

НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ И АНАЛИТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

Журнал выходит 4 раза в месяц

РЕГИОНАЛЬНАЯ [®] ЭКОНОМИКА

ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА

Построение кратчайшей сети дорог
с использованием трехточечной задачи
Штейнера

Анализ производственного потенциала
Ставропольского края

Производительность труда
в сельском хозяйстве
Пензенской области

Комплексная статистическая оценка
алкогольной безопасности
муниципальных образований

Роль рынка обеспечения нефтепродуктами
в региональном воспроизводстве



24 (399) – 2015
июнь

РЕГИОНАЛЬНАЯ ЭКОНОМИКА®

ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА

24 (399)
ИЮНЬ 2015

Научно-практический и аналитический журнал

Основан в 2003 году
Журнал выходит 4 раза в месяц
Статьи рецензируются

Журнал рекомендован ВАК Минобрнауки России для публикации научных работ, отражающих основное научное содержание кандидатских и докторских диссертаций
Журнал реферируется в ВИНТИ РАН
Журнал включен в Российский индекс научного цитирования (РИНЦ)
Журнал зарегистрирован в Министерстве Российской Федерации по делам печати, телерадиовещания и средств массовых коммуникаций. Свидетельство ПИ № 77-14700 от 17 февраля 2003 г.

Учредитель:

ООО «Издательский дом ФИНАНСЫ И КРЕДИТ»
Юр. адрес: 111141, г. Москва, Зелёный проспект, д.8, кв. 1
Факт. адрес: 111397, г. Москва, Зелёный проспект, д. 20
Почтовый адрес: 111401, г. Москва, а/я 10

Издатель:

ООО «Информсервис»
Юр. адрес: 115093, г. Москва, Щипковский 1-й пер., д.11/13, корп.2
Факт. адрес: 111397, г. Москва, Зелёный проспект, д. 20

Редакция журнала:

Факт. адрес: 111397, г. Москва, Зелёный проспект, д. 20
Почтовый адрес: 111401, г. Москва, а/я 10
Тел.: +7 (495) 989-9610
E-mail: post@fin-izdat.ru
Website: http://www.fin-izdat.ru

Генеральный директор: **В.А. Горохова**
Управляющий директор: **А.К. Смирнов**

Главный редактор: **Л.А. Чалдаева**, доктор экономических наук, профессор, Москва, Российская Федерация

Зам. главного редактора:

Н.Э. Бабичева, доктор экономических наук, доцент, Воронеж, Российская Федерация
В.О. Гридин, Москва, Российская Федерация
В.В. Меженина, Москва, Российская Федерация

Редакционный совет:

И.Е. Бельских, доктор экономических наук, профессор, Волгоград, Российская Федерация
М.Н. Дудин, доктор экономических наук, профессор, Москва, Российская Федерация
В.В. Климанов, доктор экономических наук, Москва, Российская Федерация
Н.Н. Минаев, доктор экономических наук, профессор, Томск, Российская Федерация
И.А. Морозова, доктор экономических наук, профессор, Волгоград, Российская Федерация
К.В. Павлов, доктор экономических наук, профессор, Ижевск, Российская Федерация
В.Ю. Пашкус, доктор экономических наук, доцент, Санкт-Петербург, Российская Федерация
Ю.Н. Сагидов, доктор экономических наук, профессор, Махачкала, Российская Федерация
Л.А. Третьякова, доктор экономических наук, профессор, Белгород, Российская Федерация
И.В. Шевченко, доктор экономических наук, профессор, Краснодар, Российская Федерация

Ответственный секретарь: **И.Л. Селина**

Перевод и редактирование: **О.В. Яковлева, И.М. Вечканова**

Веб-разработка: **А.А. Клюкин**

Контент-менеджеры: **В.И. Романова, Е.И. Попова**

Менеджмент качества: **А.Ю. Садкус, А.В. Бажанов**

Верстка: **М.С. Гранильщикова**

Корректор: **А.М. Лейбович**

Подписка и реализация: **Р.Р. Гуськова**

Подписано в печать 23.06.2015

Выход в свет 25.06.2015

Формат 60х90 1/8. Объем 8,0 п.л. Тираж 1 320 экз.

Отпечатано в ООО «КТК»

Юр. адрес: 141290, Российская Федерация, Московская обл., г. Красноармейск, ул. Свердлова, д. 1

Тел.: +7 (496) 588-0866

Подписка:

Агентство «Урал-пресс»

Агентство «Роспечать» – индекс 82327

Объединенный каталог «Пресса России» – индекс 15089

Свободная цена

Журнал доступен в EBSCOhost™ databases

Электронная версия журнала: <http://elibrary.ru>, <http://dilib.ru>, <http://biblioclub.ru>

Точка зрения редакции не всегда совпадает с точкой зрения авторов публикуемых статей

Перепечатка материалов и использование их в любой форме, в том числе и в электронных СМИ, возможны только с письменного разрешения редакции

Редакция приносит извинения за случайные грамматические ошибки

© ООО «Издательский дом ФИНАНСЫ И КРЕДИТ»

СОДЕРЖАНИЕ

ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

Исавнин А.Г., Шарипов Р.Ш. Построение кратчайшей сети дорог на однородной территории с использованием трехточечной задачи Штейнера (на примере Чистопольского района Республики Татарстан) 2

УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ РЕГИОНОВ

Степаненко М.А. Анализ производственного потенциала Ставропольского края 11

ИННОВАЦИИ И ИНВЕСТИЦИИ

Веретенникова О.В. Методические подходы к оценке эффективности использования инвестиций для воспроизводства регионального социума 23

АГРОПРОМЫШЛЕННЫЙ КОМПЛЕКС

Столярова О.А. Производительность труда в сельском хозяйстве Пензенской области 35

СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ПОЛИТИКА

Шихова О.А. Комплексная статистическая оценка алкогольной безопасности муниципальных образований Вологодской области 45

ЛОКАЛЬНЫЕ РЫНКИ

Лобова С.В., Евтушенко Н.В. Роль рынка обеспечения нефтепродуктами в региональном воспроизводстве 54

REGIONAL ECONOMICS

THEORY AND PRACTICE

ISSUE 24
JUNE 2015

A peer reviewed analytical and practical journal

Since 2003
4 issues per month

The journal is recommended by VAK (the Higher Attestation Commission) of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation to publish scientific works encompassing the basic matters of theses for advanced academic degrees
Indexing in Referativnyi Zhurnal VINITI RAS
Included in the Russian Science Citation Index (RSCI)
Registration Certificate ПИ № 77-14700 of February 17, 2003 by the Ministry of Press, Broadcasting and Mass Communications of the Russian Federation

Founder:

Publishing house FINANCE and CREDIT
Office: 111397, Zelenyi prospect 20, Moscow, Russian Federation
Post address: 111401, P.O. Box 10, Moscow, Russian Federation
Telephone: +7 495 989 9610

Publisher:

Informservice, Ltd.
Office: 111397, Zelenyi prospect 20, Moscow, Russian Federation
Post address: 111401, P.O. Box 10, Moscow, Russian Federation
Telephone: +7 495 989 9610

Editorial:

Office: 111397, Zelenyi prospect 20, Moscow, Russian Federation
Post address: 111401, P.O. Box 10, Moscow, Russian Federation
Telephone: +7 495 989 9610
E-mail: post@fin-izdat.ru
Website: <http://www.fin-izdat.ru>

Director General: **Vera A. Gorokhova**
Managing Director: **Aleksey K. Smirnov**

Editor-in-Chief: **Larisa A. Chaldaeva**, Financial University under Government of RF, Moscow, Russian Federation

Deputy Editors:

Nadezhda E. Babicheva, Voronezh State University, Voronezh, Russian Federation
Veniamin O. Gridin, Moscow, Russian Federation
Vera V. Mezhenina, Moscow, Russian Federation

Editorial Council:

Igor' E. Bel'skikh, Volgograd State Technical University, Volgograd, Russian Federation
Mikhail N. Dudin, Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration, Moscow, Russian Federation
Vladimir V. Klimanov, Institute for Systems Analysis, RAS, Moscow, Russian Federation
Nikolai N. Minaev, Tomsk State University of Architecture and Building, Tomsk, Russian Federation
Irina A. Morozova, Volgograd State Technical University, Volgograd, Russian Federation
Konstantin V. Pavlov, Kama Institute of Humanities and Engineering Technology, Izhevsk, Russian Federation
Vadim Yu. Pashkus, St. Petersburg State University, St. Petersburg, Russian Federation
Yurii N. Sagidov, Institute for Social and Economic Research, DSC RAS, Makhachkala, Russian Federation
Larisa A. Tret'yakova, Belgorod National Research University, Belgorod, Russian Federation
Igor' V. Shevchenko, Kuban State University, Krasnodar, Russian Federation

Executive Editor: Inna L. Selina

Translation and Editing: **Olga V. Yakovleva**, **Irina M. Vechkanova**

Web Development: **Anton A. Klyukin**

Content Managers: **Valentina I. Romanova**, **Elena I. Popova**

Quality Management: **Alexandr Yu. Sadkus**, **Andrey V. Bazhanov**

Layout Designer: **Marina S. Granil'shchikova**

Proofreader: **Alla M. Leibovich**

Sales and Subscription: **Ravilya R. Gus'kova**

Printed by KTK, Ltd., 141290, Sverdlov St., 1, Krasnoarmeysk, Russian Federation

Telephone: +7 496 588 0866

Published June 25, 2015. Circulation 1 320

Subscription:

Ural-Press Agency
Rospechat Agency
Press of Russia Union Catalogue

Online version:

EBSCOhost™ databases

Scientific electronic library: <http://elibrary.ru>

University Library Online: <http://biblioclub.ru>

Not responsible for the authors' personal views in the published articles

This publication may not be reproduced in any form without permission

All accidental grammar and/or spelling errors are our own

© Publishing house FINANCE and CREDIT

CONTENTS

ECONOMIC-MATHEMATICAL MODELING

- Isavnin A.G., Sharipov R.Sh.* Building the shortest road network in homogeneous territories using the three-point Steiner tree problem (the Chistopolsky district of the Republic of Tatarstan case) 2

SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF REGIONS

- Stepanenko M.A.* Analysis of the productive capacity of the Stavropol Krai 11

INNOVATION AND INVESTMENT

- Veretennikova O.V.* Methodological approaches to the assessment of the effectiveness of use of investment in regional society 23

AGRO-INDUSTRIAL COMPLEX

- Stolyarova O.A.* Labor productivity in agriculture of the Penza region 35

SOCIOECONOMIC POLICY

- Shikhova O.A.* A comprehensive statistical assessment of alcohol safety of the Vologda region municipalities 45

LOCAL MARKETS

- Lobova S.V., Evtushenko N.V.* The role of the petroleum products supply market in a regional reproduction

ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

УДК 330.4

ПОСТРОЕНИЕ КРАТЧАЙШЕЙ СЕТИ ДОРОГ НА ОДНОРОДНОЙ ТЕРРИТОРИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТРЕХТОЧЕЧНОЙ ЗАДАЧИ ШТЕЙНЕРА (НА ПРИМЕРЕ ЧИСТОПОЛЬСКОГО РАЙОНА РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН)

Алексей Геннадьевич Исавнин,

доктор физико-математических наук,
профессор кафедры математических методов в экономике,
Набережночелнинский институт (филиал)
Казанского (Приволжского) федерального университета,
Набережные Челны, Российская Федерация
isavnin@mail.ru

Радик Шамилович Шарипов,

аспирант кафедры производственного менеджмента,
Набережночелнинский институт (филиал)
Казанского (Приволжского) федерального университета,
Набережные Челны, Российская Федерация
radik@sharipov.com

Предмет/тема. Статья посвящена проблеме соединения нескольких населенных пунктов системой дорог таким образом, чтобы по этим дорогам можно было из каждого пункта добраться в любой другой, причем длина пути должна быть минимальной. Рассмотрена возможность соединения ряда населенных пунктов Чистопольского района Республики Татарстан кратчайшей сетью дорог на основе трехточечной задачи Штейнера.

Цели/задачи. Целью статьи является практическое применение задачи Штейнера в разработке и построении сетей кратчайших дорог на однородной территории на примере нескольких населенных пунктов Чистопольского района Республики Татарстан.

Методология. Исследование проведено с помощью трехточечной задачи Штейнера.

Результаты. Рассмотрена возможность практического использования задачи Штейнера при проектировании и реконструкции автомобильных дорог, получена новая сеть дорог минимальной длины. Для примера рассмотрено соединение нескольких населенных пунктов Чистопольского района Республики Татарстан (с. Старое Иванаево, с. Белая Гора и пос. Николаевка). Обоснована экономия бюджетных средств за счет сокращения длины пути и уменьшения затрат на дорожное строительство. Доказано, что такая экономия будет способствовать увеличению количества соединенных населенных пунктов с общей сетью автомобильных дорог при том же финансировании.

Выводы/значимость. Сделан вывод о том, что применение трехточечной задачи Штейнера при проектировании и реконструкции автомобильных дорог на однородной территории позволяет значительно сократить объемы строительных работ, уменьшить длину пути между населенными пунктами, сократить время прохождения участка, что будет способствовать развитию транспортного потенциала региона.

Ключевые слова: задача Штейнера, точки Штейнера, однородная территория, проектирование дорог, трехточечная задача, сокращение длины пути

Введение

Значительная площадь территории Российской Федерации обуславливает высокую значимость эффективного транспортного сообщения для сохранения территориальной целостности, геополитического влияния и конкурентоспособности на международном рынке. Однако состояние дорожного хозяйства в настоящее время не позволяет в полном объеме обеспечивать потребности российской экономики и конкурентоспособность международных грузоперевозок, проходящих через территорию Российской Федерации.

Нахождение кратчайшего пути является важнейшей задачей при проектировании и реконструкции автомобильных и железных дорог. Развитие современной и эффективной транспортной инфраструктуры, обеспечивающей ускорение товародвижения и снижение транспортных издержек в экономике, является одной из приоритетных задач государства на ближайшие годы¹. Активный рост экономики государства невозможен в условиях инфраструктурных ограничений, связанных с низким качеством дорог и низкой пропускной способностью инфраструктурных объектов дорожной сети (мостов, переездов и др.). В большинстве развитых стран формирование сети автомобильных дорог осуществлялось в рамках долгосрочных государственных программ, устанавливающих показатели развития дорожной сети и соответствующие этим показателям объемы финансирования [1]. С развитием дорожных сетей все чаще возникают задачи присоединения новых участков к уже имеющимся. Одной из подобных задач является задача соединения нескольких населенных пунктов кратчайшей

системой дорог таким образом, чтобы по этим дорогам можно было добраться до каждого пункта. Предлагается рассмотреть решение данной задачи на однородном участке строительства. В этом случае задача принимает вид задачи Штейнера на евклидовой плоскости [2].

Под задачей Штейнера на евклидовой плоскости понимается проблема нахождения плоскости с евклидовой метрикой кратчайшего дерева, связывающего n заданных точек плоскости V_1, \dots, V_n . Заданные точки носят название терминальных точек [3]. Но в отличие от задачи о кратчайшей сети на графе в задаче Штейнера допускается при необходимости введение новых вершин дерева, отличных от заданных. Эти вершины называют точками Штейнера [4–5]. Хорошо известны достаточные условия: в решение могут входить промежуточные точки, и все соединения должны быть отрезками, соединяющими точки (исходные и промежуточные). В каждой промежуточной точке должны сходиться три отрезка, а в исходных точках – более трех. Угол между отрезками, сходящимися в данной точке, не должен быть меньше 120° [6]. Основное внимание следует уделять поиску абсолютно минимальной сети среди всех имеющихся сетей, использующих фиксированное конечное множество N точек плоскости. Существует несколько подходов к указанной проблеме Штейнера. Один из них предполагает поиск абсолютно минимальной сети в классе сетей, все вершины которых принадлежат N . В этом случае минимальная сеть является деревом (не имеет циклов), которое называется минимальным деревом [7]. Э. Гилберт и Г. Поллак показали [8], что дерево Штейнера не более чем на 13,4% короче минимального остова дерева.

Однако, как было доказано группой ученых, эта проблема является NP -трудной [9–10]. Это означает, что нахождение ее решения за полиномиальное время затруднительно. Как отмечает М. Херринг [11], текущим наиболее оптимальным и интересным алгоритмом, решающим задачу Штейнера, является алгоритм GeoSteiner до 2 000 точек, реализованный Д. Вармом, П. Винтером и М. Захариасеном [12].

Вначале следует решить задачу нахождения точки Штейнера для трех точек (трехточечную задачу Штейнера) [13–14].

Существуют следующие варианты решения данной задачи.

1. Если каждый из углов между отрезками, соединяющий точку Штейнера с каждой из заданных

¹ Федеральная целевая программа «Развитие транспортной системы России (2010–2020 гг.)», утв. постановлением Правительства РФ от 05.12.2001 № 848 (ред. от 30.09.2014).

точек (вершин треугольника), составляет 120° , тогда точка Штейнера либо лежит внутри данного треугольника, либо совпадает с одной из этих вершин.

2. Угол, образованный отрезками, соединяющими эту точку с другими заданными, равен или больше 120° .

Если же один из углов треугольника с вершинами в этих точках $\geq 120^\circ$, то сеть состоит из 2 ребер (сторон этого угла). Если все углы $< 120^\circ$, т.е. точка Штейнера состоит из 3 ребер, соединяющих дополнительную точку Штейнера с тремя вершинами [15–16].

Следует рассмотреть указанный алгоритм решения трехточечной задачи Штейнера на примере строительства нового дорожного участка.

Постановка задачи

Предлагается рассмотреть указанную задачу на примере строительства автомобильной дороги, соединяющей три населенных пункта. Для этого будет использована трехточечная задача Штейнера и найдена длина кратчайшего пути полученного участка.

Для решения данной задачи было реализовано приложение в программной среде Delphi, позволяющее вычислить точку Штейнера, длину кратчайшего пути до каждой точки и стоимость строительства полученного участка.

Соединение нескольких населенных пунктов Чистопольского района Республики Татарстан (с. Старое Иванеево, с. Белая Гора и пос. Николаевка) представлено на рис. 1.

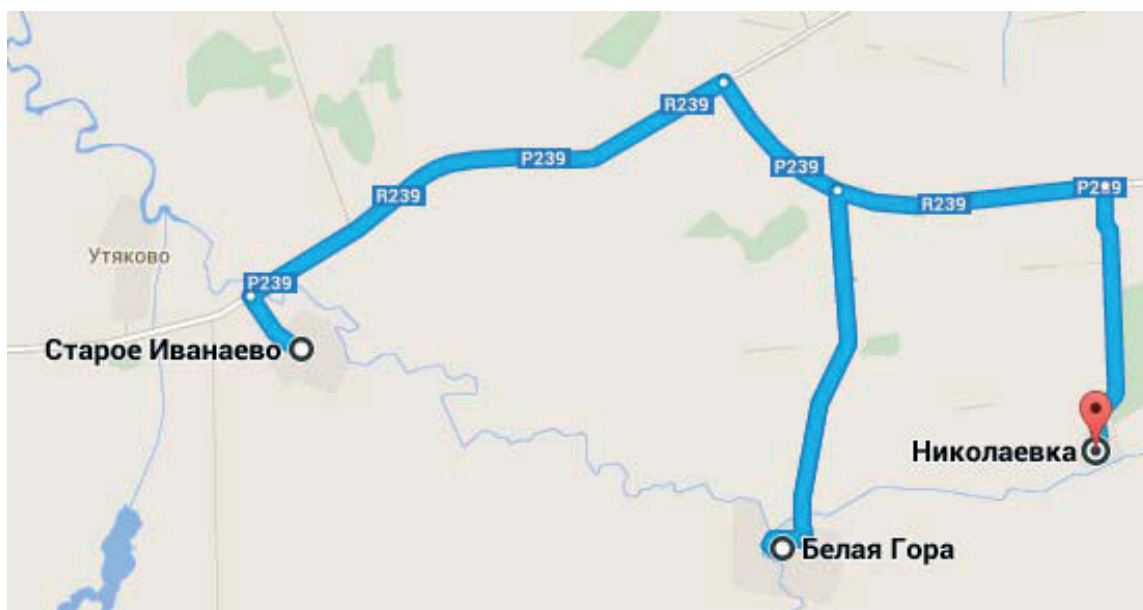
Строение рельефа Республики Татарстан определяется расположением ее в пределах Восточно-Европейской равнины. В природном отношении территория района указанных населенных пунктов входит в лесостепную ландшафтную зону. Рельеф территории представляет собой слабо приподнятую, слегка волнистую, наклоненную на север и запад равнину [17]. Такие свойства территории позволяют рассматривать ее как однородную.

В настоящий момент населенные пункты соединены между собой дорогой, суммарная длина которой составляет 18,2 км, по данным карт Google Maps. Предлагается рассмотреть возможность соединения указанных населенных пунктов другой, более короткой дорогой.

Алгоритм поиска точки Штейнера

Точка Штейнера является точкой внутри треугольника, если углы, образованные при соединении каждой вершины с данной точкой, будут равны 120° [18]. При поиске дополнительной точки Штейнера необходимо учитывать следующее:

- если есть угол, равный или больше 120° , то точка Штейнера в виде дополнительной точки отсутствует [19–20];



Источник: Google Maps.

Рис. 1. Расположение населенных пунктов на карте

- если все углы меньше 120° , то точка Штейнера существует.

Пусть точка Штейнера лежит внутри треугольника ABC . Для его нахождения предлагается воспользоваться следующим алгоритмом.

Шаг 1. На одной из сторон треугольника ABC построим равносторонний треугольник. Например, возьмем сторону BC . Определив ее длину, найдем точку пересечения двух дуг, описанных из точек B и C . Назовем полученную точку D . Строим равносторонний треугольник BCD , причем точка A не принадлежит этому треугольнику.

Шаг 2. Найдем центр окружности, проходящей через точки B , C и D . Для этого снова проведем дуги на стороне BC . Проведем прямую, соединяющую точку пересечения дуг с точкой D . Прделаем то же самое и для другой стороны. Точка пересечения данных прямых (биссектрис) – центр искомой окружности.

Шаг 3. Опишем вокруг треугольника BCD окружность.

Шаг 4. Найдем точку Штейнера. Точка пересечения описанной окружности с отрезком AD и есть искомая точка Штейнера T .

Пример практической задачи

Данный алгоритм был применен для решения задачи реконструкции имеющейся сети дорог, соединяющих 3 близлежащих населенных пункта (с. Старое Иванаево, с. Белая Гора и пос. Николаевка), с использованием задачи Штейнера. Для этого необходимо было определить расположение новой дороги с учетом финансовых затрат.

Для решения данной задачи использовано разработанное авторами приложение «Решение задачи Штейнера».

Итак, известны географические координаты указанных населенных пунктов:

- с. Старое Иванаево – $55,310697^\circ$; $50,422238^\circ$;
- с. Белая Гора – $55,292016^\circ$; $50,501070^\circ$;
- пос. Николаевка – $55,301744^\circ$; $50,552625^\circ$.

Данные значения вводятся в программу «Решение задачи Штейнера», и рассчитывается точка Штейнера (рис. 2). Для этого в каждое из полей вводятся обозначение каждой точки (поле «Введите обозначение точек») и значения координат X и Y (поля «Введите X -координату точки» и «Введите Y -координату точки»).

Рис. 2.
Нахождение
точки
Штейнера

Источник: авторская разработка.