

## МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОПТИМАЛЬНЫХ МАРШРУТОВ ДВИЖЕНИЯ ПОДВИЖНЫХ ОБЪЕКТОВ В КОМПЛЕКСЕ ЗАДАЧ КОМАНДНОГО ПУНКТА ДИСПЕТЧЕРСКОЙ СИСТЕМЫ

к.т.н. К.Ю. Дергачев, к.т.н. С.Н. Флерко, Д.В. Кравцов  
(представил д.т.н., проф. В.П. Деденок)

*Представлена методика определения оптимальных маршрутов движения подвижных объектов 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: бригады мобильных аварийных, коммунальных, оперативных служб и служб безопасности, подразделения специальных служб и части вооруженных сил развитых стран мира активно внедряют и используют системы автоматического слежения за местоположением подвижных средств. Концепция слежения за подвижными объектами и контроля за их состоянием заключается в оперативном (своевременном) получении соответствующей службой реальной и объективной информации о текущих координатах подвижного средства, его скорости и направлении движения, а также (по возможности) данных о его функциональном состоянии. При этом информация отображается на технических средствах визуализации данных и каталогизируется для последующего анализа.

**Анализ последних исследований и публикаций** [1 – 2] показал, что основу рассматриваемых систем составляют три технологии:

1) навигация: определение координат и скорости подвижного средства с использованием доступных сигналов глобальных спутниковых навигационных систем GPS/ГЛОНАСС;

2) связь: штатные мобильные наземные каналы связи между подвижными объектами и стационарным (или также подвижным) командным пунктом, которые должны обеспечивать надежные прием и передачу информации;

3) картография: набор цифровых или растровых картографических данных о местности (ландшафт, дороги, населении пункты).

Основные функциональные задачи, которые в системе возлагаются на программно-аппаратные средства диспетчерского (командного) пункта, заключаются в следующем:

- контроль текущего места нахождения и управление подвижными объектами;
- возможность слежения, как за отдельными объектами, так и за группой объектов в соответствии с их приоритетом;
- оптимизация маршрутных потоков подвижных объектов с учетом специфики задач и их приоритетности;
- учет различных требований специальных потребителей;
- отображение информации на цифровой карте местности в стандартных форматах ESRI, архивация и хранение данных;
- своевременное обновление оперативной информации о координатах подвижных объектов и их функциональном состоянии;
- организация взаимодействия отдельных единиц техники;
- обеспечение безопасности движения и контроля состояния перевозки критичных грузов;
- принятие верных решений о ликвидации внештатных ситуаций.

Для обеспечения функционирования большинства практических приложений командного пункта диспетчерской системы, кроме визуализации данных на диспетчерском (командном) пункте, необходимо наличие эффективного программно-аппаратного средства поддержки принятия решения для выбора оптимальных маршрутов движения подвижных объектов. Причем эффективность решения задач маршрутизации подразумевает возможность решения широкого круга задач определения оптимальных маршрутов движения для различных подвижных объектов, с возможностью графической визуализации предлагаемых решений, на основе учета цифровой картографической информации о местности и данных о текущем местоположении подвижного объекта.

**Постановка задачи** заключается в разработке общей методике определения оптимальных маршрутов движения подвижных объектов для обеспечения функционирования командного пункта диспетчерской системы.

**Изложение основного материала.** Для решения прикладных задач маршрутизации движения подвижных объектов была разработана автоматизированная методика определения оптимальных маршрутов движения, которая основана на результатах проведенных исследований [3, 4]. В предлагаемой методике, в качестве объекта маршрутизации могут выступать различные транспортные агрегаты (моноагрегаты, автопоезда, колонны машин). В качестве модели местности в методике предлагается

использовать дискретное рабочее поле (ДРП), которое может быть получено на основе растрового графического изображения цифровой картографической информации или сканированного изображения топографической карты. Определение маршрутов движения транспортных средств осуществляется при помощи модифицированных алгоритмов последовательно-параллельной трассировки Ли. Задача построения оптимального маршрута движения может быть формализована следующим образом. Совокупность всех возможных маршрутов  $\Omega_{AB}$  из пункта А в пункт В описывается моделью, определить параметры которой можно, используя цифровую картографическую информацию и технические данные конкретных подвижных объектов:

$$\Omega_{AB} = \{\omega_z : S_k \leq \{\rho(W_i, W_j), S_{допн}\};$$

$$\alpha_n \leq \alpha_{допк}; \beta_n \leq \beta_{допк};$$

$$P_k \leq P_{допу}; i, j \in R$$

$$z \in \{1, 2, \dots, Z\}; k \in \{1, 2, \dots, K\}; u \in \{1, 2, \dots, U_z\}; n \in \{1, 2, \dots, N_z\}\},$$

где  $\omega_z$  –  $z$ -й маршрут движения из пункта А в пункт В;  $S_k$  – ширина транспортного средства (ТС)  $k$ -го образца, имеющего наибольшую ширину;  $\rho(W_i, W_j)$  – ширина коридора проходимости между границами  $i$ -го и  $j$ -го препятствия на участках движения по пересеченной местности;  $S_{допн}$  – ширина полосы  $n$ -го участка дорожного полотна (моста) при движении по дорогам;  $\alpha_n$  и  $\beta_n$  – наклон и предельный угол статической устойчивости транспортного средства на  $n$ -м участке пути по отношению к направлению движения соответственно;  $\alpha_{допк}$  и  $\beta_{допк}$  – максимально допустимые значения углов уклона и предельный угол статической устойчивости транспортных средств для  $k$ -го ТС;  $P_k$  – масса самой тяжелой транспортной единицы колонны  $k$ -го ТС;  $P_{допу}$  – предельная грузоподъемность  $u$ -того моста на маршруте движения колонны.  $R$  – множество препятствий на пути движения колонны;  $Z$  – количество возможных маршрутов при движении из пункта А в пункт В;  $K$  – количество образцов ТС;  $U_z$  – количество мостов на  $z$ -том маршруте движения колонны;  $N_z$  – количество участков пути  $z$ -того маршрута движения.

Задача выбора оптимального по времени маршрута может быть сформулирована как задача поиска из всего множества  $\Omega_{AB}$  такого маршрута, для которого время движения  $t_z$  из пункта А в пункт В будет минимальным, т.е.

$$t_z = \sum_{n=1}^{N_z} t_n [V_{kn}, L_n] \rightarrow \min ,$$

где  $t_n$  – время движения колонны на n-м участке пути z-го маршрута движения;  $L_n$  – длина n-го участка пути z-го маршрута движения;  $V_{kn}$  – максимальная скорость движения колонны k-го образца ТС на n-м участке пути z-го маршрута движения.

Структура и содержание методики определения оптимального маршрута движения ТС представлено на рис. 1. Методика представляет собой два взаимосвязанных этапа.

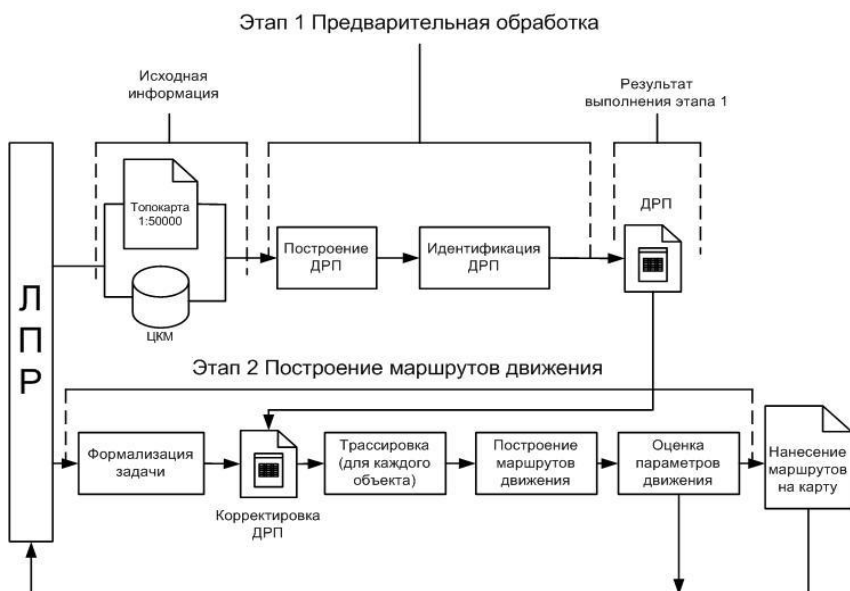


Рис. 1. Структура и содержание предлагаемой методики

Цель этапа 1 – выполнение подготовительных операций, которые необходимы для проведения процедур определения маршрутов движения транспортных агрегатов. В ходе этих этапов выполняются следующие действия (рис. 1):

- построение ДРП;
- идентификация дискретов;
- сохранение ДРП.

В качестве исходной информации для определения оптимальных маршрутов движения может быть как цифровая карта местности (ЦКМ) масштаба 1:50000, так и топографическая карта.

Цель этапа 2 – выполнение процедур, связанных непосредственно с построением маршрутов движения и нанесением их на изображение картографической информации. Для этого выполняется формализация задачи построения маршрута движения, корректировка ДРП, проводится трассировка для каждого объекта при помощи одного из разработанных алгоритмов трассировки [3 – 4], проводится непосредственно построение маршрутов. После нанесения разработанных маршрутов движения на растровое изображение карты местности результат выполнения представляется лицу, принимающему решения (ЛПР) на командном пункте диспетчерской системы.

**Выводы.** 1. В статье представлена математическая постановка задачи определения оптимальных маршрутов движения ТС.

2. Предложена методика определения оптимальных маршрутов движения подвижных объектов для обеспечения функционирования командного пункта диспетчерской системы.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Глобальна система визначення місцеположення (GPS): Теорія і практика / Б. Гофманн-Велленгоф, Г. Ліхтенеггер, Д. Коллінз; переклад з англ. під ред. Я.С. Яцківа. – К.: Наук. думка, 1995. – 380 с.*
2. *Grewal M.S., Brown W., Hsu P., Lucy R. Ionospheric Delay Validation using Dual Frequency Signal from GPS at GEO Uplink Subsystem Locations // ION GPS' 99. – Nashville, TN, USA. – 14 – 17 September, 1999. – P. 1429 – 1436.*
3. *Дергачев К.Ю. Прокопов В.А. Свистунов Д. Ю. Метод построения оптимальных маршрутов движения колон автотранспортной техники // Системы обработки інформації. – Х.: НАНУ, ПАНМ, ХВУ. – 2002. – Вип. 3 (19). – С. 199 – 202.*
4. *Дергачев К.Ю. Прокопов В.А. Глобальное планирование маршрутов движения транспортных агрегатов с учетом рельефа местности // Системы обработки інформації. – Х.: НАНУ, ПАНМ, ХВУ. – 2002. – Вип. 4 (20). – С. 142 – 144.*

Поступила 31.08.2004

**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.

**ФЛЕРКО Сергей Николаевич**, канд. техн. наук, заместитель начальника НИО ОНИИ ВС. Окончил ХВУ в 1994 году. Область научных интересов – системы и комплексы спутниковой навигации и геодезии. E-mail: [flerko@ukr.net](mailto:flerko@ukr.net).

**КРАВЦОВ Дмитрий Владимирович**, научный сотрудник ОНИИ ВС. Окончил ХВУ в 1994 году. Область научных интересов – системы и комплексы спутниковой навигации и геодезии.