

ПОСТРОЕНИЕ ДЕРЕВА КРАТЧАЙШИХ РАССТОЯНИЙ МИНИМАЛЬНОЙ СТОИМОСТИ

В статье рассматриваются методы скаляризации (свёртки) весов для задачи построения дерева кратчайших расстояний минимальной стоимости.

ВВЕДЕНИЕ

В геоинформационных системах часто возникает задача маршрутизации по нескольким критериям. Например, в транспортной сети с векторными весами дуг, представляющими расстояние и стоимость, необходимо найти компромиссное решение, позволяющее эффективно учитывать оба этих критерия. Известный алгоритм построения максимального потока минимальной стоимости [1] не подходит для нашего случая. Перспективным является поиск компромиссного решения через скаляризацию (свёртку) векторных весов дуг транспортной сети.

I. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Предположим, что в транспортной сети каждое ребро (дуга) имеет два веса: d_{ij} - расстояние в километрах и c_{ij} - стоимость в денежных единицах. Понятно, что дерево кратчайших расстояний и дерево маршрутов минимальной стоимости в общем случае не совпадут. Как же получить компромиссное решение? Ключевым моментом в получении компромиссного решения является способ свёртки векторных весов дуг; этих способов достаточно много и все они теоретически базируются на подходе, связанном с весовыми коэффициентами. Рассмотрим два основных подхода к свёртке весов: линейная комбинация весов и нормализация весов [2].

II. ЛИНЕЙНАЯ КОМБИНАЦИЯ ВЕСОВ

Этот метод заключается в линейной комбинации двух весов (расстояния d_{ij} и стоимости c_{ij}) с использованием коэффициента важности (полезности) λ (где $0 \leq \lambda \leq 1$):

$$w_{ij} = \lambda d_{ij} + (1 - \lambda)c_{ij} = \lambda_1 d_{ij} + \lambda_2 c_{ij}. \quad (1)$$

Если λ (λ_1) ближе к 1, то при работе алгоритма больший вес приобретает расстояние; в противном случае (λ ближе к 0) - стоимость проезда (λ_2), т.е. выбор зависит от приоритетов критериев. К этому методу близок метод взвешенного суммирования для сбалансированности разных критериев, например, стоимости:

$$w_{ij} = \lambda d_{ij} + (1 - \lambda)(1 - c_{min}/c_{ij}), \quad (2)$$

Служалик Владимир Юльевич, магистрант кафедры информационных технологий автоматизированных систем БГУИР, sluzhalik@bsuir.by.

Научный руководитель: Севернёв Александр Михайлович, кандидат технических наук, доцент, severnev@bsuir.by.

где c_{min} - минимальная стоимость среди всех стоимостных весов дуг, что позволяет добавить ранжирование по стоимости - чем больше стоимость, тем больший «довесок» она вносит в скалярный вес дуги. Недостатком этих методов является то, что у нас «суммируются» либо веса с различными единицами измерения (км и ден. ед.), либо к одной единице измерения добавляется безразмерная величина.

III. НОРМАЛИЗАЦИЯ ВЕСОВ

В этом методе сначала производится нормализация обоих весов к единому диапазону (например, от 0 до 1), а затем их комбинация с весовыми коэффициентами:

$$d'_{ij} = \frac{d_{ij} - d_{min}}{d_{max} - d_{min}}, c'_{ij} = \frac{c_{ij} - c_{min}}{c_{max} - c_{min}}, \quad (3)$$

$$\omega_{ij} = \lambda d'_{ij} + (1 - \lambda)c'_{ij} = \lambda_1 d'_{ij} + \lambda_2 c'_{ij}, \quad (4)$$

где d_{min}, d_{max} - минимальное и максимальное расстояния, а c_{min}, c_{max} - минимальная и максимальная стоимость среди всех дуг сети.

Этот метод более предпочтителен, так как веса приводятся к единой безразмерной шкале, что делает результаты более объективными. Выбор значения $\lambda()$.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, в графе транспортной сети векторные веса рёбер заменяются на скалярные веса $\omega_{ij}, \dots, (*, \wedge)$, [3].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1] Ху, Т. Целочисленное программирование и потоки в сетях. - М.: Мир, 1974. - С. 212-215.

[2] Системный анализ и принятие решений в проектной и управленческой деятельности: учеб.-метод. пособие / Б. В. Никульшин [и др.]. - Минск: БГУИР, 2021. - 72 с.

[3] Coley H.W., Moon J.D. Shortest paths in networks with vector weights. // J. Optim. Theory and Appl., 1985, v.46, № 1, p.79-86.