

## МЕТОДИКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ОЦЕНКИ ТРАНСПОРТНОЙ ДОСТУПНОСТИ УЧАСТКА МЕСТНОСТИ В КОМПЛЕКСЕ ЗАДАЧ КОМАНДНОГО ПУНКТА ДИСПЕТЧЕРСКОЙ СИСТЕМЫ

к.т.н. К.Ю. Дергачев, Д.Ю. Свистунов, А.М. Гудыменко  
(представил проф. В.А. Прокопов)

*Представлена методика автоматизированной оценки транспортной доступности участка местности для обеспечения функционирования командного пункта диспетчерской системы*

**Постановка проблемы.** Современный прогресс в микроэлектронике и компьютерных технологиях, спутниковой навигации и радиосвязи сформировал комплексную и вполне определенную прикладную область диспетчерских информационных технологий. Основной отраслью их применения стали наземные подвижные объекты (ПО): бригады мобильных аварийных, коммунальных, оперативных служб и служб безопасности, подразделения специальных служб, мобильные станции радиолокационной разведки и части вооруженных сил развитых стран мира активно внедряют и используют системы автоматического слежения за местоположением подвижных средств. Концепция управления ПО предусматривает оценку возможности преодоления определенного участка местности и прибытия в заданный район с минимальными временными затратами, что позволит значительно увеличить эффективность применения ПО, правильно осуществлять выбор ПО, способных выполнить стоящие перед ними задачи и прибыть в заданный район с наименьшими временными затратами. При этом информация отображается на средствах визуализации данных и каталогизируется для последующего анализа.

Необходимость оценки транспортной доступности местности продиктована: необходимостью принятия решения и оценку ситуации в ограниченные сроки; необходимостью "отсеивания" участков местности, которые не удовлетворяют требованиям по проходимости конкретных ПО; изменениями ландшафта местности, которые могут возникнуть на местности в следствии чрезвычайных ситуаций, стихийных бедствий; ограниченностью времени на прибытие в заданный район.

Таким образом, транспортная доступность участка местности является его сложной совокупной характеристикой, которая зависит как от

характеристик самих ПО, так и параметров участка местности, по которому ПО движется.

**Анализ последних исследований и публикаций** [1 – 2] показал, что в настоящее время достаточно хорошо проработаны вопросы, связанные с построением оптимальных маршрутов движения транспортных агрегатов, основу рассматриваемых методик построения маршрутов составляют модифицированные алгоритмы волновой трассировки [3]. Также известны неавтоматизированные трудоемкие подходы к составлению карт подвижности для военных агрегатов с использованием топографических карт [4], не позволяющие проводить оценку транспортной доступности участков местности с использованием цифровой картографической информации (ЦКМ).

**Постановка задачи** заключается в разработке методики автоматизированной оценки транспортной доступности участка местности в комплексе задач командного пункта диспетчерской системы.

**Изложение основного материала.** При оценке транспортной доступности информацию о рельефе, свойствах местности целесообразно извлекать из ЦКМ и цифровой модели рельефа (ЦМР) рассматриваемого участка местности.

ПО, в большинстве рассматриваемых транспортных задач, представляет собой колонну автомашин и автопоездов, а планирование движения таких ПО и оценивание возможности достижения той или иной точки представляет собой сложную техническую задачу. ПО может совершить движение из точки А в точку В на участке местности в случае, выполнения условий: существования коридора геометрической проходимости; возможности движения с допустимыми динамическими нагрузками; продольной и поперечной устойчивости автопоезда; возможности движения ПО с точки зрения опорно-цепных характеристик.

Для оценки геометрической проходимости ПО при планировании движения по горизонтальной поверхности необходимо разработать кинематическую модель движения автопоезда и процедуру построения габаритного коридора проходимости. Считается, что для обеспечения геометрической проходимости необходимо построить движение, при котором габаритный коридор проходимости не содержит препятствий.

При планировании движения по пересеченной местности необходимо учитывать допустимость углов въезда и съезда, поэтому условием безопасного движения при планировании следует принять недопущение превышения допустимого уровня динамических нагрузок на подвижный объект и обеспечение динамической устойчивости. Для сокращения объемов вычислений условие обеспечения устойчивости при планировании движения подвижного объекта необходимо, чтобы угол поперечной

устойчивости агрегата был больше угла уклона местности по направлению движения.

Оценить транспортную доступность участка местности можно путем построения матрицы достижимости размерностью, сопоставимой с разрешением ЦКМ, в которой для каждой точки ЦКМ указывается время прибытия ПО в эту точку. В случае невозможности дальнейшего совершения движения в точке ЦКМ, в матрице достижимости указывается признак того, что эта точка не может быть достигнута.

Для расчета времени движения колонны в конкретную точку местности необходимо наличие маршрута движения для ПО. В общем случае маршрут движения ПО содержит участки шоссейных и грунтовых дорог, а также участки бездорожья. Важными характеристиками маршрута являются: время движения, общая протяженность маршрута, протяженность участка маршрута от рассматриваемой позиции до дороги и др. Время движения существенно зависит от наличия, густоты, класса, направления дорожной сети, а также от проходимости местности и влияния отдельных ее участков на скорость движения. Вопросы маршрутизации движения отдельных транспортных средств и колонн техники рассматривались в работах [1, 2].

Оценивание транспортной доступности предлагается осуществлять по необходимому времени для движения из исходной точки и по протяженности этого маршрута. Исходными данными являются: координаты точки цели движения, технические характеристики ПО. Необходимо также учитывать состояние поверхности земли или дороги с учетом погодных условий на момент проведения расчета.

Задача выбора рационального с точки зрения временных затрат маршрута может быть сформулирована как задача поиска из всего множества маршрутов такого, для которого время движения  $t_z$  из пункта А в пункт В будет минимальным. Для каждой точки участка местности поиск маршрута, предлагается проводить на основе последовательных волновых алгоритмов трассировки, поскольку они позволяют определить маршрут движения ПО, если он вообще существует для рассматриваемой местности и условий обстановки.

Для построения маршрута возможного движения ПО во все достижимые точки района местности использован модифицированный волновой алгоритм Ли [3]. В предлагаемой реализации волнового алгоритма участок местности рассматривается как дискретное рабочее поле, составленное из квадратных ячеек со стороной 1 пиксель. Алгоритм выполняет трассировку ячеек дискретного рабочего поля, через которые может проходить траектория, соединяющую очередную пару связанных по тополо-

гии маршрута дискрет. Траектория движения формируется как множество ячеек дискретного рабочего поля, в котором положение каждой следующей ячейки траектории определяется относительно предыдущей по путевой координате. Головной элемент списка соответствует ячейке конечного пункта. Он обеспечивает привязку списка ячеек к абсолютным координатам плана. Конечный элемент списка соответствует ячейке начального пункта звена. На каждом шаге траектория движения увеличивается на длину построенного звена. Согласно такому подходу маршрут движения ПО может быть найден за несколько последовательных этапов.

На первом этапе происходит выявление естественных препятствий и элементов местности, непреодолимых при движении ПО. Такими препятствиями могут быть водоемы, заболоченные участки, дома, участки густого леса. Автоматизированное получение подобной информации возможно путем анализа классификационных кодов объектов участка ЦКМ района движения.

Второй этап заключается в совершении итерационной процедуры оценки минимального времени достижения точки маршрута из исходной точки с учетом препятствий. Он включает следующие операции.

Формирование набора элементарных маршрутов от исходной точки до ближайших характерных точек местности. Такими точками могут быть координаты узлов дорожной сети, извлекаемые из ЦКМ, либо координаты узлов сети точек, определяемые ЦМР.

Анализ уклонов и экспозиций склонов рельефа для каждого элементарного участка маршрута и исключение из дальнейшего анализа тех участков, не удовлетворяющих условиям транспортной доступности местности для конкретного ПО. Углы наклона и экспозиции склонов вычисляются на основе ЦМР района движения. Возможно проведения анализа мостов, дорог, на возможность движения по ним конкретных подвижных объектов.

Оценку скорости движения и длины пути на каждом элементарном участке местности и по маршруту в целом. При движении подвижного объекта по дороге скорость движения определяется типом дороги и состоянием дорожного полотна. Информация о типе дороги содержится в соответствующем ей классификационном коде ЦКМ. При движении вне дорог скорость движения определяется ТТХ ПО, уклонами рельефа в направлении движения, а также количеством и характером препятствий на пути движения.

После окончания второго этапа каждой характерной точке местности присваивается значение минимального времени ее достижения.

Третьим этапом оценки степени транспортной доступности является формирование рекомендуемого маршрута движения и определение

его протяженности. Для всех точек маршрута должны выполняться условия транспортной доступности, а время движения по нему по сравнению со всеми возможными маршрутами должно быть минимальным. В соответствии с изложенными требованиями детально формирование трассы рассмотрено в [1]. На рис. 1 показаны границы матрицы достижимости и маршруты движения ПО, обеспечивающие одно и то же время движения к произвольным точкам района местности.

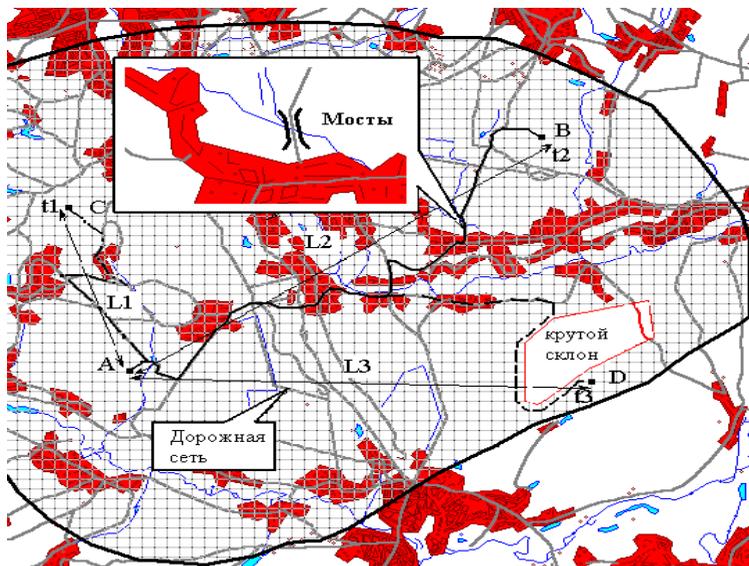


Рис. 1. Границы матрицы достижимости для исходной позиции ПО

Для автоматизированного оценивания транспортной доступности местности разработан алгоритм автоматизированного расчета минимального времени совершения марша до каждой достижимой точки нахождения ПО. В качестве исходного картографического материала применены ЦКМ масштаба 1:200000 обменного формата, для которой построена ЦМР, заданная узлами регулярной прямоугольной сети точек, с шагом дискретизации 75 м. Результаты расчетов для различных вариантов исходных данных приведены на рис. 2 – 3. Расчет выполнен для одной и той же местности без учета (рис. 2) и с учетом (рис. 3) дорожной сети.

**Выводы.** Разработанная методика автоматизированной оценки транспортной доступности на основе применения модифицированных методов волновой трассировки с использованием исходного картогра-

фического материала в виде ЦКМ, позволяет оперативно оценивать транспортную доступность участков местности.

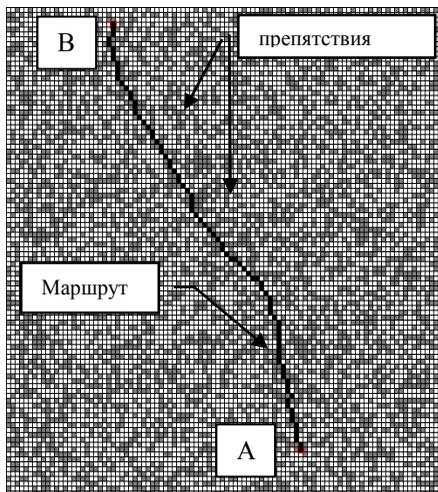


Рис. 2. Расчет маршрута движения без учета дорожной сети

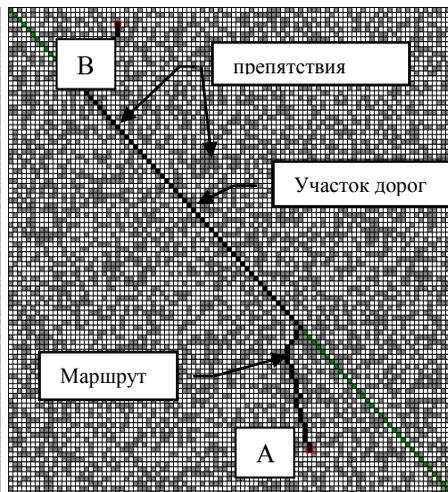


Рис. 3. Расчет маршрута движения с учетом дорожной сети

## ЛИТЕРАТУРА

1. Дергачев К.Ю., Прокопов В.А., Свистунов Д.Ю. Метод построения оптимальных маршрутов движения колон автотранспортной техники // Системы обработки информации. – Х.: НАНУ, ПАНМ, ХВУ. – 2002. – Вып. 3 (19). – С. 199 – 202.
2. Дергачев К.Ю., Полёжаев А.М., Прокопов В.О. Маршруты наземного транспорта лётальных аппаратов. – Х.: ХВУ, 2000. – 123 с.
3. Курейчик В.М. Математическое обеспечение конструкторского и технологического проектирования с применением САПР. – М.: Радио и связь, 1990. – 384 с.
4. Вонг Дж. Теория наземных транспортных средств. – М.: Машиностроение, 1982. – 284 с.

Поступила 18.10.2004

**ДЕРГАЧЕВ Константин Юрьевич**, канд. техн. наук, ст. науч. сотр., старший научный сотрудник ОНИИ ВС. Окончил ХВУ в 1995 году. Область научных интересов – оптимальное управление движением сложных технических объектов.

**СВИСТУНОВ Дмитрий Юрьевич**, научный сотрудник ОНИИ ВС. В 1995 году окончил Харьковский военный университет. Область научных интересов – GIS-технологии.

**ГУДЫМЕНКО Александр Михайлович**, младший научный сотрудник ОНИИ ВС. Окончил ХВУ в 2001 году. Область научных интересов – оптимальное управление движением сложных технических объектов.