НЕЧЁТКАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ АЭРОПОРТОВОЙ СЕТИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ НА БАЗЕ ФОРМИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ ПАССАЖИРСКИХ ХАБОВ

© 2012 Романенко В.А.

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королёва (национальный исследовательский университет)

FUZZY OPTIMIZATION OF THE RUSSIAN FEDERATION AEROPORT NETWORK BASED ON PASSENGER HUBS SYSTEM FORMATING

© 2012 Romanenko V.A.

The problem of search of optimum structure of the in-Russian airlines network formed based on hub airports system is considered. Criterion of optimality is the passenger transportation cost price minimum. Fuzzy numbers sets the volume of passenger traffic between pairs the airports. The number and structure of the hub airports set is certain.

Пассажирский узловой аэропорт (пассажирский хаб) представляет собой крупный стыковочный авиатранспортный узел, ориентированный на эффективное обслуживание большого объема трансферных пассажирских перевозок. Необходимость формирования сети хабов как основы авиатранспортной системы РФ была признана на правительственном уровне в Транспортной стратегии РФ на период до 2020 г.

Ниже изложено решение задачи формирования оптимальной структуры сети внутрироссийских авиалиний на базе системы хабов. В качестве социально значимого критерия оптимальности принят минимум средней себестоимости перевозки одного авиапассажира.

Рассмотрена система, состоящая из 152 аэропортов РФ, обслуживающих сколь-нибудь заметный пассажиропоток. Множество аэропортов разбито на два подмножества, первое из которых включило хабы, второе – все остальные («периферийные») аэропорты. Исследован предельный случай, предполагающий следующие допущения:

1) прямые авиалинии установлены между всеми хабами;

2) прямые авиалинии между периферийными аэропортами отсутствуют;

3) каждый периферийный аэропорт связан авиалинией только с одним их хабов.

Введение допущений позволило разбить множество периферийных аэропортов на ряд непересекающихся подмножеств по числу хабов в соответствии с признаком принадлежности к области тяготения того или иного хаба.

Задача предусматривала определение оптимального числа и состава элементов множества хабов, а также распределение периферийных аэропортов по подмножествам принадлежности к областям тяготения хабов.

Учитывалось влияние на себестоимость перевозки на авиалинии ряда факторов, среди которых наиболее значимыми являются мощность пассажиропотока, дальность перевозки, частота выполнения рейсов, стоимость авиатоплива, а также уровень авиатранспортных сборов. Ключевую роль в определении величины большинства из этих факторов играет выбор типа самолета, выполняющего рейсы на рассматриваемой линии. Таким образом, задачи формирования сети хабов, оптимальной по минимуму себестоимости перевозки, и определения необходимого состава авиапарка перевозчиков решаются совместно.

В сформированной для решения оптимизационной задачи модели

использовались следующие исходные данные: расстояния между аэропортами; величины основных аэропортовых и аэронавигационных тарифов и сборов; стоимость авиатоплива; лётно-технические и коммерческие характеристики ВС ряда наиболее характерных для отечественных авиакомпаний типов; технические возможности аэропортов по приёму ВС заданных типов; уровень пассажиропотока между аэропортам.

Источником данных об уровне пассажиропотока служила информация об объёмах перевозок между пунктами полёта по примерно 2.5 тыс. внутренних линий РФ за 2000-2007 гг., предоставленная Транспортной клиринговой палатой. С учётом широкого разброса в значениях, было предложено число пассажиров, перевозимых из аэропорта *i* в аэропорт *j*, считать нечётким треугольным числом: $\widetilde{d}_{ij} = \left(d_{ij}^L, d_{ij}^M, d_{ij}^R\right)$, где $d_{ij}^L, d_{ij}^M, d_{ij}^R$ - наименьшее, среднее и наибольшее значения пассажиропотока, соответственно, определяемые по статистике за 2000-2007 гг.

Использование нечётких исходных данных приводит к нечёткости целевой функции, в роли которой выступает средняя себестоимость перевозки одного пассажира *C*. Определение оптимальной нечёткой целевой функции в соответствии с принципом обобщения Заде [1], требующее решения многокритериальной задачи, весьма трудоёмко. Поэтому, чтобы упростить решение, было введено предположение о том, что средняя себестоимость перевозки пассажира также является нечётким треугольным числом вида: $\widetilde{C} = \left(C^L, C^M, C^R\right)$, где C^L, C^M, C^R - наименьшее, среднее и наибольшее значения *C*, соответственно. Учитывалась обратная зависимость себестоимости перевозки от уровня пассажиропотока на авиалинии. Перечисленные допущения позволили свести процедуру определения нечёткого числа $\widetilde{C}$ к последовательному решению трёх оптимизационных задач. Первая из задач предполагала поиск оптимальной величины C^L для набора d_{ij}^R ($i, j = 1,...,n$, где $n = 152$ - общее число аэропортов), вторая – поиск оптимальной величины C^M для d_{ij}^M и, наконец, третья – поиск оптимальной величины C^R для d_{ij}^L. Для сравнения получаемых в ходе оптимизации решений использовалось преобразование нечёткого числа в чёткое - дефаззификация - по методу центра тяжести.

Результаты решения задачи, содержащие оптимальное и ряд промежуточных значений, представлены на рис.1. Здесь каждая точка обозначает минимальную взвешенную (т.е. подвергнутую процедуре дефаззификации) среднюю себестоимость перевозки пассажира, соответствующую определенному сочетанию хабов. Как следует из рисунка, глобальный минимум достигается при использовании пяти хабов. Отметим, что на рис.1 приведены величины взвешенной себестоимости, отнесённые к её значению, соответствующему глобальному минимуму.

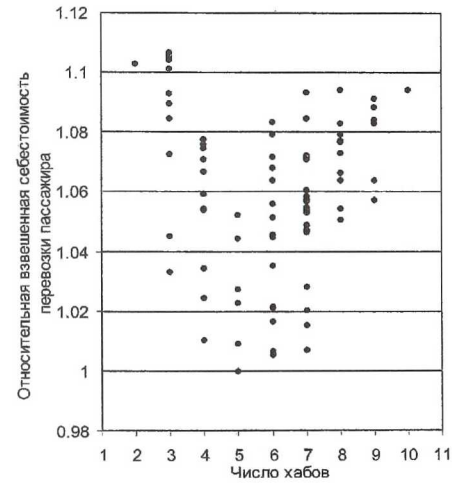

Рис.1

Минимум взвешенной средней себестоимости перевозки пассажира обеспечивает система хабов, включающая аэропорты Москвы (Московский аэроузел рассматривается как единый хаб), Новосибирска, Красноярска, Екатеринбурга и Хабаровска.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Зайченко Ю.П. Исследование операций: Нечёткая оптимизация. – Киев.: Выща шк., 1991. – 191 с.