УДК 621.395.74: 519.85

И. В. Гребенник, А. Ю. Хабаров, Ю. А. Гриценко, Д. В. Иванов

ОПТИМИЗАЦИЯ ПУТИ СОЕДИНЕНИЯ ДВУХ ТОЧЕК ПРОВОДНОЙ СЕТИ ЭЛЕКТРОСВЯЗИ ПРИ ИНТЕРВАЛЬНОЙ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ДАННЫХ

Анализируется задача выбора наилучшего соединения двух точек проводной сети электросвязи по множеству критериев в условиях неопределенности. Строится интервальная многокритериальная математическая модель задачи, приводится метод ее решения.

ВВЕДЕНИЕ

Проводная сеть электросвязи как объект является сложной технической системой, бесперебойное и качественное функционирование которой обеспечивается постоянным решением множества задач самого разного уровня сложности и компетенции лица, принимающего решение (ЛПР). Одной из наиболее часто решаемых задач является определение технической возможности организации линии определенного качества между двумя точками сети электросвязи и выбора наилучшего (в смысле используемых критериев) пути для ее организации, если такая возможность есть [1].

С другой стороны, особенности реальной сети электросвязи связаны с высокой неопределенностью значений многих ее параметров. Это обусловлено невозможностью проведения точных измерений ряда характеристик сети. Во многих случаях информация о состоянии сети, содержащаяся в технической документации, стареет и в значительной степени отличается от описания реальной ситуации. Текущие изменения распределительной сети, связанные с ежедневной деятельностью линейных монтеров, не всегда своевременно и в полном объеме отражаются в технической документации, что существенно снижает общую достоверность сведений о состоянии сети [2, 3]. Указанные особенности, связанные с недостаточной информированностью ЛПР о реальном состоянии сети электросвязи, необходимо учитывать при проведении расчетов. Это в полной мере относится к решению задачи оптимизации пути соединения двух точек сети.

Для учета неопределенности при проведении расчетов на телефонной сети могут быть использованы различные средства. Одним из них является интервальный анализ [4], хорошо зарекомендовавший себя при математическом моделировании и решении задач различных классов в условиях неопределенности.

Настоящая статья посвящена продолжению исследований по оптимизации путей соединения двух точек сети электросвязи, описанных в [1], в случае учета неопределенности данных методами интервального анализа. Ее *целью* является решение задачи выбора оптимального пути соединения двух точек сети электросвязи при интервальной неопределенности исходных данных. Здесь и далее под интервальной неопределенностью понимается случай, когда некоторые исходные данные задачи заданы в интервальном виде.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Общую задачу построения соединения сформулируем следующим образом. Построить соединение заданного типа между двумя точками сети, удовлетворяющее набору ограничений и наиболее эффективное в смысле выбранных критериев $\{k_1, k_2, \ldots, k_n\}$. При этом значения критериев известны с точностью до некоторых интервалов $[a_i, b_i] \subset R^1$, $i \in J_n = \{1, 2, \ldots, n\}$.

В статье [1] данная задача решалась для случая, когда значения всех критериев эффективности точно известны. В качестве модели телефонной сети G предложено использовать объединение трех графов – графа капитальных сооружений (G_1), кабельного графа (G_2) и сигнального графа (G_3), $G = G_1 \cup G_2 \cup G_3$. Точкам сети электросвязи соответствуют вершины графа G_i, $i \in J_3$, а соединению точек – простая цепь в графе G_i, соединяющая две заданные вершины.

Система критериев оценки соединений, предложенная в [1], содержит электрические характеристики ребер и соединений, длины ребер, количество точек коммутации для соединения. При этом необходимо соблюдать ограничения технологического и экономического характера, подробно описанные в [1]. Далее будем полагать, что значения критериев точно не известны и находятся внутри некоторых интервалов.

Рассмотрим на примере сигнального графа G_3 следующие варианты задачи построения эффективного соединения между двумя вершинами сети:

а) соединить эффективным образом две заданные вершины сигнального графа, добавив отдельные ребра в допустимых местах. В терминах предметной области постановка задачи звучит так: организовать наиболее качественную в смысле выбранных интервальных критериев связь между двумя контакторами с учетом ограничений, при необходимости устанавливая кроссировки;

б) для заданной начальной вершины сигнального графа определить конечную вершину таким образом, чтобы для них существовало эффективное в соответствии с интервальными критериями соединение, а также собственно путь между ними с учетом ограничений. В терминах предметной области постановка задачи звучит так: определить возможность и трассу подключения абонента к одной из телефонных станций, имеющихся в сети, при этом трасса должна обладать характеристиками не хуже заданных;

в) для двух заданных вершин сигнального графа, для которых уже существует соединение, используя интервальные критерии, построить более эффективное, которое может включать в себя отдельные фрагменты прежнего соединения. В терминах предметной области постановка задачи звучит так: определить возможность улучшения характеристик рабочей линии до заданных величин путем расчета другой схемы коммутации с учетом ограничений.

Как видно из приведенных вариантов постановки задачи, их различие состоит только в способе задания соединяемых вершин (в случае (б) требуется предварительный расчет конечной вершины) и ограничений на характеристики проектируемого пути их соединения (в случае (в) они задаются с помощью значений соответствующих характеристик реально существующей линии).

Для решения сформулированных задач с другими типами соединений можно использовать аналогичный подход, реализуя подобные методы на соответствующих графах с применением выбранных критериев и учетом ограничений.

Поставленная задача на графе G_3 решается в несколько последовательных этапов:

1) предварительный (для задачи (б)). Определение по заданной начальной вершине множества вершин, обладающих свойствами, необходимыми для конечной вершины;

2) построение множества альтернатив соединения начальной и конечной вершин с возможным добавлением ребер-кроссировок в допустимых местах с учетом ограничений. Для задачи (б) по выбору ЛПР обрабатываются все допустимые пары или конкретная пара таких вершин;

3) определение наилучшего пути соединения начальной и конечной вершин в смысле системы интервальных критериев (с одновременным выбором конечной вершины для задачи (б), если она не была выбрана ЛПР на этапе 2).

ЭТАПЫ ОПТИМИЗАЦИИ

Рассмотрим подробнее указанные этапы для графа G_3.

Этап 1 может быть описан следующей последовательностью операций поиска конечной вершины:

а) проверить, удовлетворяет ли текущая вершина требованиям, предъявляемым для конечной вершины. Если да, то запомнить ее;

б) найти все вершины, достижимые из текущей после установки ребер-кроссировок и допустимые для использования в соединении;

в) найти все вершины, достижимые из текущей по кабельным сигнальным связям, допустимым для использования в соединении;

г) для найденных на шагах (б) и (в) вершин выполнить операции (а)–(г).

Результатом этапа является множество вершин графа G_3, которые могут выступать в качестве конечной для искомого соединения. ЛПР может выбрать одну или несколько из них для дальнейшего рассмотрения.

Этап 2 представляет собой построение множества путей (альтернатив) для последующего выделения на этапе 3 лучшего пути. В связи с чрезвычайно большой размерностью задачи нецелесообразно сразу выделять все допустимые пути. Рациональнее применить эвристику, суть которой состоит в следующем. Не анализируя качественных характеристик отдельных ребер сигнального графа, следует определиться с «направлениями» возможных путей. Под направлением понимается подмножество ребер графа G_3, соединяющее два подмножества вершин таких, что они могут быть сгруппированы по признаку соответствия вершине кабельного графа G_2. В терминах предметной области направлением является группа сигнальных связей (реализуемых кабелями между двумя кабельными терминаторами) между контактами, входящими в контакторы, принадлежащие указанным кабельным терминаторам. Поиск направлений происходит следующим образом:

а) проверить, входит ли конечная вершина в текущий контактор. Если да, то запомнить упорядоченное множество направлений до нее;

б) найти все контакторы, достижимые от текущего с помощью установки допустимых ребер-кроссировок;

в) найти все контакторы, достижимые от текущего с помощью ранее не анализированных направлений;

г) для найденных на шагах (б) и (в) контакторов выполнить операции (а)–(г).

Результатом этапа является множество направлений, из элементов которых могут быть построены допустимые соединения.

Этап 3 предназначен для итоговой оценки и сравнения альтернатив с целью поиска наилучшего соединения или соединения с характеристиками лучше заданных. Поскольку альтернативы представлены множеством направлений, то задачи поиска наилучшего пути в смысле системы интервальных критериев и поиска пути с характеристиками лучше заданных отличаются по своим постановкам и подходам к решению.

Для решения первой из задач применим следующий подход.

С целью математического моделирования задачи поиска наилучшего пути воспользуемся элементами теории интервального анализа и подходом, описанным в [5].

Пусть X – множество всех путей, соединяющих две выбранные вершины сети, $\mathbf{K} = \{\mathbf{k}_1(x), \mathbf{k}_2(x)\ldots, \mathbf{k}_n(x)\}$ – множество интервальных отображений [4] вида $\mathbf{k}_i{:}X \to \mathbf{E}_i \subset \mathbf{I}_s\mathbf{R}$, $i \in J_n$. Здесь $\mathbf{I}_s\mathbf{R} = I_sR \cup \overline{I_sR}$ – пространство центрированных интервалов, где

$$I_sR = \left\{\langle X\rangle = \langle x, v_x\rangle \,|\, x = \frac{a+b}{2} \in R^1, v_x = \right.$$
$$\left. = \frac{b-a}{2} \in R^1, [a, b] \subset R^1\right\},$$

$$\overline{I_sR} = \{\langle \bar{X}\rangle = \langle x, -v_x\rangle \,|\, \forall \langle X\rangle \in I_sR\},$$

$$\mathbf{E}_i = \{\langle X\rangle \in \mathbf{I_sR}{:}x \in R^1, |v_x| \le \delta_i\},$$

где δ_i – верхняя оценка «неопределенности» задания критерия $k_i(x)$.

Тогда задачу выбора единственного варианта организации соединения из множества X по множеству критериев в условиях интервальной неопределенности можно сформулировать в виде следующей оптимизационной задачи:

$$x^0 = \arg \operatorname*{extr}_{x \in X}\{\mathbf{k}_1(x), \mathbf{k}_2(x), \ldots, \mathbf{k}_n(x)\}, \qquad (1)$$

где экстремум понимается в смысле отношения порядка и способа определения максимума и минимума в пространстве $\mathbf{I_sR}$.

Замечание. В случае, когда для всех $\mathbf{k}_i(x) = \langle k_i(x), v_{k_i(x)}\rangle$ выполняется соотношение $v_{k_i(x)} = 0$, задача (1) представляет собой известную многокритериальную задачу выбора единственного элемента из множества X.

Отношение порядка в пространстве $\mathbf{I_sR}$ вводится следующим образом [6]:

$$\forall\langle X\rangle = \langle x, v_x\rangle \in \mathbf{I_sR},\ \ \forall\langle Y\rangle = \langle y, v_y\rangle \in \mathbf{I_sR},$$
$$(\langle X\rangle < \langle Y\rangle) \Leftrightarrow ((x < y) \vee (x = y) \wedge (v_x < v_y)),$$
$$(\langle X\rangle > \langle Y\rangle) \Leftrightarrow ((x > y) \vee (x = y) \wedge (v_x > v_y)),$$
$$(\langle X\rangle > \langle Y\rangle) \Leftrightarrow ((x > y) \vee (x = y) \wedge (x_x > v_y)),$$
$$(\langle X\rangle = \langle Y\rangle) \Leftrightarrow ((x = y) \wedge (v_x = v_y)). \qquad (2)$$

На основе (2) минимум из n интервальных чисел $\langle Z_1\rangle$, $\langle Z_2\rangle$, ..., $\langle Z_n\rangle$ определяется так:

$$\langle Z^*\rangle = \min\{\langle Z_1\rangle, \langle Z_2\rangle, \ldots, \langle Z_n\rangle\}, \qquad (3)$$

где

$$\langle Z^*\rangle = \langle z^*, v_z^* = \min_{i \in J_n} v_{z_i}\rangle,$$
$$\text{если } z_1 = z_2 = \ldots = z_n = z^*,$$

$$\langle Z^*\rangle = \langle z^* = z_{i_j} = \min_{i \in J_n} z_i, v_{z_i}\rangle,\ \ i_j \in J_n,\ \ j \in J_n,$$
$$\text{если } z_{i_j} \ne z_{i_k},\ \ i \in J_k,\ \ j \ne k,$$

$$\langle Z^*\rangle = \langle z^* = \min_{i \in J_n} z_i, v_z^* = v_{z_{i_j}} = \min_{k \in J_r} v_{z_{i_k}}\rangle,$$
$$\text{если } z_{i_1} = z_{i_2} = \ldots = z_{i_r} = z^*,$$

$$\{z_{i_1}, z_{i_2}, \ldots, z_{i_r}\} \subset \{z_1, z_2, \ldots, z_n\},\ \ 1 \le r < n.$$

Аналогичным образом определяется максимум из n интервалов. Данный подход к определению минимума (максимума) распространяется и на случай бесконечного множества центрированных интервалов.

Для поиска *наилучшего пути* можно использовать один из способов:

Способ 1. С использованием всех выбранных направлений строятся множество альтернатив X, в которое включаются все возможные варианты соединения заданной пары вершин, после чего все пути $x \in X$ оцениваются по интервальным критериям $\{\mathbf{k}_1(x), \mathbf{k}_2(x), \ldots, \mathbf{k}_n(x)\}$.

Суть решения задач оптимизации с интервальными функциями цели состоит в уменьшении диаметра (радиуса) интервала – значения функции цели. Для перехода к задачам минимизации интервальных функций введем интервальные отображения полезности $\mathbf{p}_i(x)$ частных критериев $\mathbf{k}_i \in \mathbf{K}$, $i \in J_n$, задачи (1) с целью нормализации интервальных критериев, следуя [6]. Интервальное отображение полезности $\mathbf{p}_i(x)$ частного критерия $\mathbf{k}_i(x)$ должно удовлетворять следующим требованиям:

1) $\mathbf{Y}_i = \{\mathbf{p}_i(x) | \langle 0, 0\rangle \le \mathbf{p}_i(x) \le \langle 1, v_{p_i}\rangle,\ x \in \mathbf{X}\}$;

2) $\mathbf{p}_i(x)$ инвариантно к размерности частного критерия $\mathbf{k}_i(x)$;

3) $\mathbf{p}_i(x)$ инвариантно к виду экстремума частного критерия $\mathbf{k}_i(x)$.

Последнее требование означает, что независимо от вида экстремума (минимум или максимум) частного критерия $\mathbf{k}_i(x)$, его наилучшему значению на множестве $\mathbf{X}$ должен соответствовать максимальный $((\mathbf{p}_i)(x) = \langle 1, v_{p_i}\rangle)$, а наихудшему – минимальный $(\mathbf{p}_i(x) = \langle 0, 0\rangle)$ результат отображения $\mathbf{p}_i(x)$. Здесь v_{p_i} определяется как радиус интервала, задающего максимальную полезность решения $x \in \mathbf{X}$, соответствующий δ_i.

Указанным требованиям отвечает интервальное отображение $\mathbf{p}_i(x)$ вида:

$$\mathbf{p}_i(x) = \left(\frac{\mathbf{k}_i(x) - \bar{\mathbf{k}}_i^-}{\mathbf{k}_i^+ - \bar{\mathbf{k}}_i^-}\right)^{\alpha_i}, \qquad (4)$$

где $\mathbf{k}_i(x)$ – значение частного критерия, $\mathbf{k}_i^+$, $\bar{\mathbf{k}}_i^-$ – соответственно наилучшее и наихудшее значение частного критерия $\mathbf{k}_i(x)$ на области допустимых решений $x \in \mathbf{X}$, при этом

$$\mathbf{k}_i^+ = \begin{cases} \max\limits_{x \in X} \mathbf{k}_i(x), \text{ если } \mathbf{k}_i(x) \to \max, \\ \min\limits_{x \in X} \mathbf{k}_i(x), \text{ если } \mathbf{k}_i(x) \to \min; \end{cases}$$

$$\mathbf{k}_i^- = \begin{cases} \max\limits_{x \in X} \mathbf{k}_i(x), \text{ если } \mathbf{k}_i(x) \to \max, \\ \min\limits_{x \in X} \mathbf{k}_i(x), \text{ если } \mathbf{k}_i(x) \to \min; \end{cases}$$

$\alpha_i \in R^1$ определяет характер нелинейности функции полезности $p_i(x)$ в детерминированном случае [6], $\bar{\mathbf{k}}_i^-$ – интервал, сопряженный интервалу $\mathbf{k}_i^-$ [4].

Рассмотрим интервальное отображение $\ddot{\mathbf{p}}_i(x)$ потери полезности частного критерия $\mathbf{k}_i \in \mathbf{K}$ как $\hat{\mathbf{p}}_i(x) = \langle 1, v_{p_i}\rangle - \bar{\mathbf{p}}_i(x)$, $\bar{\mathbf{p}}_i(x)$ – отображение, сопряженное отображению $\mathbf{p}_i(x)$ [4]. Очевидно, что независимо от вида экстремума частного критерия $\mathbf{k}_i(x)$, наилучшему результату отображения $\hat{\mathbf{p}}_i(x)$ соответствует минимальное значение $\langle 0, 0\rangle$, а наихудшему – $\langle 1, v_{p_i}\rangle$. В дальнейшем, ориентируясь на решение задач минимизации интервальных отображений, будем осуществлять выбор наилучшего решения из множества $\mathbf{X}$ с помощью интервальных оценок потери полезности $\hat{\mathbf{p}}_i(x)$.

Качество каждого соединения $x \in X$ может быть оценено путем формирования интервальных многофакторных оценок альтернатив на основе отображений обобщенной полезности альтернатив. При этом может быть учтено наличие у ЛПР данных о важности критериев. Рассмотрим следующие варианты [5]:

а) известны точные значения a_i коэффициентов относительной важности интервальных критериев $\mathbf{k}_1$, $\mathbf{k}_2$, …, $\mathbf{k}_n$, а, следовательно, их отображений локальной потери полезности $\ddot{\mathbf{p}}_i(x)$. Здесь

$$a_i \in R^1, \ \ 0 \le a_i \le 1, \ \ i \in J_n, \ \ \sum_{i=1}^{n} a_i = 1. \qquad (5)$$

Тогда аддитивная обобщенная интервальная оценка потери полезности примет вид:

$$\hat{\mathbf{P}}(x) = \sum_{i=1}^{n} a_i \cdot \hat{\mathbf{p}}_i(x), \qquad (6)$$

а решение задачи определяется как:

$$x^0 = \arg\min_{x \in X} \hat{\mathbf{P}}(x). \qquad (7)$$

Полученное решение x^0 соответствует минимальной в смысле соотношения (2) интервальной обобщенной оценке потери полезности альтернатив $x \in \mathbf{X}$;

б) значения коэффициентов относительной важности интервальных критериев $\mathbf{k}_1$, $\mathbf{k}_2$, …, $\mathbf{k}_n$ известны с точностью до интервалов вида

$$\alpha_i = [\alpha_{i_{\min}}, \alpha_{i_{\max}}], \ \ i \in J_n. \qquad (8)$$

Каждому интервалу вида (8) поставим в соответствие центрированный интервал $\langle A_i\rangle = \langle a_i, v_{a_i}\rangle \in \mathbf{I_sR}$, $i \in J_n$, [4] следующим образом:

$$\langle A_i\rangle \Leftrightarrow [a_i - v_{a_i}, a_i - v_{a_i}] = [\alpha_{i_{\min}}, \alpha_{i_{\max}}],$$

где

$$a_i = \frac{1}{2}(\alpha_{i_{\min}} + \alpha_{i_{\min}}), \ \ v_{a_i} = \frac{1}{2}(\alpha_{i_{\max}} - \alpha_{i_{\min}}).$$

С учетом нормализованных интервальных коэффициентов относительной важности интервальных критериев соотношения, аналогичные (6), (7), примут вид

$$\hat{\mathbf{P}}(x, A^{\text{н}}) = \sum_{i=1}^{n} \langle A_i^{\text{н}}\rangle * \hat{\mathbf{p}}_i(x),$$

$$x^0 = \arg\min_{x \in \mathbf{X}} \hat{\mathbf{P}}(x, A^{\text{н}}),$$

где $A^{\text{н}} = (\langle A_1^{\text{н}}\rangle, \langle A_2^{\text{н}}\rangle, \ldots, \langle A_n^{\text{н}}\rangle) \in \mathbf{I_s^nR}$, $\langle A_1^{\text{н}}\rangle = \langle a_i^{\text{н}}, v_i^{\text{н}}\rangle$,

$$a_i^{\text{н}} = \frac{1}{\Delta_i}\left(a_i \sum_{i=1}^{n} a_i + v_{a_i} \sum_{i=1}^{n} v_{a_i}\right), \ \ v_i^{\text{н}} = \frac{1}{\Delta_i}\left(v_{a_i} \sum_{i=1}^{n} a_i + v_i \sum_{i=1}^{n} v_{a_i}\right),$$

$$\Delta_i = \frac{1}{\left(\sum\limits_{i=1}^{n} a_i\right)^2 - \left(\sum\limits_{i=1}^{n} v_{a_i}\right)^2}, \qquad \langle 0, 0\rangle \le \langle A_i^{\text{н}}\rangle \le \langle a^{\text{н}}, v_a^{\text{н}}\rangle,$$

$i \in J_n$;

в) количественные значения весовых коэффициентов относительной важности критериев неизвестны, но интервальные критерии упорядочены по важности, например, следующим образом:

$$\mathbf{k}_1 \succ \mathbf{k}_2 \succ \ldots \succ \mathbf{k}_n.$$

Такое задание предпочтений частных критериев означает, что $\langle A_1\rangle > \langle A_2\rangle > \ldots > \langle A_n\rangle$.

В этой ситуации используется принцип последовательной оптимизации, в соответствии с которым из двух решений $u \in \mathbf{X}$, $v \in \mathbf{X}$ первое предпочтительно, т. е. $\mathbf{u} \succ \mathbf{v}$, если

$$\mathbf{p}_1(u) < \mathbf{p}_1(v)$$

$$\text{или } (\mathbf{p}_1(u) = \mathbf{p}_1(v)) \wedge (\mathbf{p}_2(u) < \mathbf{p}_2(v))$$

$$\text{или } (\mathbf{p}_1(u) = \mathbf{p}_1(v)) \wedge (\mathbf{p}_2(u) = \mathbf{p}_2(v)) \wedge (\mathbf{p}_3(u) < \mathbf{p}_3(v))$$

и т. д.

$\exists t \in J_{n-1}$, такое что $(\mathbf{p}_j(u) = \mathbf{p}_j(v), j \in J_t) \wedge \mathbf{p}_{t+1}(u) < \wedge (\mathbf{p}_{t+1}(v))$.

Выбор решения сводится к решению последовательности однокритериальных задач:

$$x_i^0 = \operatorname{Arg} \min_{x \in X_{i-1}^0} \hat{\mathbf{p}}_i(x),$$

здесь $i \in J_n$, $\mathbf{X}_0^0 \equiv \mathbf{X}$;

г) информация о предпочтениях относительно критериев $\mathbf{k}_1$, $\mathbf{k}_2$, ..., $\mathbf{k}_n$, а, следовательно, и о коэффициентах a_i, $i \in J_n$, отсутствует.

В этом случае следует использовать модель вида

$$x^0 = \arg \min_{x \in X} \max_{i = 1, 2, ..., n} \hat{\mathbf{p}}_i(x).$$

Способ 2. В отличие от способа 1, который заключается в многокритериальной оценке соединений заданных вершин, данный способ предполагает предварительную оценку ребер по множеству соответствующих критериев. На основе значений множества критериев для каждого ребра формируется оценка многофакторной эффективности, которая далее рассматривается как вес ребра. Формирование интервальной многофакторной оценки производится по тем же правилам, что и в способе 1. Затем с использованием всех выбранных направлений в сигнальный граф добавляются все допустимые ребра-кроссировки. Их веса полагаются равными нулю, поскольку кроссировки не оказывают какого-либо заметного влияния на качество всей линии из-за их небольшой длины и хороших электрических характеристик. На полученном графе для заданной пары вершин с помощью известных методов [7] ищется критический путь, после чего он проверяется на соответствие ограничениям. В случае, когда найденный критический путь является недопустимым, можно попытаться смягчить некоторые из технологических ограничений. Описанный способ, хотя и не всегда приводит к решению, требует значительно меньших вычислительных затрат, чем способ 1.

Таким образом, способ 2 рекомендуется для быстрого приближенного решения задачи, тогда как способ 1 используется для отыскания лучшего из всех допустимых решений.

Для поиска пути с характеристиками лучше заданных производится последовательная генерация путей в рамках направлений с одновременной оценкой и сравнением с лучшим из найденных ранее. Если рассматриваемый путь лучше, он запоминается и перебор продолжается.

ВЫВОДЫ

Таким образом, в работе проведен анализ требований, возникающих при решении задачи поиска технической возможности организации линии между двумя точками сети и выбора наилучшего пути для ее подключения в условиях неопределенности. Разработана интервальная математическая модель на основе известных интервальных многофакторных оценок альтернатив.

В отличие от существующих частных моделей, предложенная интервальная модель позволяет применить единую методологическую и алгоритмическую базу при решении задач оптимизации соединений проводных сетей связи в условиях неопределенности.

ПЕРЕЧЕНЬ ССЫЛОК

1. *Гребенник И. В.* Оптимизация пути соединения двух точек проводной сети электросвязи / Гребенник И. В., Хабаров А. Ю. // АСУ и приборы автоматики. – 2002. – № 120. – С. 38–44.
2. *Драмашко И. А.* Актуальные проблемы автоматизации технического учета / Драмашко И. А., Крижевский В. С., Кокорин А. Б. // Зв'язок. – 1998. – № 3. – С. 43–46.
3. *Воробієнко П. П.* Формування технічних вимог до міських мереж / Воробієнко П. П., Лейбзон А. Я., Нечипорук О. Л., Чумак М. О. // Зв'язок. – 2002. – № 2. – С. 16–21.
4. *Стоян Ю. Г.* Метрическое пространство центрированных интервалов / Стоян Ю. Г. // Докл. НАН Украины. Сер. А. – 1996. – № 7. – С. 23–25.
5. *Гребенник И. В.* Интервальное оценивание альтернатив в задачах принятия решений / Гребенник И. В., Романова Т. Е., Шеховцов С. Б. // Кибернетика и системный анализ. – 2009. – № 2. – С. 106–115.
6. *Овезгельдыев А. О.* Синтез и идентификация моделей многофакторного оценивания и оптимизации / Овезгельдыев А. О., Петров Э. Г., Петров К. Э. – Киев : Наук. думка, 2002.–164 с.
7. Алгоритмы и программы решения задач на графах и сетях / Под ред. М. И. Нечепуренко. – Новосибирск : Наука, Сиб. отд., 1990. – 520 с.

Надійшла 27.03.2009

Аналізується задача вибору найкращого з'єднання двох точок провідної мережі електрозв'язку за множиною критеріїв в умовах невизначеності. Будується інтервальна багатокритеріальна математична модель задачі, наводиться метод її розв'язання.

The problem of selection of the best connection between two points of the communication network by the set of criteria under uncertainty is analyzed. The multi-criterion interval model of the problem is constructed; the method of its solving is given.