

Интернет-журнал «Наукovedение» ISSN 2223-5167 <http://naukovedenie.ru/>

Том 8, №6 (2016) <http://naukovedenie.ru/vol8-6.php>

URL статьи: <http://naukovedenie.ru/PDF/111TVN616.pdf>

Статья опубликована 31.01.2017

**Ссылка для цитирования этой статьи:**

Бегичева С.В. Модель оптимального размещения станций и филиалов скорой медицинской помощи // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» Том 8, №6 (2016) <http://naukovedenie.ru/PDF/111TVN616.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ.

**УДК 656**

**Бегичева Светлана Викторовна**

ФГБОУ ВО «Уральский государственный экономический университет», Россия, Екатеринбург<sup>1</sup>

Старший преподаватель

E-mail: [begichevas@mail.ru](mailto:begichevas@mail.ru)

РИНЦ: [http://elibrary.ru/author\\_profile.asp?id=668409](http://elibrary.ru/author_profile.asp?id=668409)

## **Модель оптимального размещения станций и филиалов скорой медицинской помощи**

**Аннотация.** Одним из целевых показателей Государственной программы Российской Федерации "Развитие здравоохранения" является 20-минутная транспортная доступность скорой медицинской помощи. Однако на данный момент время доезда лишь 80% выездов бригад скорой помощи в регионах РФ составляет менее 20 минут. Выполнение целевого показателя может быть обеспечено, например, уменьшением радиуса района обслуживания подстанции СМП. В статье рассматривается проблема оптимизации местоположения медицинского учреждения, оказывающего услуги скорой медицинской помощи, будь то пост, трассовый пункт, дополнительная стоянка автомашин СМП в пределах города или вновь строящаяся подстанция СМП. Автором предложена общая постановка задачи оптимального расположения станций скорой медицинской помощи и представлена математическая модель оптимального размещения станций и филиалов СМП, основанная на алгоритме кластеризации K-Medoid. Процесс поступления обращений в службу скорой медицинской помощи описан при помощи совокупности инструментов математического аппарата теории массового обслуживания. Дано описание стратегии действий диспетчера СМП, которое предлагается использовать при имитационном моделировании процесса управления вызовами. Применение такой стратегии поможет свести к минимуму среднее время приезда бригады СМП.

**Ключевые слова:** городская логистическая сеть; размещение; скорая медицинская помощь; время доезда; кластеризация

Повышение эффективности оказания скорой медицинской помощи (далее СМП) является одним из приоритетных направлений развития системы здравоохранения Российской Федерации<sup>2</sup>. Основная задача службы скорой медицинской помощи - обеспечить первую

<sup>1</sup> 620144, РФ, г. Екатеринбург, ул. 8 Марта/Народной воли, 62/45

<sup>2</sup> Государственная программа Российской Федерации "Развитие здравоохранения" (утв. постановлением Правительства РФ от 15 апреля 2014 г. N 294) Система ГАРАНТ: [http://base.garant.ru/70643470/#block\\_3#ixzz3goU33Q2d](http://base.garant.ru/70643470/#block_3#ixzz3goU33Q2d).

медицинскую помощь и, при необходимости, осуществить транспортировку пациента в медицинский центр. Одним из критериев доступности и качества оказания услуг скорой медицинской помощью является время выполнения вызовов, которое в свою очередь зависит от времени прибытия машины СМП по месту вызова. Больных, нуждающихся в экстренном поддержании жизненных функций, также необходимо доставить в больницу за минимально возможное время.

Согласно Приказу Министерства здравоохранения РФ от 20 июня 2013 г. № 388н «Об утверждении Порядка оказания скорой, в том числе скорой специализированной, медицинской помощи», «место расположения и территория обслуживания станции скорой медицинской помощи, отделения скорой медицинской помощи поликлиники (больницы, больницы скорой медицинской помощи) устанавливаются с учетом численности и плотности населения, особенностей застройки, состояния транспортных магистралей, интенсивности автотранспортного движения, протяженности населенного пункта, с учетом 20-минутной транспортной доступности»<sup>3</sup>. Таким образом, станции СМП должны быть расположены в городской логистической системе так, чтобы, по крайней мере, одна машина скорой помощи приехала в любую точку своего района за указанное время. Однако требование к максимальному времени доезда выполняется не всегда. Так в I полугодии 2016 время доезда только 79% выездов бригад скорой помощи в г. Екатеринбурге составляло менее 20 минут<sup>4</sup>. При этом месторасположение подстанций СМП в городе, как правило, таково, что расстояние от места дислокации подстанции до любой точки обслуживаемого подстанцией района составляет около 10 км, что и обеспечивает требуемое время доезда. Вместе с тем для сельских территорий с низкой плотностью населения и недостаточно развитой сетью медицинских организаций, оказывающих услуги скорой помощи, обеспечение доезда бригады до места вызова за 20 минут остается сложно решаемой проблемой.

При этом в качестве ожидаемого результата Государственной программы Российской Федерации "Развитие здравоохранения" выполнение целевого показателя 20-минутной транспортной доступности к 2020 году должно увеличиться до 90%. Достижение такого результата может быть обеспечено, например, уменьшением радиуса района обслуживания подстанции СМП и таким образом, снижением расстояния между местом нахождения больного и отправной точкой выезда на вызов машины СМП.

Сокращения радиуса района обслуживания отделения СМП можно достигнуть за счет:

- строительства новых стационаров, а также оптимизации расположения специализированных отделений СМП;
- организации в удаленных или труднодоступных населенных пунктах и участках автомобильных дорог постов и трассовых пунктов СМП, предназначенных для оказания помощи пострадавшим в дорожно-транспортных происшествиях. Создание таких структурных подразделений медицинских организаций, оказывающих первую помощь, предусмотрено Приказом Министерства здравоохранения РФ от 20 июня 2013 г. № 388н «Об утверждении Порядка оказания скорой, в том числе скорой специализированной, медицинской помощи»;

---

<sup>3</sup> Приказ Министерства здравоохранения РФ от 20 июня 2013 г. N 388н "Об утверждении Порядка оказания скорой, в том числе скорой специализированной, медицинской помощи", Система ГАРАНТ: <http://base.garant.ru/70438200/#ixzz3gRuimSqk>.

<sup>4</sup> Сайт скорой медицинской помощи г. Екатеринбурга <http://03ekb.ru/pokazateli-kachestva-i-dostupnosti-za-2015-g>.

- формирования дополнительных стоянок машин скорой помощи, места расположения которых в пределах населенного пункта обеспечат минимальное время доезда до возможных мест вызовов.

Проблема оптимизации местоположения медицинского учреждения, оказывающего услуги скорой помощи в пределах определенного района, и, соответственно, расположения отравной точки для машин скорой помощи, прикрепленных к данной станции, неоднократно рассматривалась исследователями в области математического моделирования. В своей модели Найт и др. [7] детально определяют базовое расположение отделения скорой помощи, принимая во внимание специализации ближайших больниц и возможные диагнозы заболевших. Модель учитывает тот факт, что пациенты в зависимости от степени угрозы для здоровья, имеют потребности в различных по степени сложности медицинских процедурах. Например, пациенту с неосложненным переломом помощь может быть оказана непосредственно в отделении, в то время как пациента с сердечной недостаточностью необходимо срочно госпитализировать в специализированное медицинское учреждение. В работе [0] Абдуллаев Х.Т, опираясь на набор факторов, влияющих на размещение подстанций СМП, предлагает модель оптимального размещения сети пунктов скорой медицинской помощи на плане города, реализуемую через алгоритм случайного поиска с самообучением. Методы нечеткой логики и теории графов были использованы для решения задачи наилучшего размещения центров СМП в работе Дзюбы Т.А. и Розенберг И.Н. [2]. Работа носит теоретический характер и не содержит результатов расчетов для конкретной местности. По предложенной Зубаревым А.К. [3] нелинейной емкостной сетевой модели были проведены расчеты по оптимизации размещения действующей станции скорой помощи в г. Серове Свердловской области, а также с целью сокращения времени подъезда бригады выбраны наиболее эффективные варианты циркуляционных маршрутов для машин скорой помощи в пределах города. Модель, приведенная в статье [5] основана на методах статистического анализа реальных данных больницы скорой помощи в Детройте. В исследовании проведено моделирование расположения не только отделения СМП, но и отдела полиции по чрезвычайным происшествиям, а также учтены различные ситуации совместной работы двух учреждений.

Приведем общую постановку задачи оптимального размещения медицинского учреждения, оказывающего услуги скорой медицинской помощи, будь то пост, трассовый пункт, дополнительная стоянка автомашин СМП в пределах города или вновь строящаяся подстанция СМП:

Пусть  $G = (V, E)$  - граф, изображающий сеть улиц, где  $V$  - множество вершин,  $E$  - множество ребер. Считаем, что на ребрах графа определена функция стоимости  $c: E \rightarrow R^+$ , значения которой равны времени, за которое транспортное средство может переместиться по ребру от вершины к вершине. Пусть  $H \subseteq V$  - множество больниц,  $k$  - количество машин скорой помощи. Пусть существует поток вызовов  $r = (o, a, d)$ , где  $o \in V$  - пункт, откуда поступил вызов (место расположения пациента),  $a \in R^+$  - время поступления вызова и  $d \in R^+$  - предельное время, за которое больного необходимо доставить в больницу для того, чтобы оказать ему помощь в ситуации, если существует непосредственная угроза жизни пациента. Таким образом, жизнь больного будет спасена, если карета скорой помощи, находясь в пункте  $w \in V$ , прибудет к пациенту за время  $t \in R^+$ , при этом  $t \geq a$  и  $t + c(w, o) + c(o, H') \leq d$ , где  $H' \in H$  - больница, в которую пациент будет доставлен. В случае экстренной ситуации возможна отправка на вызов той бригады СМП, которая в момент поступления заявки находится ближе к пациенту, а не обязательно бригады скорой из подстанции района, откуда поступил вызов. Цель задачи - распределить отправные пункты автомашин скорой помощи таким образом, чтобы сохранить максимально возможное количество жизней больных, обратившихся с вызовами в скорую помощь.

Запишем математическую модель поставленной задачи.

В качестве основы для модели возьмем неориентированный граф  $G = (V, E)$ , отображающий улично-дорожную сеть города.

Интерпретируем множество ребер графа  $E$ , как множество дорог или участков дорог. Будем считать, что по каждой дороге можно двигаться в двух направлениях. Скорость движения по дорогам одинакова и не зависит от качества дороги и других обстоятельств. Единица измерения длины дороги (ребра графа) - километр.

Пусть множество вершин графа  $V$  соответствует множеству перекрестков или поворотных точек маршрута. Каждая вершина, таким образом, имеет две координаты (широту и долготу), которые можно использовать для расчета длины ребра (расстояния) между вершинами. Каждая вершина имеет свой идентификационный номер.

Можно предположить, что любой пункт назначения скорой помощи может быть достижим из любого пункта отправления, таким образом, описываемый граф будет связным, то есть между любой парой его вершин существует, как минимум, один путь.

Опишем моделируемые объекты:

- Машины скорой помощи. В контексте задачи машины скорой помощи являются ресурсом, необходимым для обслуживания вызовов. Каждая машина скорой помощи может перевозить в каждый момент времени только одного пациента. Каждая машина скорой помощи имеет постоянную скорость движения и прикреплена к одной из станций скорой помощи. Каждая машина скорой помощи может быть только в одном из следующих состояний:

- свободна и находится в пути;
- свободна и находится на стоянке при станции скорой помощи;
- направляется к пациенту;
- находится на месте вызова выездной бригады СМП;
- направляется в больницу, осуществляя транспортировку больного;
- у больницы, высаживая перевезенного больного.

- Стоянки машин скорой помощи  $B \subseteq V$ : находятся на постоянных местах. Являются начальными точками отправления машин скорой помощи на вызовы.

- Больницы  $H \subseteq V$ . Часто при оказании экстренной помощи пациента необходимо доставить в больницу в кратчайшие сроки. В рамках нашей модели мы не будем проводить различия между специализированными медицинскими учреждениями и сделаем допущение, что пациент может получить необходимую ему помощь в любой больнице.

- Пациенты. Цель нашей модели - обслуживание обращения от каждого пациента. При этом будем считать, что пациенту была оказана помощь и жизнь пациента находится вне опасности, в ситуации, если машина скорой помощи доставила пациента в больницу не позднее предельного срока.

Процесс поступления обращений в службу скорой медицинской помощи может быть описан при помощи совокупности инструментов математического аппарата теории массового обслуживания.

С точки зрения диспетчера скорой медицинской помощи поток поступающих вызовов достаточно случаен и достоверно не прогнозируем. Каждое обращение в СМП имеет две

важных случайных характеристики: время поступления вызова и месторасположение больного.

Для имитации времени поступающих вызовов будем использовать средний интервал времени между соседними поступающими вызовами  $\bar{T}$ . Таким образом, интенсивность поступления вызовов:  $\lambda = \frac{1}{\bar{T}}$ . Поток вызовов начинается с момента времени  $t_0 = X_0$ , где  $X_0$  - случайная величина, имеющая экспоненциальный закон распределения с параметром  $\lambda = \frac{1}{\bar{T}}$ . Время поступления последовательности следующих заявок можно рассчитать по формуле  $t_{n+1} = t_n + X_n$ , где величина  $X_n$  так же имеет экспоненциальное распределение.

В реальном мире распределение машин скорой помощи координируется диспетчерами станции СМП. В процессе имитационного моделирования диспетчеры СМП представляются как агенты. Агент - некий элемент модели, который имитирует действия человека и может принимать решения в соответствии с определенным набором правил и методов в зависимости от поведения других активных элементов и внешней среды. Поведение агента задается диаграммой состояний, которая позволяет определить возможные состояния агента и действия агента на протяжении всей его жизни; в частности, хранить информацию об очереди обращений, о приоритете очередности и о тех обращениях, которые пока ожидают своей очереди. Действия агента описываются, как некоторая итерационная процедура обработки данных, накопленных в ходе наблюдений.

После каждого обращения пациента агент должен проанализировать текущее расположение машин скорой помощи и принять решение о выборе машины, направляющейся на вызов. Для этого у агента есть полный доступ к информации о состоянии дорожного движения, а также возможность запустить алгоритм планирования маршрута и дополнительные алгоритмы для анализа текущей ситуации. Таким образом, действия агента имитируют действия оператора СМП, которые тот может осуществлять с помощью компьютера.

Агент отвечает на вызовы согласно дисциплине обслуживания очереди в порядке поступления FIFO (First in - First out, первым пришел - первым обслуживается), то есть если вызов  $r$  был зарегистрирован ранее вызова  $r'$ , то в первую очередь машина скорой помощи поедет по вызову  $r$ , и только затем по вызову  $r'$ .

В качестве реакции на событие агент выдает список распределения машин скорой помощи по вызовам. Запись списка содержит номер вызова, идентификатор машины скорой помощи и идентификационный номер вершины графа. Для простоты распределение машин по вызовам происходит немедленно, без характерной кратковременной задержки. Машины скорой помощи автоматически выбирают кратчайший путь к новой цели, поэтому путь не является характеристикой вызова. Каждая машина скорой помощи в каждый момент времени может обработать только один заказ, после выполнения вызова машина забывает информацию о нем. Однако порядок очереди выполнения вызовов может храниться агентом.

Опишем стратегии управления, которые могут быть использованы агентами.

Основная цель стратегий - обеспечить медицинскую помощь максимально возможному числу пациентов при минимальных экономических затратах. Для достижения целей управления агенты должны решать следующие основные задачи:

- 1) Планирование работы: в ситуации отсутствия обращений, например, в начале рабочей смены, агенты могут подготовить все имеющиеся в распоряжении машины скорой помощи таким образом, чтобы облегчить их дальнейшее распределение по вызовам.

- 2) Ответ на обращение пациента: в случае экстренного вызова агенту необходимо решить, исходя из места расположения пациента, какую из незанятых машин скорой помощи необходимо отправить на вызов. Если все машины скорой помощи находятся на выезде, то запрос пациента ставится в очередь и, как только машина освободится, на такой запрос необходимо ответить.
- 3) Перенаправление: при поступлении нового вызова агент может перенаправить машину скорой помощи, находящуюся в этот момент на пути к другому пациенту, по новому вызову, если такое переназначение целесообразно и ведет к экономии времени и средств.

Опишем возможные ситуации, для которых необходимо запланировать поведение агента:

- Начало работы модели - планирование работы. В этот момент агент должен провести позиционирование каждой машины.
- Новое обращение: В момент обращения пациента агент должен выяснить расположение пациента и направить по вызову машину скорой помощи.
- Пациент находится в машине скорой помощи: Машина скорой помощи направляется в больницу.
- Машина скорой помощи свободна: Машина скорой помощи доставила пациента в больницу и в данный момент готова к выполнению следующего заказа.

Опишем стратегию оптимального распределения машин скорой помощи по вызовам и таким образом, стратегию, которая помогает свести к минимуму среднее время приезда бригады СМП по вызову. Так как заранее о местонахождении будущих пациентов ничего не известно, будем считать, что места вызова с равной вероятностью может располагаться в любом узле графа дорожной сети. Для нахождения оптимального расположения мобильных центров размещения машин СМП используем алгоритм K-Medoid, который является модификацией популярного метода кластеризации K-Means.

Метод кластеризации K-Means является широко используемым алгоритмом анализа данных, который разделяет определенный набор данных на заданное пользователем число кластеров. Метод был одновременно изобретен в 1950-х годах двумя математиками Гуго Штейнгаузом [11] и Стюартом Ллойдом [8]. Используя в качестве исходных данных множество точек  $V$  в пространстве, выбранную исследователем метрику (по умолчанию, это квадрат Евклидова расстояния) и  $k$  начальных инициализаций центров кластеров, которые задаются случайным образом, алгоритм стремится минимизировать суммарное квадратичное отклонение точек кластеров от центров этих кластеров:

$$V = \sum_{i=1}^k \sum_{x_j \in S_i} (x_j - \mu_i)^2$$

где:  $k$  - число кластеров,  $S_i$  - полученные кластеры,  $i = 1, 2, \dots, k$  и  $\mu_i$  - центры масс векторов  $x_j \in S_i$ .

При кластеризации при помощи алгоритма K-Medoid [10], кластеры формируются вокруг центроида, который, в отличие от центроида, найденного методом K-Means, обязательно является точкой, принадлежащей исходному множеству. При использовании метода K-Medoid подобно алгоритму K-Means пошагово идет итеративный пересчет центров кластеров и пока идет улучшение качества результирующей кластеризации, производится замена центроидов. Но в отличие от K-Means в качестве нового центра кластера тестируется

каждый объект исходного пространства данных, что, безусловно, увеличивает время выполнения алгоритма K-Medoid по сравнению с K-Means. Итерации продолжаются до тех пор, пока центром - медоидом каждого кластера не станет наиболее близкий к центру кластера объект исходных данных.

В силу того, что алгоритм кластеризации K-Medoid использует в качестве центров кластеров реальные объекты исходного набора вершин, этот алгоритм является более предпочтительным для работы с объектами графов дорожной сети, чем алгоритм K-Means.

Проблему повышения скорости выполнения алгоритма решает дополняющий метод K-Medoid алгоритм CLARANS, который рассматривает в качестве «кандидатов» в медоиды не весь набор исходных данных, а лишь случайно выбранное подмножество каждого кластера [6]. Такое ограничение является эффективным с точки зрения увеличения скорости распределения данных по кластерам, но сокращает вероятность того, что такая кластеризация будет оптимальной, т.к. любой из оптимальных медоидов может не являться частью случайно выбранных для их определения подмножеств.

Для сокращения времени кластеризации будем использовать следующую модификацию алгоритма K-Medoid [9]: вместо тестирования каждой точки данных в качестве нового медоида, вычислим среднее арифметическое всех точек данных, присвоенных кластеру и будем использовать в качестве медоида такой элемент кластера, расстояние от которого до найденного среднего арифметического минимально. Определим среднее арифметическое точек данных как точку, имеющую две координаты: среднее арифметическое значений широты и среднее арифметическое значений долготы всех объектов, принадлежащих к кластеру.

Запишем модифицированный алгоритм K-Medoid следующим образом:

*Шаг 1.* Выбрать  $k$  вершин графа  $V$  случайным образом. Эти вершины будут являться множеством начальных инициаций медоидов;

*Шаг 2.* Определить принадлежность каждой вершины  $v \in V$  к кластеру с ближайшим медоидом;

*Шаг 3.* Рассчитать позицию точки  $m$  для каждого кластера, как среднее арифметическое всех точек данных кластера;

*Шаг 4.* Определить вершину  $m_{new} \in V$ , расстояние от которой до точки  $m$  минимально;

Повторить шаги 3 и 4 пока не будет достигнут критерий останова алгоритма;

*Шаг 5.* Найти ближайший медоид для каждой вершины графа дорожной сети;

*Шаг 6.* Переопределить принадлежность каждой вершину графа дорожной сети к кластеру с ближайшим медоидом.

С учетом достаточно плотной городской транспортной сети, при использовании алгоритма кластеризации K-Medoid будем считать, что ограничения, налагаемые топологией дорог не существенны и две вершины графа всегда связаны прямой дорогой, что позволяет использовать Евклидову метрику при расчете расстояний.

Как результат алгоритм аппроксимирует расположение  $k$  медоидов в графе, минимизируя среднее расстояние от каждой вершины до ближайшего медоида. В контексте нашего исследования можно сделать следующий вывод: для того, чтобы свести к минимуму время доезда каждой машины скорой помощи до места вызова, незанятые на вызовах машины скорой помощи необходимо разместить в местах расположения медоидов.

Опишем действия агента в ключевых ситуациях с учетом результатов работы алгоритма K-Medoid.

Как было указано выше, для того чтобы минимизировать время доезда машин скорой помощи, согласно стратегии K-Medoid агент должен разместить свободные машины скорой помощи на  $k$  медоидах графа, где  $k$  - количество незанятых машин скорой помощи в текущий момент времени.

- Начало работы модели - планирование работы: До начала работы агент распределяет все  $k$  доступных машин скорой помощи на графе дорожной сети, располагая каждую машины на одном из медоидов, где машины и останутся до тех пор, пока не отправятся по вызовам.
- Новое обращение: у агента имеется список  $n$  доступных машин скорой помощи и их местоположений, в том числе список включает в себя машины, расположенных в медоидах или на пути к ним. Используя алгоритм Дейкстры с исходными вершинами - местами расположения машин скорой помощи и конечной вершиной - местом расположения пациента, определяется ближайшая машина скорой помощи и направляется по вызову. Оставшиеся  $n - 1$  незанятые машины скорой помощи ожидают вызовов в  $n - 1$  медоидах.
- Пациент находится в машине скорой помощи: Машина скорой помощи направляется в ближайшую больницу, используя алгоритм Дейкстры для определения оптимального маршрута.
- Машина скорой помощи свободна: После транспортирования пациента в больницу количество незанятых машин скорой помощи увеличивается, машина скорой помощи ожидает следующий вызов, находясь в медоиде.

Цель деятельности службы СМП - предоставление помощи в ситуациях, требующих срочного медицинского вмешательства, сохранение жизни и здоровья граждан. Однако работа системы СМП является очень высокзатратной. С учетом того, что деятельность скорой медицинской помощи финансируется за счет и без того, достаточно плотно распределенных бюджетных ассигнований местных бюджетов, а также за счет средств Фондов обязательного медицинского страхования, при рассмотрении вопросов производительности СМП необходимо учитывать и экономические аспекты. Согласно Государственной программе Российской Федерации "Развитие здравоохранения" в 2014 г. в этом секторе было сосредоточено около 40% средств здравоохранения. Проблемы, связанные с деятельностью СМП в современных условиях, включают в себя оптимизацию расходов материально-финансовых затрат на покупку медицинского оборудования и лекарственных средств, эффективное распределение ресурсов на оплату труда медицинского персонала. Отдельной, значительной статьёй расходов является стоимость топлива, которую можно минимизировать при условии снижения пробега автотранспорта, достигаемого в том числе и за счет оптимизации расположения станций и филиалов СМП. Таким образом, проблема оптимального размещения станций и филиалов СМП является актуальной как с экономической, так с социальной и медицинской точек зрения.



## ЛИТЕРАТУРА

1. Абдуллаев, Х.Т. Алгоритм задачи рационального размещения сети подстанции скорой медицинской помощи (СМП) в городах [Электронный ресурс]: Актуальные научные разработки, 2012 - Режим доступа: [http://www.rusnauka.com/3\\_ANR\\_2012/Matemathics/4\\_99595.doc.htm](http://www.rusnauka.com/3_ANR_2012/Matemathics/4_99595.doc.htm), свободный. (дата обращения: 11.12.2016).
2. Дзюба, Т.А. Оптимизация размещения центров скорой помощи с учетом нечетких данных / Т.А. Дзюба, И.Н. Розенберг // [Электронный ресурс]: Известия ЮФУ. Технические науки - 2001 - №4. - Режим доступа: <http://cyberleninka.ru/article/n/optimizatsiya-razmescheniya-tsentrov-skoroy-pomoschi-s-uchetom-nychetkih-dannyh>, свободный. (дата обращения: 11.12.2016).
3. Зубарев, А.К. Совершенствование параметров городской логистики (на примере транспортного обеспечения деятельности городских станций скорой медицинской помощи) // Новый университет. Серия "Экономика и право" - 2012 - №1(11) - С. 14-19.
4. Стародубцева, О.С., Бегичева, С.В., Анализ заболеваемости инсультом с использованием информационных технологий / О.С. Стародубцева, С.В. Бегичева // Фундаментальные исследования - 2012 - №8-2 - С. 424-427.
5. Hall, W.K. The application of multifunction stochastic service systems in allocating ambulances to an urban area // Operations Research 20 - 1972 - №3 - S. 558-570.
6. Han, J. Data mining: concepts and techniques / J. Han, M. Kamber, J. Pei - USA: Morgan Kaufmann Publishers - 2012 - 701 с.
7. Knight, V.A. Ambulance allocation for maximal survival with heterogeneous outcome measures / V.A. Knight, P.R. Harper, L. Smith // Omega 40 - 2012 - №6 - S. 918-926.
8. Lloyd, S. Least square quantization in PCM's [Электронный ресурс]: IEEE Transactions On Information Theory - 1982 - Vol. IT-28 - №2 - Режим доступа: <http://www-evasion.imag.fr/people/Franck.Hetroy/Teaching/ProjetsImage/2007/Bib/Lloyd-1982.pdf>, свободный. (дата обращения: 11.12.2016).
9. Meinzer, N. Decision Support in Emergency Medical Systems / N. Meinzer, S. Storandt // New Strategies for Dynamic Ambulance Allocation. World Wide Web and Public Health Intelligence: Papers from the AAAI-14 Workshop – 2014.
10. Park, H.S. A simple and fast algorithm for K-medoids clustering / H.S. Park, C.H. Jun // Expert Systems with Applications - 2009 - Vol.36 - №2 - S. 3336-3341.
11. Steinhaus, H. Sur la division des corps materiels en parties / H. Steinhaus // Bull. Acad. Polon. Sci. - C1. III - Vol IV - S. 801-804.

**Begicheva Svetlana Viktorovna**  
Ural state university of economics, Russia, Ekaterinburg  
E-mail: begichevas@mail.ru

## **Model of optimal location of stations and branches of ambulance service**

**Abstract.** One of the targets of the State Program of the Russian Federation "Health Development" is a 20-minute transport accessibility ambulance. However, at present time, only 80% Directions trips ambulances in the Russian regions is less than 20 minutes. The targets can be achieved, for example, decreasing radius service area substation SMP. The article deals the problem of optimizing the location of the medical institution, whether post, Open Path item, additional parking SMP vehicles within the city or newly constructed substation SMP. The author suggests the general problem of optimal location of ambulance stations and the mathematical model of optimal placement of stations and affiliates of SMP-based clustering algorithm K-Medoid. The process of admission applications to the ambulance service is described using a set of mathematical apparatus of queuing theory tools. The article contains the description of the Action Strategy Manager SMP, which is proposed to use simulation modeling at the call control process. The use of such a strategy will help to minimize the average time of arrival of the SMP brigade.

**Keywords:** city logistics network; accommodation; emergency medical care; time directions; clustering