

Экономика, бизнес и услуги

МРНТИ 06.52.35

<https://doi.org/10.58805/kazutb.v.3.16-30>

ПРОГРАММА РАЗМЕЩЕНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

**Калимолдаев А.М., Мазакова А.Т., Еркенғали Ж.А., Мазаков Т.Ж.,
Джомартова Ш.А.**

Казахский национальный университет им. аль-Фараби, г. Алматы, Казахстан,
aigerym97@mail.ru

Аннотация: В данной статье исследована проблема разработки алгоритмов и программы размещения производства. Объектом исследования являются процессы размещения производства. Основными задачами являются:

- анализ состояния современных проблем и основных направлений в области размещения производства;
- разработка алгоритмов решения задачи размещения производства;
- разработка математической модели и программы размещения производства;
- проведение вычислительных экспериментов на модельных примерах.

Актуальность исследуемой в статье темы определяется особенностями социально-экономических процессов в регионах и выбора стратегий их развития, обеспечивающих национальную безопасность Казахстана, необходимостью нахождения компромиссов в системе социальных, экономических, политических приоритетов развития регионов и государства в целом. Возрастающая сложность и многофакторность задач развития регионов также свидетельствуют об актуальности проведенного, её научной и практической значимости.

В статье для определения кратчайших расстояний и построение линий, служащих геометрической моделью оптимальных транспортных систем я использован метод Штейнера.

Разработанная программа позволяет выявлять и прогнозировать размещение производства с учетом многих социально-экономически факторов.

Ключевые слова: визуализация данных, математическая модель, метод Штейнера, размещение объектов производства, программа.

ФИЗИКАЛЫҚ ОРНАЛАСУ БАҒДАРЛАМАСЫ

**Калимолдаев А.М., Мазакова А.Т., Еркенғали Ж.А., Мазаков Т.Ж.,
Джомартова Ш.А.**

әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы қ., Қазақстан,
aigerym97@mail.ru

Андатпа. Бұл мақалада өндірісті орналастыру үшін алгоритмдер мен бағдарлама жасау мәселесі қарастырылған. Зерттеу объектісі өндірісті орналастыру процестері болып табылады. Негізгі міндеттер: • өндірісті орналастыру саласындағы қазіргі проблемалар мен негізгі бағыттардың жағдайын талдау; • өндірісті орналастыру мәселесін шешу

алгоритмдерін құру; • математикалық модельді және өндірісті орналастыру бағдарламасын әзірлеу; • үлгі мысалдар бойынша есептеу эксперименттерін жүргізу. Мақалада зерттелетін тақырыптың өзектілігі өңірлердегі әлеуметтік-экономикалық процестердің ерекшеліктерімен және Қазақстанның ұлттық қауіпсіздігін қамтамасыз ететін оларды дамытудың стратегияларын таңдаумен, әлеуметтік-экономикалық даму жүйесінде ымыраға келу қажеттілігімен анықталады. , аймақтарды және жалпы мемлекетті дамытудың саяси басымдықтары. Өңірлерді дамыту міндеттерінің күрделене түсуі мен көп факторлылығы да атқарылған істердің өзектілігін, оның ғылыми және практикалық маңыздылығын айғақтайды. Мақалада ең қысқа қашықтықтарды анықтау және оңтайлы көлік жүйелерінің геометриялық үлгісі ретінде қызмет ететін сызықтарды салу үшін мен Штайнер әдісін қолдандым. Жасалған бағдарлама көптеген әлеуметтік-экономикалық факторларды ескере отырып, өндірістің орнын анықтауға және болжауға мүмкіндік береді.

Түйін сөздер. мәліметтерді визуализациялау, математикалық модель, Штайнер әдісі, өндіріс орындарын орналастыру, бағдарлама.

PHYSICAL LOCATION PROGRAM

**Kalimoldaev A.M., Mazakova A.T., Erkengali Zh.A., Mazakov T.Zh.,
Jomartova Sh.A.**

al-Farabi Kazakh National University, Almaty city, Kazakhstan,
aigerym97@mail.ru

Abstract. This article explores the problem of developing algorithms and production placement programs. The object of research is the processes of production location. The main tasks are: • analysis of the state of modern problems and main directions in the field of production location; • development of algorithms for solving the problem of production location; • development of a mathematical model and a production location program; • carrying out computational experiments on model examples. The relevance of the topic studied in the article is determined by the peculiarities of socio-economic processes in the regions and the choice of strategies for their development that ensure the national security of Kazakhstan, the need to find compromises in the system of social, economic, political priorities for the development of regions and the state as a whole. The increasing complexity and multifactorial nature of the tasks of regional development also testify to the relevance of what has been done, its scientific and practical significance. In the article, to determine the shortest distances and build lines that serve as a geometric model of optimal transport systems, I used the Steiner method. The developed program makes it possible to identify and predict the location of production, taking into account many socio-economic factors.

Keywords. data visualization, mathematical model, Steiner method, placement of production facilities, program.

Введение. Задача территориального размещения объектов сферы услуг носит во многом общий характер и хорошо настраивается методом имитационного моделирования на учет особенностей предоставляемых услуг населению. Это могут быть услуги транспорта, торговли, финансового и информационного обеспечения, медицинские и образовательные услуги и т. д. Во всех случаях востребованность услуги определяется численностью населения, демографическими, экономическими, географическими, национальными и др. характеристиками, которые необходимо учитывать при решении задачи о размещении предприятий по предоставлению конкретных услуг.

Проблема многокритериального экономически обоснованного выбора мест размещения объектов сферы услуг в экономически значимых зонах региона состоит в том, что приходится принимать решения, согласующие интересы территории и населения, с интересами предприятий и организаций, оказывающих услуги [1, 2].

Современное состояние научных исследований позволяет сформулировать общие закономерности размещения и территориального развития общественного производства. Рациональное размещение промышленности наряду с научно-техническим прогрессом и масштабом производства является важнейшим условием успешного функционирования ее отраслей. Они же выступают одним из решающих факторов развития промышленности. Экономика любой страны представляет собой единый комплекс взаимосвязанных отраслей, отличающих общественное воспроизводство в пределах национальных границ.

Пространство или взаимное расположение в пространстве всех экономических и природных условий играет особую роль в качестве фактора размещения. Простран-

ство преодолевается с помощью транспорта и воздействует на размещение производительных сил через соответствующий уровень транспортных издержек. Особую роль при размещении производительных сил на современном этапе экономического развития играет группа экологических факторов, так как она непосредственно связана с бережным использованием природных ресурсов и обеспечением необходимых жизненных условий для населения [3].

Исследование направлено на разработку модели размещения распределительных центров на территории крупнейших городов с целью минимизации общих логистических затрат. Данная цель достигается за счет оптимизации складских и транспортных затрат и максимизации эффективности использования промышленно-транспортных зон на территории крупнейших городов. Несмотря на достаточное количество существующих способов решения данной проблемы, они имеют некоторые недостатки: не совсем реалистичны и не в полной мере отвечают требованиям логистической оптимизации и технологической производительности, игнорируют топографические ограничения, отсутствие транспортных коммуникаций и других необходимых ресурсов и факторов [4].

Объектами исследования является область бытового обслуживания населения государственными предприятиями, а также предприятиями малого и среднего бизнеса, предоставляющими населению услуги по пошиву и ремонту одежды и обуви, ремонту бытовой техники, химическую чистку и стирку, ремонт и изготовление мебели, ритуальные услуги, косметические услуги и т.д.

Эти услуги необходимы для нормального существования человека в быту и удовлетворения его насущных потребностей.

Основными целями бытового обслуживания являются совершенствование структуры нерабочего времени, повышение производительности труда, удовлетворение социально-культурных потребностей человека, более полное использование трудовых ресурсов и удовлетворение потребностей в бытовых предметах и услугах.

Поэтому возникает одна из задач по оптимальному размещению предприятий сферы обслуживания населения при заданной схеме расположения населенных пунктов в каком-либо регионе [5].

Основной целью оказания скорой медицинской помощи является улучшение состояния здоровья пациента. В качестве показателей, дающих представление об улучшении состояния больных, и при этом легко встраивающихся в математическую модель, часто используются временные параметры работы скорой медицинской помощи, такие как среднее время доезда бригады скорой помощи на вызов. Показателем, отражающим доступность услуг скорой медицинской помощи, в математических моделях размещения станций скорой помощи является охват территории обслуживания [6].

В данной работе рассмотрена задача территориального планирования автотранспортных предприятий с учетом современных требований к развитию городской среды. Выделены методы решения задач территориального планирования с использованием геоинформационных технологий. В работе определены факторы размещения, присущие данной предметной области и характеризующиеся пространственными, временными, прагматическими характеристиками. Учитывая пространственный характер задачи и входных данных, предложено использовать геоинформационное моделирование как эффективное средство решения задач, основу которых составля-

ют геоданные. Модель геоинформационной системы представлена как совокупность модели визуализации и учета факторов пространственного размещения, в том числе наборы продукционных правил. Описан процесс визуального анализа и определены основные элементы модели визуализации.

Таким образом, в данной работе описана геоинформационная модель, являющаяся основой решения задачи выбора территории для размещения автотранспортного предприятия. Модель учитывает данные о факторах размещения, конструировании и визуальном анализе рабочей области, позволяет применять продукционные правила для принятия решений о пригодности территории.

Важным направлением исследований в области математической кибернетики является решение задач оптимального размещения объектов. Такие задачи возникают при проектировании предприятий, определении мест расположения объектов, конструировании электронных устройств и выполнении многих других работ.

Задача наилучшего (не обязательно оптимального с математической точки зрения) размещения объектов может быть решена с использованием геоинформационных систем (ГИС). ГИС-технологии при решении задач пространственного размещения с картографической привязкой объектов к местности являются эффективным инструментарием группировки объектов, анализа и согласования свойств объектов и территорий и построения сценариев методом моделирования. ГИС-технологии позволяют организовать хранение данных сложных структур и типов и проводить компьютерные эксперименты, отражающие изменение социально-экономической ситуации и позволяющие подобрать наиболее приемлемый в данной ситуации вариант размещения объектов [7].

Таким образом, указанная проблема касается многих отраслей промышленности, сельского хозяйства [8], сферы услуг, военно-технического комплекса [9] и т.д.

Несмотря на большое количество работ, не существует единого подхода классификации и формализации методов размещения интегрированных бизнес-единиц. Некоторые, наиболее часто описываемые в литературе, методы размещения бизнес объекта сводятся к следующим [10]: метод «центра тяжести», метод «центра равновесной системы транспортных затрат», метод поиска минимума транспортной работы, метод минимума суммарных затрат, фактор-рейтинговые системы, метод взвешенных факторных нагрузок, множественная регрессионная модель, жадные алгоритмы, метод динамического программирования, генетические методы определения зон влияния на потребителей (метод изохронных линий, метод Тяпухина, метод на основе теории нечетких множеств).

Грузопоток является основным показателем, характеризующим процесс перемещения на рассматриваемом участке не только с количественной, но и с организационной стороны. В большинстве случаев места погрузки и разгрузки находятся на некотором, так называемом, транспортном расстоянии. Поскольку затраты на погрузку и разгрузку являются относительно постоянными, то в качестве переменной величины, определяющей стоимость ПРТС работ, выступает транспортное расстояние или время, необходимое для доставки груза от места первоначальной погрузки до места складирования, хранения и т.д. [11].

Поэтому, одной из основных проблем оптимизации транспортных систем является определение кратчайшего пути следования от места погрузки до места разгрузки, что позволяет уменьшить капитальные расхо-

ды и эксплуатационные затраты. Известно, что приведенные затраты и время доставки груза являются линейными функциями длины транспортных систем. Поэтому, прежде всего, следует рассматривать транспортную систему наименьшей протяженности.

Методы и постановка задачи. Определение оптимального размещения можно свести к следующей геометрической задаче: дано конечное множество компланарных точек и требуется связать их линией кратчайшей длины. В этой связи для определения кратчайших расстояний и построение линий, служащих геометрической моделью оптимальных транспортных систем предлагается использовать метод Штейнера.

Задача Штейнера на евклидовой плоскости формулируется следующим образом: пусть дано множество терминальных вершин (n точек) на плоскости, требуется найти кратчайшую сеть, соединяющую заданное множество вершин. Важным условием является то, что для минимизации длины связывающей сети можно добавлять дополнительные точки, называемые точками Штейнера. Известно, что количество таких дополнительных точек вообще говоря, равно $(n-2)$. При этом каждая из точек Штейнера имеет степень равную трем. Именно с этими связана сложность задачи-количество возможных структур соединений растет по экспоненте.

Кратчайшая сеть, содержащая точки Штейнера, называется деревом Штейнера [12]. Задача поиска деревьев Штейнера играет важную роль в геодезии, проектировании дорожных сетей и т.д.

В настоящий момент известно несколько комбинаторных алгоритмов, таких как алгоритмы Мелзака и Кокейна [13], дающих оптимальное решение задачи Штейнера за экспоненциальное время. Так, например, алгоритм Кокейна уже для множества из

восьми терминальных вершин проверяет 105 топологий. Очевидно, что подобные алгоритмы плохо подходят для практического применения для больших объёмов входных данных. В этой связи существует большое количество алгоритмов построения деревьев Штейнера, находящих приближённые решения.

Различным аспектам научных исследований и применений в практических задачах посвящены следующие работы [14-16]. В частности, доказана NP-трудность задачи Штейнера.

В данной статье исследуется следующая задача: построить линии связывающие заданное множество точек M_1, M_2, \dots, M_m плоскости и имеющие суммарную кратчайшую длину.

Искомая кратчайшая линия представляет собой дерево с вершинами в заданных точках и в некоторых дополнительно построенных точках N_1, N_2, \dots, N_n .

Наиболее трудным является определение числа и расположение дополнительно вводимых N – точек, называемых точками Штейнера, которые оптимизируют решение задачи.

В статье реализован следующий алгоритм построения дерева кратчайшей длины, соединяющие заданное множество точек плоскости с применением евклидовой метрики [11]:

1. Выбираются две точки M_i и M_j , расстояние между которыми меньше, чем для любой другой пары. Строится $KДШ_2$.

$$d(M_1M_2) = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2}$$

2. Каждая последующая ступень алгоритма заключается в переходе от $KДШ_t$, построенного для группы точек из t точек, к $KДШ_{t+1}$ для группы из $t+1$ точек. При этом определяются:

а) очередная $t+1$ -ая точка, которая должна быть подключена к дереву; б) конфигурация $KДШ_{t+1}$, к которому ранее найденное $KДШ_t$ войдет, в общем случае, уже частично в деформированном виде.

3. После построения $KДШ_t$ может возникнуть необходимость соединения на следующей ступени двух близких друг к другу точек, не вошедших в $KДШ_t$ и дающих начало новой группе соединяемых точек, т.е. образуется новое кратчайшее поддерево. Такие поддерева должны объединяться между собой в устанавливаемом порядке, на основе принципа наименьшего удлинения $KДШ_t$ при каждой отдельной ступени его построения.

Примечание: Здесь $KДШ$ – кратчайшее дерево Штейнера.

Обсуждение и результаты. Численное решение задач при конкретных исходных данных. Программа построения дерева Штейнера DekSys.exe [17] предназначена для построения кратчайшего дерева Штейнера на плоскости с применением евклидовой метрики для расчета расстояния между точками. Входной информацией служит вводимая информация о количестве точек N и координаты точек, размещенные в файле fNxy.txt.

При вызове программы DekSys на экран вводится форма, представленная на рисунке 1.

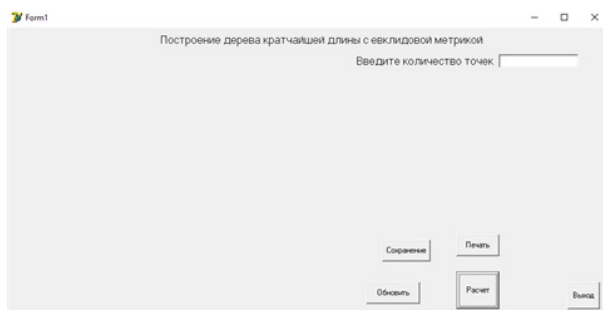


Рис. 1 – Форма для ввода информации о количестве точек

При вводе числе 5 подключается файл f5xy.txt, содержание которого представлено на рисунке 2 и отображено на рисунке 3.



Рис. 2. – Содержание файла f5xy.txt

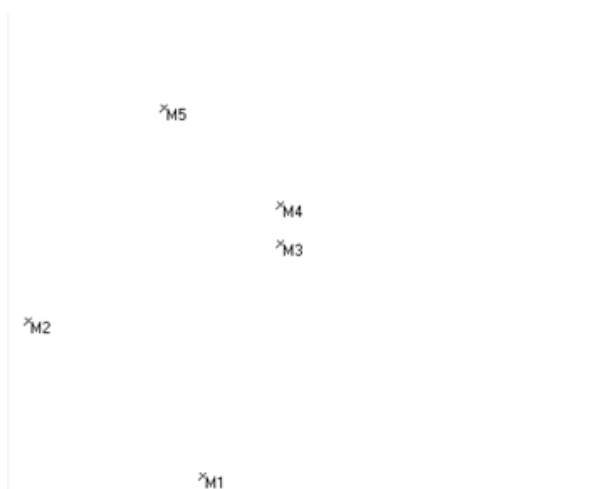


Рис. 3 – Исходное расположение точек из файла f5xy.txt

Программа выводит результативную графическую информацию непосредственно на устройство графического вывода (рисунок 4), а результаты численных расчетов записываются в файл rezult.txt. Введенные дополнительные точки Штейнера на рисунке обозначены буквами N.

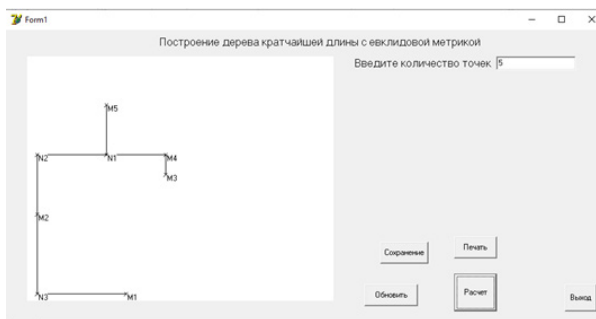


Рис. 4 – Графический результат работы программы

Выводы. В статье рассмотрены основные положения и принципиальные отличия известных моделей размещения распределительных логистических центров. Предложен метод размещения с помощью алгоритма Штейнера.

Программное обеспечение для ЭВМ позволит существенно повысить эффективность размещения различных объектов. На программу получено авторское свидетельство [17].

Практическая ценность программы состоит в том, что разработанные в ней технология и алгоритмы позволяют решить проблему автоматизированного размещения объектов различной природы и могут быть применены в сфере услуг, промышленности, сельском хозяйстве и т.д.

Работа выполнена за счет средств программно-целевого финансирования научных исследований на 2021-2022 годы по проекту IRN OR11465437 «Development of the national electronic data bank on the scientific zoological collection of the Republic of Kazakhstan, ensuring their effective use in science and education».

Литература

1. Исмагилова Л.А. Модель территориального размещения объектов сферы услуг //Уфа: УГАТУ. – 2009. – Т.12, № 3(32). – С. 134-140.
2. Таранова И.В. Теории разделения труда и размещения производительных сил в системе научного обеспечения специализации сельского хозяйства // Бизнес в законе. – 2009. – № 4. – С. 238-240.
3. Ширшова Л.В. Закономерности, принципы и факторы размещения производительных сил //Вестник Университета. – 2013. – № 21. – С.189-193.
4. Вольхин Е.Г. Модели размещения распределительных центров // Управленец.– 2018. –Т.9. № 2. – С. 54-60. doi: 10.29141/2218-5003-2018-9-2-9.
5. Юрова К.Г., Судариков В.Г. Имитационная модель оптимального размещения предприятий сферы обслуживания //Научно-практический журнал «Вестник Университета Российской академии образования». – 2016. – № 3. – С.115-119.
6. Бегичева С.В. Анализ детерминированных моделей размещения станций скорой помощи // Вестник Евразийской науки. – 2019. – № 6, Том 11. – С. 1-9.
7. Гордиенко Л.В. Геоинформационная модель обоснования территории под размещение автотранспортного предприятия //Электронный научный журнал «Инженерный вестник Дона». – 2018. – №4. ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2018/5400
8. Булгакова И.Н. Модель оптимального размещения интегрированных структур агропромышленного комплекса // Международный научно-исследовательский журнал. – 2015. – № 7(38). – С.17-19.
9. Бунин М.А., Петров В.В., Тищенко В.А. Методика размещения объектов военной инфраструктуры двойного назначения и модель оптимизации размещения сети обслуживания // Электронный научный журнал «Инженерный вестник Дона». –2019. – №8 ivdon.ru/ru/magazine/archive/n8y2019/6114
10. Алексеев Г.В., Холявин И.И. Математические средства решения задач управления логистическими системами. – М.: Ай Пи Ар Медиа, 2020. – 142 с.
11. Куспеков К.А. Разработка методики построения кратчайших связывающих линий и ее применение в ПРТС работах //Автореф. дисс. канд.техн.наук, 05.01.01, Алматы, 1996. – 21 с.
12. Courant, R. What is Mathematics / R. Courant, H. Robbins. – Oxford University Press, 1996. – 556 p.
13. Hwang, F. The Steiner Tree Problem / F.K. Hwang, D.S. Richards, P. Winter // Annals of Discrete mathematics. – 1992. – Vol. 53.
14. Лисин А.В., Файуллин Р.Т. Эвристический алгоритм поиска приближенного решения задачи Штейнера, основанный на физических аналогиях //Компьютерная оптика. – 2013. – №4, том 37. – С.503-510.
15. Ейбоженко Д.А. Приближенные методы решения задачи Штейнера на ориентированных графах //Автореф. дисс. канд.техн.наук, 05.13.11, Санкт-Петербург, 2012. – 16 с.
16. Щербакова В.А. Мощностная задача Штейнера на ориентированном градуированном графе //Автореф. дисс. канд.техн.наук, 01.01.09, Екатеринбург, 1998. – 15 с.
17. Свидетельство о внесении сведений в государственный реестр прав на объекты, охраняемые авторским правом №1912 от 1 августа 2017 «Построение геометрической модели

расчета трассировки сети на плоскости с евклидовой, ортогональной и полярной метрикой применяемые в решении различных инженерных задач» (сборник программ для ЭВМ), авторы: Куспеков К.А., Джомартова Ш.А., Мазакова А.Т.

References

1. Ismagilova L.A. Model of the territorial location of objects in the service sector // Ufa: USATU. – 2009. – V.12, No. 3 (32). –P. 134–140.
2. Taranova I.V. Theories of the division of labor and the distribution of productive forces in the system of scientific support for the specialization of agriculture // Business in Law. – 2009. – No. 4. – P. 238-240.
3. Shirshova L.V. Regularities, principles and factors of distribution of productive forces // Bulletin of the University. – 2013. – No. 21. – P. 189-193.
4. Volkhin E.G. Distribution center placement models // Manager. – 2018. – V. 9. No. 2. – P. 54–60. DOI: 10.29141/2218-5003-2018-9-2-9.
5. Yurova K.G., Sudarikov V.G. Simulation model for the optimal location of service enterprises // Scientific and practical journal “Bulletin of the University of the Russian Academy of Education”. – 2016. – No. 3. – P. 115-119.
6. Begicheva S.V. Analysis of deterministic models for the placement of ambulance stations // Bulletin of Eurasian Science. – 2019. – No. 6, Volume 11. – P. 1-9.
7. Gordienko L.V. Geoinformation model for justifying the territory for the location of a motor transport enterprise // Electronic scientific journal “Engineering Bulletin of the Don”. – 2018. – No. 4, ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2018/5400 [8] Bulgakova I.N. Model of optimal placement of integrated structures of the agro-industrial complex // International Research Journal. – 2015. – No. 7(38). – P.17-19.
9. Bunin M.A., Petrov V.V., Tishchenko V.A. Methodology for deploying dual-use military infrastructure facilities and a model for optimizing the deployment of a service network // Electronic scientific journal “Engineering Bulletin of the Don”. – 2019. – No. 8, ivdon.ru/ru/magazine/archive/n8y2019/6114
10. Alekseev G.V., Kholyavin I.I. Mathematical tools for solving problems of logistics systems management. - M.: AI Pi Ar Media, 2020. – 142 p.
11. Kuspekov K.A. Development of a technique for constructing the shortest connecting lines and its application in PRTS works //Avtoref. diss. Candidate of Technical Sciences, 05.01.01, Almaty, 1996. – 21 p.
12. Courant, R. What is Mathematics / R. Courant, H. Robbins. – Oxford University Press, 1996. – 556 p.
13. Hwang, F. The Steiner Tree Problem / F.K. Hwang, D.S. Richards, P. Winter // Annals of Discrete mathematics. – 1992. – Vol. 53.
14. Lisin A.V., Faiullin R.T. Heuristic algorithm for finding an approximate solution to the Steiner problem based on physical analogies //Computer Optics. – 2013. – №. 4, vol. 37. –P.503-510.
15. D.A. Eibozhenko. Approximate methods for solving the Steiner problem on directed graphs // Avtoref. diss. Candidate of Technical Sciences, 05.13.11, St. Petersburg, 2012. – 16 p.

16. Shcherbakova V.A. Steiner's power problem on a directed graded graph //Avtoref. diss. Candidate of Technical Sciences, 01.01.09, Yekaterinburg, 1998. – 15 p.

17. Certificate of entering information into the state register of rights to objects protected by copyright No. 1912 dated August 1, 2017 “Construction of a geometric model for calculating network tracing on a plane with Euclidean, orthogonal and polar metrics used in solving various engineering problems” (a collection of programs for computer), authors: Kuspekov K.A., Dzhomartova Sh.A., Mazakova A.T.