = \overline{1, N}$, $i \neq j$, $q = \overline{1, 3}$; Q^{TP} – вектор требований к качеству виртуальных коридоров ТС; $k_{св} Z_k$ – коэффициент связности информационного направления; π_{st} – путь от сети-источника (s) к сети-стоку (t).

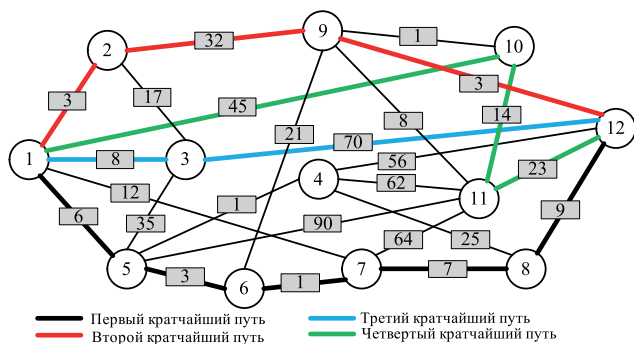


Рис. 2. Пример нахождения всех кратчайших вершинно-независимых путей между КП ЛС № 1 и 12 фрагмента сети

Все кратчайшие реберно-независимые пути распространения геоинформации между КП ЛС № 1 и 12, полученные многократным приме-

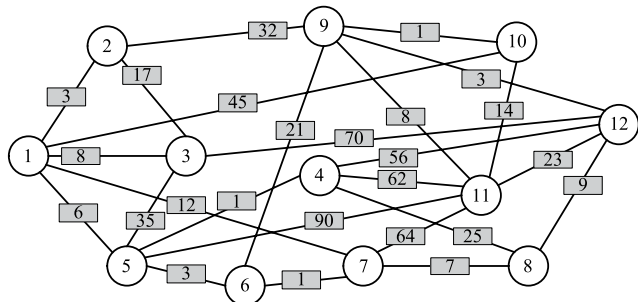


Рис. 3. Заданный фрагмент ТС со всеми физически реализуемыми ребрами

Для сравнения результатов применения предложенного модифицированного алгоритма Йена с результатами из известных работ [1–3] введен коэффициент относительной структурной устойчивости ψ . Данный коэффициент определяется как соотношение количества узлов (N), необходимых для разрыва всех путей между КП ЛС, к общему коли-

Пример использования модифицированного алгоритма Йена для получения всех кратчайших вершинно-независимых путей распространения геоинформации между корреспондирующей парой локальных сетей (КП ЛС) № 1 и 12 фрагмента сети показан на рис. 2. Фрагмент сети, на котором проводился расчет, показан на рис. 3.

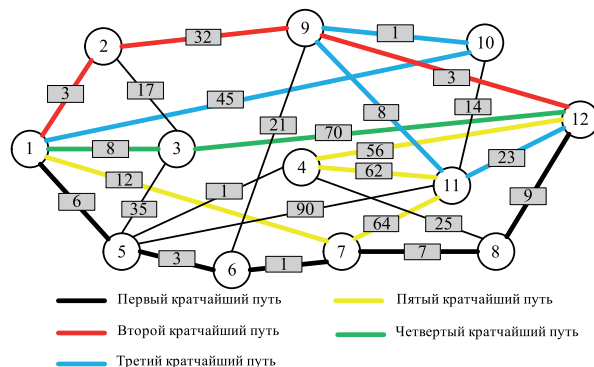


Рис. 4. Кратчайшие реберно-независимые пути между КП ЛС № 1 и 12, полученные многократным применением алгоритма Дейкстры

нием алгоритма Дейкстры, показаны на рис. 4. Результат использования алгоритма Йена приведен на рис. 5.

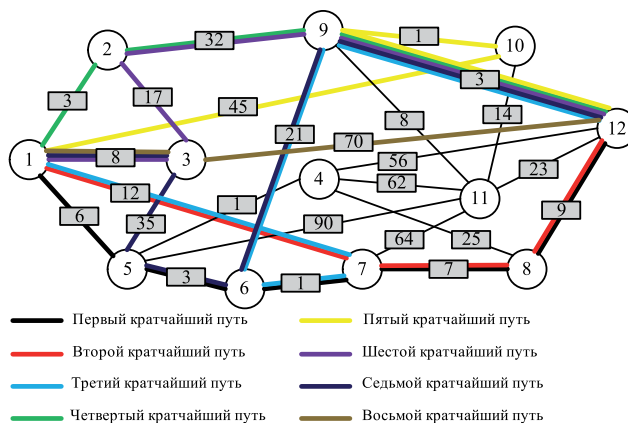


Рис. 5. Кратчайшие пути между КП ЛС №1 и 12, полученные с помощью алгоритма Йена

честву путей в информационном направлении (N) т.е., $\psi = \frac{N_{от}}{N_{пик}}$; $k = \overline{1, N}$; $i = \overline{1, N}$, где $N_{пик}$ – k -й путь от ЛС-истока к ЛС-стока. Результат сравнения модифицированного алгоритма Йена с алгоритмом поиска реберно-независимых путей и алгоритмом Йена по критерию коэффициента относительной структурной устойчивости приведен в таблице.

РЕЗУЛЬТАТ СРАВНЕНИЯ МОДИФИЦИРОВАННОГО АЛГОРИТМА ЙЕНА С АЛГОРИТМОМ ПОИСКА РЕБЕРНО-НЕЗАВИСИМЫХ ПУТЕЙ И АЛГОРИТМОМ ЙЕНА

	Все пути	Три пути
Модифицированный алгоритм Йена	$\psi = 1$	$\psi = 1$
Алгоритм поиска реберно-независимых путей	$\psi = 0,6$	$\psi = 0,67$
Алгоритм Йена	$\psi = 0,375$	$\psi = 0,33$

Для предложенного модифицированного алгоритма Йена $\psi = 1$, т.е. выход из строя одного узла или ребра приводит к разрыву не более чем одного пути. Для алгоритма нахождения реберно-независимых путей и алгоритма Йена $\psi < 1$, т.е. выход из строя одного узла или ребра приводит к разрыву более чем одного пути.

МОДИФИЦИРОВАННЫЙ АЛГОРИТМ ПРИМА

Поиск реберно-независимых МОД осуществляется с помощью модифицированного алгоритма Прима, показанного на рис. 6, где V –

множество вершин графа; B – множество ребер графа; $w(\bar{b}_{ijq})$ – вес ребра \bar{b}_{ijq} ; T – множество ребер минимального остовного дерева; $d[a_i]$ – расстояние от a_i -й вершины графа до построенного МОД; $p[a_i]$ – предок a_i -й вершины, т.е. такая вершина a_u , что (b_{iu_q}) , ребро минимального веса, соединяющее a_i -ю вершину графа с вершиной из построенного МОД; Q – приоритетная очередь вершин графа, где ключом является $d[a_i]$; $Extract.min(Q)$ – операция извлечения элемента с минимальным ключом из приоритетной очереди Q ; x – количество ребер в множестве T .

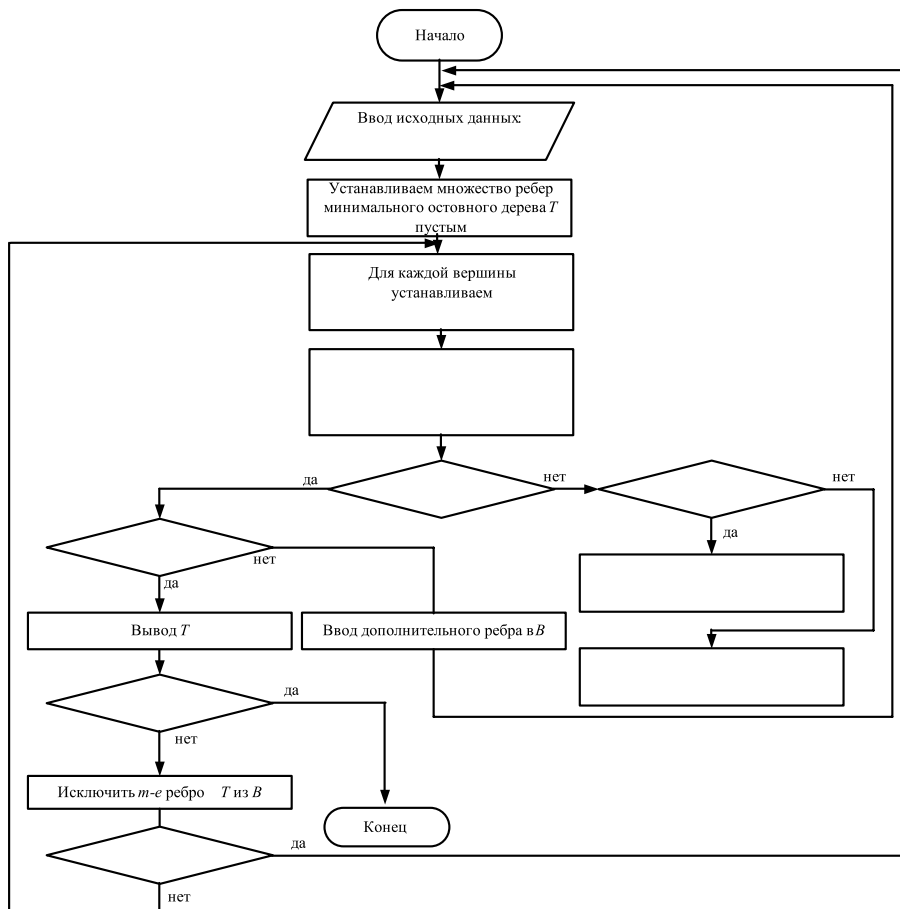


Рис. 6. Модифицированный алгоритм Прима

ГЕОИНФОРМАТИКА

Пример расчета реберно-независимых МОД на заданном фрагменте сети (см. рис. 2) приведен на рис. 7. Базируясь на первое реберно-независимое МОД, определяем путем поочередного удаления

ребер его производные остовные деревья. Расчет последующего реберно-независимого МОД осуществляется после удаления всех ребер предыдущего реберно-независимого МОД.

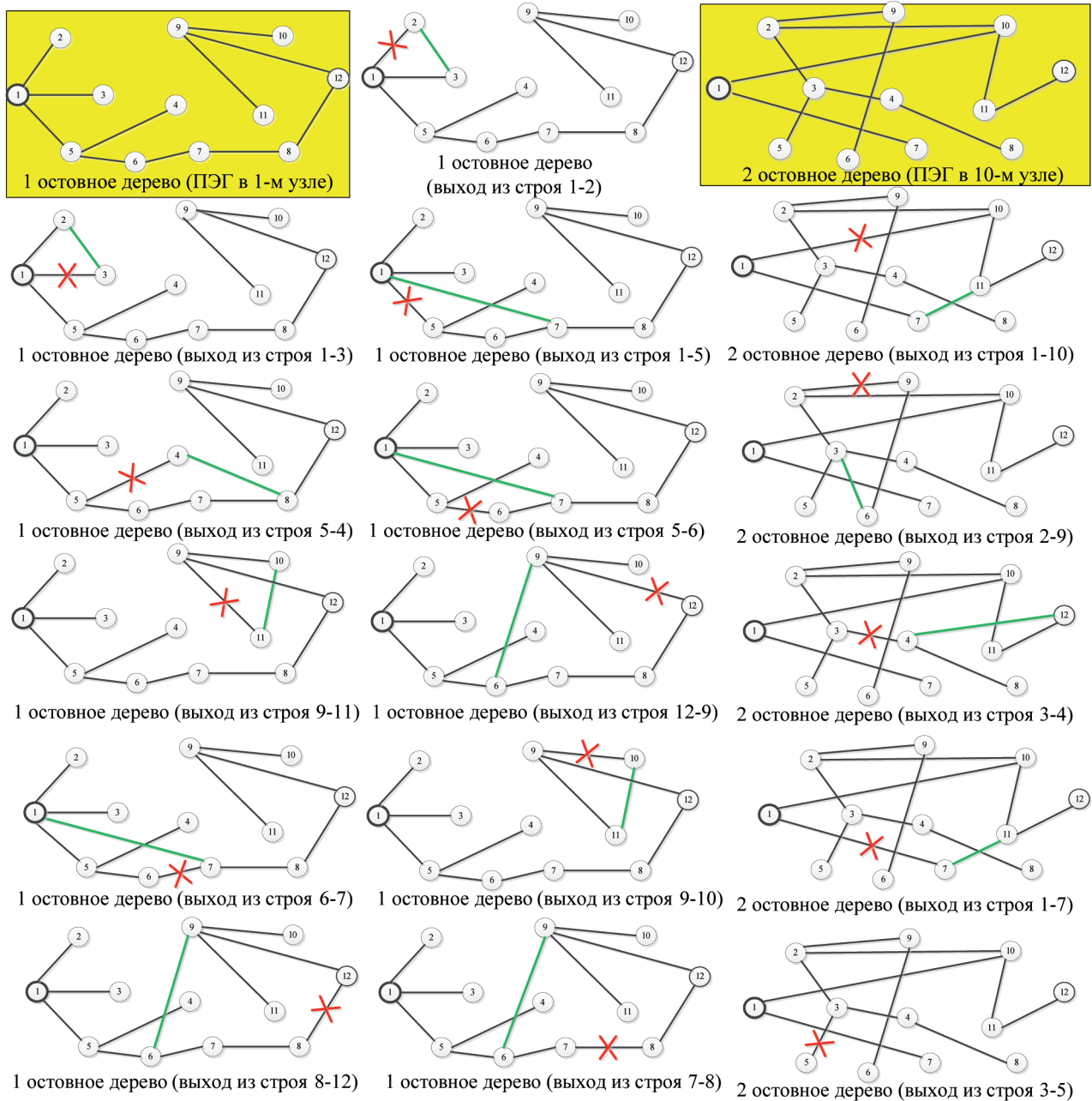


Рис. 7. Пример расчета реберно-независимых минимальных остовных деревьев и их производных

При удалении ребра 5–3 во втором реберно-независимом МОД производного остовного дерева не существует. В случае отсутствия любого реберно-независимого МОД производится ввод физически реализуемого ребра в структуру ТС ТКС. После ввода ребра повторяется расчет реберно-независимых МОД и их производных остовных деревьев.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В отличие от известных методик синтеза топологической структуры ТС ТКС распространения ГИ при задании требований к ее структурно-поточковой устойчивости совместно учитываются коэффициенты связности для геоинформационных потоков по вершинно-независимым путям, сигналов СТСС и СЕВ по реберно-независимым путям, что обеспечивает повышение устойчивости не только информационных направлений ТС, но и обеспечивающих подсистем. Для поиска вершинно-независимых путей распространения ГИ между КП ЛС предложен модифицированный алгоритм Йена. Заданное количество реберно-независимых путей передачи сигналов СТСС и СЕВ определяется с помощью разработанного модифицированного алгоритма Прима. Использование данных алгоритмов при синтезе структуры ТС ТКС распространения ГИ позволяет повысить ее структурную устойчивость в 1,5–2,7 раза.

Литература

1. Будылдина Н.В., Трибунский Д.С., Шувалов В.П. Оптимизация сетей с многопротокольной коммутацией по меткам. – М.: «Горячая линия – Телеком», 2010.
2. Ясинский С.А. Унифицированные математические модели для анализа и синтеза элементов телекоммуникационных сетей. – СПб.: Изд-во ВУС, 2003.
3. Чудаков А. М., Соловьев Б. И., Скоропад А. В. Обоснование подхода к решению задачи синтеза топологической структуры телекоммуникационной сети // Мат-лы II Международной научно-практической конференции «Исследование, разработка и применение высоких технологий в промышленности». – Т. 2. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2006.

**ИНСТИТУТ
ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ**

ИНСТИТУТ
ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ

- Разработка и создание средств связи, систем теле- и видеонаблюдения
- Создание ГИС-технологий
- Оказание картографических услуг
- Проведение сертификационных испытаний
- 3D-моделирование

ЗАО «Институт телекоммуникаций»
194100, Санкт-Петербург,
Кантемировская ул., д. 5/5,
тел.: (812) 740-77-07, факс: (812) 740-77-08