

УДК 629.4: 629.12

## ПРИНЯТИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ РЕШЕНИЙ ПРИ МИНИМИЗАЦИИ ПОТЕРЬ ВРЕМЕНИ В ПУТИ СЛЕДОВАНИЯ К ОБЪЕКТАМ ЧС

Беликов А. С., д.т.н., проф.,  
Шаломов В. А., к.т.н., доц.,  
Голендер В. А., к.т.н., с.н.с.,  
Чаплыгин А. С., соиск.,  
Шаранова Ю. Г., соиск.

*ГВУЗ «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры, Украина*  
Тел. (0619) 42-14-28

**Аннотация** - представлены данные исследований по установлению как кратчайших (рациональных) маршрутов движения аварийно-спасательной техники по автодорогам, существующей улично-дорожной сети, так и разработанный универсальный алгоритм принятия решения по выбору маршрутов движения к основным потенциально опасным объектам охраны.

*Постановка проблемы.* Среди основных задач, стоящих перед специальными аварийно-восстановительными организациями и службами, причастными к локализации и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций (ЧС), одной из главных является задача обеспечения оперативности выполнения работ и безопасных действий указанными спецподразделениями.

*Анализ последних исследований.* Как показал проделанный нами анализ, одним из главных факторов в оценке качества выполнения специальных видов работ, которым оценивают проведение всех видов аварийно-восстановительных работ (АВР) в экстремальных условиях, является, сокращение потерь времени на каждом из этапов их ведения, включая подготовку и принятие решений [1, 2].

*Формулирование целей статьи (постановка задания).* Оперативность прибытия любого спец подразделения должна быть достигнута при обеспечении безопасности движения специальных аварийно-спасательных комплексов (АСК) в пути следования с учетом загруженности транспортных артерий города. Именно с этим в первую очередь связаны оперативность прибытия спецподразделений,

четкость координации действий при развертывании сил и средств на месте возникновения ЧС, своевременность их задействования в работе.

*Основная часть.* Подход к решению искомой задачи сопряжен с задачей оценить к тому же и показатели времени в пути следования к объекту по тому или иному рациональному маршруту. Во время пути следования кроме количества перекрестков и суммарной величины расстояния к объекту охраны оказывают влияние и другие, как детерминированные, так и случайные факторы задачи: дорожная обстановка (характеристика) маршрута, технические параметры спецавтомобиля, классность водителя и т.п. Т.е., при углубленном подходе к решению Т-задач следует вводить соответствующие поправки детерминистического и стохастического характера, оказывающих влияние на предпочтения выбора при сравнении конкурирующих маршрутов.

К одним из них следует отнести: категорию дорог (протяженность, состояние дорожного покрытия и др.), процент регулируемых перекрестков на маршруте и участков с многорядным движением и т.п., иными словами иметь конкретные эквиваленты – данные о средней скорости перемещения автомобиля по составляющим маршрут следования участкам и перекресткам пути и об их протяженности. Тогда задача формулируется, как задача принятия решений в «условиях определенности» и по существу связана с классическим математическим анализом в том смысле, что затраченное на преодоление расстояния  $i$ -го участка  $e_{n-1,n}$ , (м) время  $\tau_n$ , (с) находится из тривиального соотношения:

$$\tau_n = \frac{e_{n-1,n}}{V_n} \quad (1)$$

где  $V_n$  – средняя скорость движения спец автомобиля по  $n$ -ому участку, (м/с).

Учет дорожной ситуации, квалификации водителя и его психофизиологического состояния, которые могут в экстремальных условиях повлиять на возможность его соучастия в возникновении ДТП, связано с тем, что этого рода Т-задачи, вообще говоря, относятся к числу задач принятия решений в «условиях риска». Хотя, в конечном счете, их тоже можно решать методами математического анализа с элементами математической статистики. Тогда  $V_n$  – среднестатистическая скорость движения автомобиля (математическое ожидание).

Исключив из рассмотрения влияние случайных факторов и подразумевая, как это и должно быть, высокую классность водителя, можно в рамках детерминистического подхода получить решение задачи как некий «идеальный» случай, т.е. проложить оптимальный маршрут движения к охраняемому объекту, который минимизирует затраты времени в пути следования. Для чего методика определения рациональных маршрутов следования на охраняемый объект нами была формализована и построен модифицированный алгоритм определения оптимального маршрута следования спецподразделения к месту вызова. То есть выбора среди  $r$  рациональных (кратчайших) путей движения к объектам гипотетических ЧС – от исходных начальных секторных точек  $A_n^i(0)$  к конечным точкам  $B_k^i$  оптимального, наиболее быстро приводящего к цели. Решения такой задачи связано с необходимостью определения данных о средних значениях скоростей движения по всем составляющим ориентированный граф дугам (участкам дороги), включая и данные о скоростях прохождения узлов графа (перекрестков).

Для формирования требуемого банка детерминированных данных использовались материалы Управления ГАИ ГУ МВД Украины в Харьковской области по определению интенсивности движения транспортных потоков в городе, в частности в Коминтерновском районе. Кроме того, нами проводились необходимые дополнительные исследования на базе пожарной части № 31 и Учебно-методического центра БЖД и ГЗ МЧС Украины в Харьковской области во время реальных выездов их автомобильной техники для локализации и ликвидации ЧС в Коминтерновском районе г. Харькова. Из числа слушателей учебного центра была сформирована группа регистраторов-учетчиков, которые выезжали с водителями по получению тревожных сообщений на вызовы и с помощью диктофонов регистрировали время выезда и прибытия на конкретные объекты, задержки в пути, а также показания спидометра, которые заносились в карту обследования и по выполнению заданий расшифровывались. Такие же данные об экспериментальных выездах также регистрировались, дополняя реальную картину работы водителя спец автомобиля АСК, при его движении по рациональным маршрутам, охватывающим всю улично-дорожную сеть района.

После статистической обработки всех данных было установлено, что изменения фактической скорости движения аварийно-спасательных автомобилей по участкам маршрутов, их среднеквадратичные отклонения, продолжительность проезда через перекрестки и сложность дорожной ситуации можно описать нормальным законом распределения.

Анализ средних значений скоростей движения спецавтомашин по участкам, их среднеквадратичных отклонений и отклонений времени переезда через перекрестки позволил установить зависимость

этих показателей от параметров базового транспортного средства и условий движения. В связи с этим разработаны регрессионные модели этих изменений, их среднеквадратичных отклонений и отклонений времени переезда через перекрестки. В результате был сделан вывод о том, что во всех регрессионных моделях наиболее значащим фактором является большая (около 0,75) вероятность возникновения сложностей в дорожных ситуациях, в том числе и возникновение ДТП.

Обработка всего объема экспериментальной информации дала возможность строить имитационные модели и оценивать изменения в продолжительности существования во времени сложных дорожных ситуаций при преодолении спецавтомобилем АСК участков маршрута. Причем, для всех видов дорог с различными типами перекрестков (на улицах «Х» и «Т» образных, на площадях) с регулированием направлений движения и временных задержек переключений светофоров, в обычные часы и «часы пик». Если в процессе движения спецавтомобиля включалась свето-звуковая сигнализация (СГУ – «мигалка»), предупреждающая участников движения об опасности, то все анализируемые временные показатели существенно улучшались, приближаясь к обычным расчетным соотношениям дробей длин участков поделенных на средние значения скоростей движения спец автомобиля по  $n$ -ым участкам. Так что необходимость в специальном построении имитационных моделей отпадала.

Полученные материалы исследований подтвердили правомерность использования модели поиска рациональных маршрутов (первый вариант решения Т-задачи), который, прежде всего, направлен на отыскание рекомендованных путей движения к объектам охраны с минимальным количеством перекрестков (узлов графа). Их применение в дальнейшем (второй ее вариант) существенно упрощает компьютерный поиск маршрута с наименьшими потерями времени в пути следования, т.е. искомого оптимального маршрута движения к объекту ЧС, особенно с включенным СГУ. В результате, использование обобщенной модели с приемлемой точностью позволяет определять расчетное время прибытия АСК в зону гипотетической ЧС. В качестве критерия адекватности разработанной модели была принята средняя ошибка определения расчетных значений времени « $t$ » относительно фактического значения этого показателя эффективности по данным контрольных испытаний. Эта средняя ошибка не превышала 3,5%, что позволяет сделать вывод о том, что разработанная модель вполне приемлема для принятия решений руководителем спецподразделения при работе на АСК.

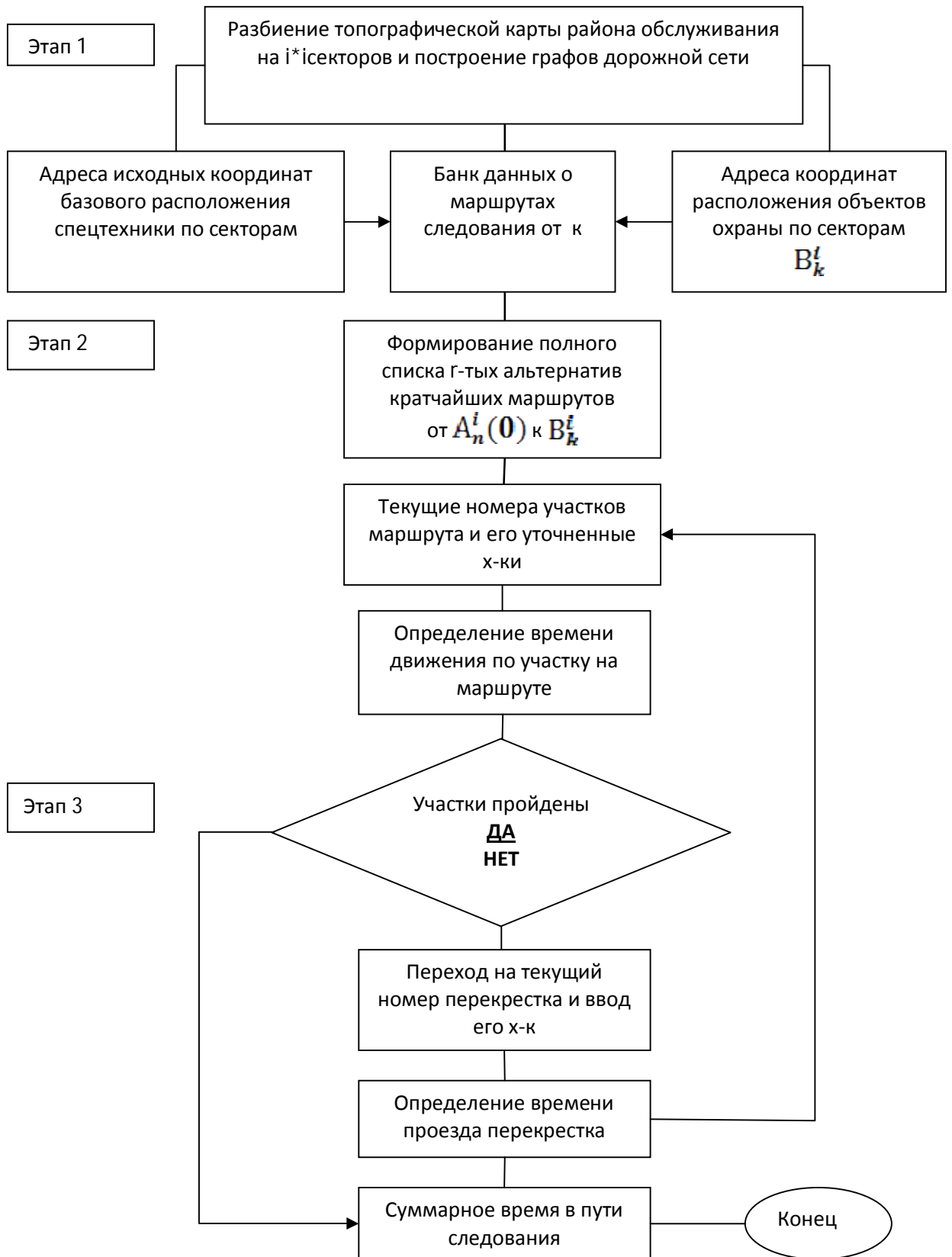


Рис. 1. Блок-схема алгоритма оптимального маршрута следования к охраняемому объекту

Структурно-логическая схема модели определения оптимальных маршрутов и суммарного времени в пути следования к охраняемым объектам приведена на рис.1.

Как уже отмечалось немаловажное, а в некоторых случаях и определяющее влияние на показатель «время» имеет отсутствие в пути следования к объекту охраны заторов и ДТП (их контроль возможен с помощью Интернет-навигатора) и т.п. Такой подход, кроме всего прочего, позволяет оперативно (по пути движения) избежать тех участков пути, где наличествуют непредвиденные заранее ситуации, препятствующие движению АСК, если последние не оказались среди участников ДТП.

В усовершенствованном нами программном продукте предусмотрена возможность его использования в сочетании с навигационной системой Интернет (GPS), что дает, кроме всего прочего, возможность оперативно координировать работу сопричастных аварийно-спасательных подразделений, подразделений специальных коммунальных служб города и медицинских работников.

На основе анализа изменяющихся данных о текущей улично-дорожной ситуации с использованием существующей навигационной системы и бортового ПК оперативно уточняются маршруты, находясь в пути следования и тем самым, обеспечиваются условия принятия оптимальных решений, т.е. минимизации потерь времени в пути следования.

На субъективно оцениваемые водителем параметры движущегося транспортного потока влияет психофизические его реакции: адекватное восприятие условий движения, быстрота и точность вазомоторных реакций, опыт и др.

*Выводы.* На основе проведенных исследований определены рациональные маршруты следования подразделений Коминтерновского РО МЧС Украины в Харьковской области к зоне ЧС с минимальными потерями времени в пути следования. Разработано компьютерное тактико-техническое обеспечение принятия решений руководителем при выдвижении спецподразделений к аварийным объектам.

Литература:

1. Харари Ф. Теория графов: Пер. с англ. / Под ред. Г. П. Гаврилова. – М.: Мир, 1973. – 300 с.
2. Голендер В. А. Функции цели в двухуровневой структуре принятия решений РТП // Проблемы пожарной безопасности. Сб. научн. тр. – Харьков: ХИПБ. – 1999. – Вып. 6. – С. 25–29.

**ПРИЙНЯТТЯ ОПТИМАЛЬНИХ РІШЕНЬ ПРИ МІНІМІЗАЦІЇ  
ВТРАТ ЧАСУ В НА ШЛЯХУ ДОСЛІДЖЕННЯДО О'БЄКТІВНС**

Беліков А. С., Шаломов В. А., Голендер В. А., Чаплигін А. С.,  
Шаранова Ю. Г.

**Анотація - представлені дані досліджень по встановленню як найкоротших (раціональних) маршрутів руху аварійно-рятувальної техніки по автодорогах, існуючої вулично-дорожньої мережі, так і розроблений універсальний алгоритм прийняття рішення щодо вибору маршрутів руху до основних потенційно небезпечних об'єктів охорони.**

**MAKE THE BEST DECISIONS WHILE MINIMIZING THE LOSS  
OF TIME IN TRANSIT TO THE OBJECT OF EMERGENCY**

A. Belikov, V. Shalomov, V. Golender, A. Chaplygin, U. Sharanova

*Summary*

**Presented data from studies on the establishment of both the shortest (rational) routes for rescue equipment by road, the existing road network and develop a universal algorithm for deciding on the choice of routes to the main potentially dangerous objects of protection.**