



УДК 355.5
ГРНТИ 78.21.53

МЕТОДИКА ОЦЕНИВАНИЯ ПРОХОДИМОСТИ МЕСТНОСТИ С УЧЕТОМ ТРЕБОВАНИЙ К ПОВЫШЕНИЮ МАНЕВРЕННОСТИ МОБИЛЬНЫХ ВОИНСКИХ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ ВОЗДУШНО-КОСМИЧЕСКИХ СИЛ

*В.П. МАСЛОВ, кандидат военных наук, доцент
Военно-космическая академия имени А.Ф. Можайского (г. Санкт-Петербург)
Е.Е. ИСАКОВ, кандидат военных наук
Военно-космическая академия имени А.Ф. Можайского (г. Санкт-Петербург)
Ю.В. КОВАЛЁВ
Военно-космическая академия имени А.Ф. Можайского (г. Санкт-Петербург)*

В работе рассмотрены возможности использования геоинформационных систем для оценивания проходимости местности в целях выбора маршрута движения транспортных средств. Изложены основные положения усовершенствованной методики оценивания проходимости местности, которая может быть реализована в геоинформационной системе «Оператор». Отмечена необходимость использования данных о влажности грунтов, получаемых по результатам дистанционного зондирования земли.

Ключевые слова: выбор маршрута движения, мобильное воинское подразделение, геоинформационная система «Оператор», методика оценивания проходимости местности, влажность и несущая способность грунтов, дистанционное зондирование земли.

METHODOLOGY FOR ASSESSING TERRAIN PATENCY TAKING INTO ACCOUNT THE REQUIREMENTS FOR INCREASING MANEUVERABILITY OF THE AEROSPACE FORCES MOBILE MILITARY UNITS

*V.P. MASLOV, Candidate of Military sciences, Associate Professor
A.F. Mozhaikiy Space Military Academy (Saint Petersburg)
E.E. ISAKOV, Candidate of Military sciences
A.F. Mozhaikiy Space Military Academy (Saint Petersburg)
YU.V. KOVALYOV
A.F. Mozhaikiy Space Military Academy (Saint Petersburg)*

The paper considers the possibility of using geo-information systems to assess terrain patency in order to select the route of vehicles. The main provisions of the improved methodology for assessing terrain patency, which can be implemented in the geo-information system «Operator», are presented. The necessity of using data on soil moisture obtained from remote sensing of the earth is noted.

Keywords: route selection, mobile military unit, geo-information system «Operator», method of assessing terrain patency, soil moisture and load-bearing capacity, remote sensing of the earth.

Введение. В настоящее время в Воздушно-космических силах Вооруженных Сил Российской Федерации для подвоза материальных средств, перевозки людей, вооружения и техники, широко применяются транспортные средства (мобильные системы и комплексы) повышенной проходимости. Применение мобильных систем и комплексов, как правило, осуществляется в пределах позиционных районов, оборудованных системой боевых позиций, связанных дорожной сетью. При этом, проведение маневренных действий рассматривается как



основной способ повышения их живучести и построения системы огня с требуемыми для выполнения боевой задачи значениями показателей. Ключевую роль играет фактор своевременного прибытия мобильных воинских подразделений на новую боевую позицию в готовности к выполнению боевой задачи. В этой связи выбор рационального маршрута при организации марша мобильного подразделения, в особенности в сложных условиях тактической обстановки, зачастую является залогом успешного выполнения задачи (боевой задачи).

Актуальность. Анализ существующего порядка выбора маршрута марша показал, что основным проблемным моментом является низкая степень использования потенциальных возможностей транспортных средств (ТС) по движению на местности. Применяемый в настоящее время порядок планирования марша предусматривает поиск и определение основного и запасного маршрутов. При этом, для движения ТС используется дорожная сеть и лишь в отдельных случаях подготовленные заблаговременно колонные пути. В условиях отсутствия воздействия противника (малых рисках уничтожения или разрушения объектов дорожной инфраструктуры), большой густоты дорожной сети и неограниченного строго лимита времени на движение ТС, применяемый порядок совершения марша, обеспечивает своевременное прибытие мобильных подразделений в назначенный район. Однако, при возникновении условий, препятствующих движению по выбранным маршрутам (разрушение объектов дорожной инфраструктуры, образование завалов и иных препятствий на дорогах), обусловленных воздействием противника, и жестких временных требований к маневрированию, применяемый порядок не позволит достичь целей марша. В свою очередь, невыполнение задачи по совершению марша, может привести к утрате живучести мобильного подразделения или срыву мероприятий по построению боевого порядка.

В этой связи, при выборе маршрута марша в сложных условиях обстановки, целесообразен подход, предусматривающий использование для движения ТС, наряду с элементами дорожной сети, пригодных по условиям проходимости участков местности вне дорог. В его основу должна быть положена более полная реализация потенциала движения колесных шасси повышенной проходимости при условии корректного учета массогабаритных характеристик, установленного на них вооружения. Применение такого подхода будет способствовать повышению маневренных возможностей мобильного подразделения.

Следует отметить, что определяющее значение при реализации такого подхода имеет получение достоверных количественных оценок проходимости местности, обладающих достаточной степенью точности.

В настоящее время для обоснования решений при планировании действий войск, в особенности мобильных воинских частей и подразделений, достаточно широкое применение получили геоинформационные системы (ГИС). Так, принятая в 2013 году на снабжение в Вооруженных Силах Российской Федерации ГИС «Оператор» имеет встроенные средства коллективной работы в сети (используются программы GIS WebServer и ГИС Сервер) с электронными картами местности и оперативной обстановкой для планирования и управления войсками и оружием [1].

Наряду с основной прикладной задачей ГИС «Оператор» – редактор оперативной обстановки, в состав его программного обеспечения входят реализованные в виде динамических библиотек сервисные модули расчетных и военно-прикладных задач [1]. Анализируя их возможности, следует отметить, что в большей мере повышению оперативности принятия решения на марш мобильных подразделений и качества его планирования может способствовать реализация встроенной задачи «Расчеты по карте» (вкладка вспомогательной панели «Работа с сетью»). Однако, особенность этой задачи заключается в том, что построение оптимальных маршрутов движения производится лишь на основе существующей дорожной сети.



В ЗАО Конструкторское бюро «Панорама» разработана версия «Комплекса инженерных задач» входящего в состав ГИС «Оператор». В состав комплекса включен и новый режим «Проезжимость по рельефу», при использовании которого, проезжимость местности вне дорог определяется ее пересечённостью и крутизной скатов. В среде ГИС «Оператор» данные сведения могут быть представлены в виде матрицы уклонов [1]. Однако, новый режим может быть использован лишь для предварительной оценки проезжимости местности транспортными средствами, так как при определении возможности и условий движения не учтены характеристики почвогрунтов, растительного покрова и гидрографии. Кроме того, способ построения зон скорости передвижения учитывает лишь одностороннее движение вверх по склону, в то время как возможность и скорость движения в других направлениях (вниз и вдоль склона) будут существенно отличаться. Это всё неизбежно приведет к погрешностям в оценках.

Местность – часть земной поверхности со всеми ее элементами. Она является одним из факторов наземной тактической обстановки. Ее влияние на действия мобильных частей и подразделений заключается в формировании условий, способствующих или усложняющих выполнение ими боевых задач и задач всестороннего обеспечения их действий. Для получения оценок проезжимости местности, удовлетворяющих предъявляемым требованиям к степени обоснованности выбора маршрута марша, существует необходимость учета влияния (в том числе совместного) всей совокупности основных топографических элементов местности (ОТЭМ). К основным топографическим элементам местности относятся: рельеф, растительный покров, почвогрунты, гидрография, дорожная сеть и населенные пункты. В тоже время итоговый набор показателей, необходимых для оценивания проезжимости, не должен быть чрезмерно велик. Целесообразным для применения следует считать тот состав, который, помимо данных об ОТЭМ, будет учитывать характер выполняемых подразделением задач, требования к точности получаемых оценок и непосредственно возможности по сбору информации в тех или иных объемах с учетом метеорологических условий и тактико-технических характеристик транспортных средств.

Задача определения траектории движения (поиска кратчайшего пути на плоскости) решается на взвешенном графе. Алгоритм решения предполагает решение двух частных задач:

построение графа;

определение кратчайшего пути между двумя точками.

Для построения графа исходный район разбивается на отдельные участки местности (элементарные площадки). В общем случае, порядок разбиения района определяется особенностями применения исследуемых объектов, необходимой точностью оценки проезжимости местности и наличием возможностей по сбору и обработке информации.

Через S обозначим суммарную площадь исходного района, а через $\{S_{ij}\}$ – множество элементарных участков в его пределах. Тогда:

$$S = \bigcup_{\substack{i \in I \\ j \in J}} S_{ij} / S_{kl} \cap S_{mn} = 0, \forall k, m = \overline{1, I}, l, n = \overline{1, J}, kl \neq mn, \quad (1)$$

где I, J – индексные множества.

Оценивание проезжимости местности на участке маршрута в пределах элементарной площадки (ЭП) осуществляется в следующей последовательности:

1. По результатам оценивания последствий воздействия противника, аварий природного и техногенного характера, определяется наличие в пределах ЭП лесных завалов, разрушений, пожаров, затоплений местности.

Оценивание проезжимости производится с учетом характера воздействий (аварий), особенностей влияния и пространственного положения, подвергшихся воздействию участков, относительно выбранного направления движения $Наp_{ij}$.



2. Если расположение препятствий не ограничивает движение ТС и в пределах ЭП существует дорожная сеть, то производится сравнение направления дороги Nds_{ij} и выбранного направления движения.

В случае несоответствия направления дороги выбранному Nap_{ij} , в целях определения возможности ее пересечения, проверяется наличие съездов с дороги. При их наличии оценивается проходимость ЭП в данном направлении вне дорог.

3. При планировании передвижения длинномерных и крупногабаритных ТС учитывается влияние на проходимость особенностей обустройства местности в пределах полосы отвода автомобильной дороги и оцениваются характеристики инженерно-дорожных сооружений.

4. Определение возможности движения по дороге производится на основе сравнения значений ее характеристик (максимальный уклон дороги, ширина проезжей части, минимальный радиус поворота) с тактико-техническими характеристиками ТС, с учетом текущих метеорологических и сезонных условий. При этом определяются значения коэффициентов, влияющих на скорость ТС и расход горючего.

5. Если проезжая часть дороги имеет твердое покрытие, то в зависимости от его состояния определяется значение допустимой средней скорости движения ТС V_{cp} . С учетом влияния метеорологических и сезонных условий K_s выражение для вычисления скорости движения ТС по ЭП в оцениваемом направлении V_{cpij} имеет вид:

$$V_{cpij} = K_s \times V_{cp} \quad (2)$$

Определение времени движения ТС T_{dij} и расхода горючего G_{cmij} производится с использованием следующих выражений:

$$T_{dij} = L_{dij} / V_{cpij}, \quad (3)$$

$$G_{cmij} = \gamma_{cm}^H \times L_{dij}, \quad (4)$$

где γ_{cm}^H – нормативный расход горючего, затрачиваемого ТС на 1 километр пути, вычисленный в относительных единицах; L_{dij} – протяженность участка маршрута в пределах ЭП.

6. Если проезжая часть дороги не имеет твердого покрытия, то возможность движения ТС должна определяться в зависимости от соотношения величины нагрузки ТС Q_{gr} на грунтовое основание и несущей способности грунта P_{gr} .

Величина Q_{gr} зависит от весовых характеристик и конструктивных особенностей ТС.

Величина P_{gr} определяется в зависимости от вида грунта Gr и его относительной влажности W_{gr} .

В том случае, когда движение осуществляется в зимний период, при определении несущей способности грунта, учитывается влияние глубины промерзания грунтового основания $\alpha_{пр}$, которое вычисляется, исходя из суммы абсолютных значений среднемесячных отрицательных температур, за расчетный период для данного района и вида грунта.

Наряду с вычислением значений P_{gr} и Q_{gr} определяются коэффициенты, учитывающие влияние вида и относительной влажности грунта, при текущих условиях движения, на скорость ТС и расход горючего.

7. Если по соотношению значений Q_{gr} , P_{gr} возможно движение необходимого количества ТС, то выражения для вычисления средней скорости движения и расхода горючего принимают следующий вид:



$$V_{cpij} = K_s^w \times K_s \times V_{cp}, \tag{5}$$

$$G_{cmij} = K_g^w \times \gamma_{cm}^H \times L_{dij}, \tag{6}$$

где K_s^w – скорость движения ТС, K_g^w – расход горючего.

8. Оценивание проходимости местности вне дорог производится в случае отсутствия в пределах ЭП дорожной сети или несовпадения направления дороги заданному $Nap_{ij} \neq Nds$, или несоответствия характеристик дорог (инженерно-дорожных сооружений) техническим характеристикам ТС.

При этом анализируется совокупное влияние на проходимость местности ее рельефа, грунта, растительного покрова и объектов гидрографии, с учетом текущих условий движения (в том числе и влажности грунта) путем сравнения значений характеристик ОТЭМ с тактико-техническими характеристиками ТС на основе применения установленных зависимостей. Количественные оценки такого влияния на среднюю скорость движения и расход горючего учитываются введением соответствующих коэффициентов K_{sp} , K_{gp} в выражение (4, 5):

$$V_{cpij} = K_s^w \times K_{sp} \times K_s \times V_{cp}(\alpha_{ck}), \tag{7}$$

$$G_{cmij} = K_g^w \times K_{gp} \times \gamma_{cm}^H \times L_{dij}. \tag{8}$$

На рисунке 1 представлен предлагаемый методический подход к оцениванию проходимости местности в пределах ЭП в виде блок-схемы.

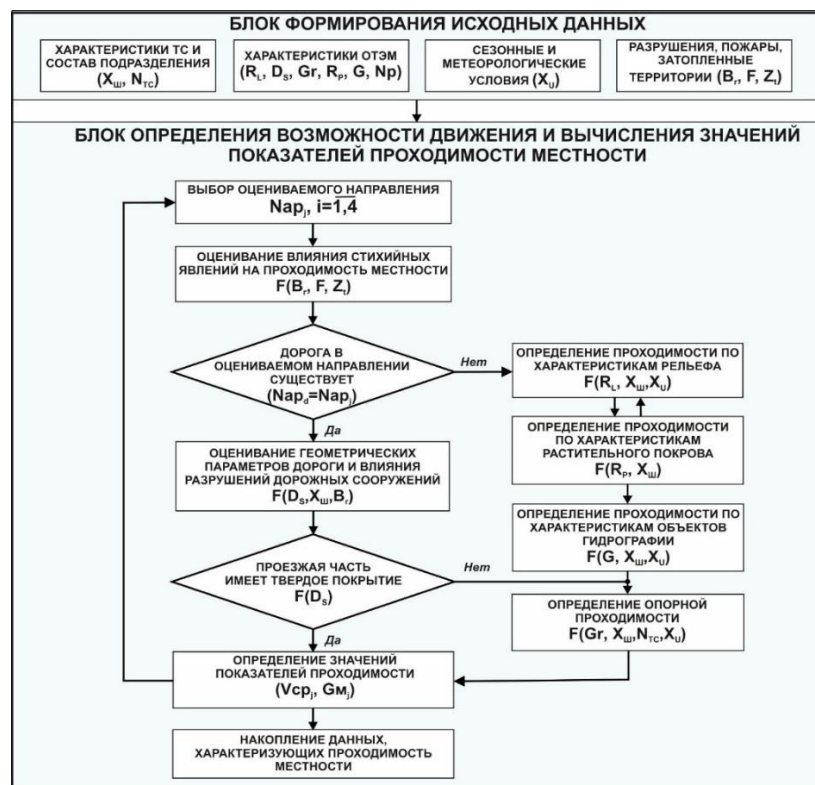


Рисунок 1 – Оценивание проходимости местности в пределах элементарной площадки



Учитывая, что большинство характеристик ОТЭМ относительно постоянны, подготовка исходных данных для получения указанных оценок не вызывает особых трудностей. Исключение составляет лишь получение по результатам динамических наблюдений данных о влажности грунтов. Они необходимы для более точного определения несущих свойств грунта, в частности, по аналитическим зависимостям, так как применение табличного метода существенно снижает качество оценок.

Поэтому для оценивания проходимости местности вне дорог и по дорогам без твердого покрытия, с достаточным для планирования маршрута передвижения качеством, необходимо обеспечить оперативное получение информации о влажности грунтов.

Под грунтом понимают все виды верхнего слоя земной поверхности: грунты, почвы, снег и т.д. Грунты являются дисперсным веществом, в котором среди мелко раздробленных тел могут находиться: влага, воздух, остатки микроорганизмов животного и растительного происхождения. Размеры частиц этих твердых тел, плотность их размещения, степень заполнения межвоздушного пространства, насыщенность влагой или продуктами органического происхождения влияют на механические свойства грунтов, и, следовательно, определяют взаимодействие колесного движителя (КД) с грунтом.

За основу классификации грунтов принято принимать гранулометрический состав, являющийся наиболее стабильным параметром грунтов. Влажность, плотность, пористость и другие параметры меняются в широких пределах в зависимости от внешних условий. Классификация грунтов по гранулометрическому составу приведена в таблице 1.

Таблица 1 – Классификация грунтов по гранулометрическому составу

Наименование грунта	Размер частиц, мм	Разновидность	Размер частиц, мм
Валуны окатанные и камни угловатые	< 200	Крупные валуны Средние валуны Мелкие валуны	800 800–400 400–200
Булыжник и галька окатанные, щебень угловатый	200–40	Булыжник и крупный щебень Крупная галька и щебень Мелкие галька и щебень	200–100 100–60 60–40
Гравий окатанный и дресва угловатая	40–2	Крупные Средние Мелкие Очень мелкие	40–20 20–10 10–4 4–2
Песок	2–0,05	Грубый Крупный Средний Мелкий Тонкий	2–1 1–0,5 0,5–0,25 0,25–0,1
Пыль	0,05–0,005	Крупная (грубая) Мелкая (тонкая)	0,05–0,01 0,01–0,005
Глина	> 0,005	Глинистые	> 0,005

Данные о влажности грунтов могут быть получены микроволновым радиометрическим методом. Установлено, что «самая высокая чувствительность к влажности почвы наблюдается на частоте в 6,8 ГГц» [2]. Используя возможности применения разных частотных каналов радиометров, установленных на действующих и планируемых к запуску космических аппаратах, может быть создана библиотека эталонных спектров (коэффициентов спектральной яркости). Далее возможно, например, с помощью методов пространственной интерполяции определять влажность почвы в различных точках исследуемой территории на основе интерполяции известных ее значений [3].



Таким образом, получая данные о влажности грунтов при дистанционном зондировании земли, возможно использование ГИС для получения количественных оценок проходимости местности, что способствует повышению оперативности и достоверности принимаемых решений на действия мобильных воинских частей и подразделений.

Решение оптимизационных задач поиска маршрутов движения мобильных подразделений производится на связном взвешенном графе $G^*(V^*, L^*)$, построенном на сети G с учетом состояния проходимости местности. По результатам оценивания проходимости местности для районов с различной степенью пересеченности местности вычислялась густота возможных направлений движения $K_{нд}$, как сумма густоты дорожной сети $K_{дс}$ и направлений движения вне дорог $K_{вд}$. Величина $K_{нд}$ является фактически обобщенной характеристикой условий проходимости на участке местности, на котором осуществляется выбор маршрута движения.

В ходе исследований установлено, что при применении предлагаемой методики оценивания проходимости местности, густота возможных направлений движения превышает густоту дорожной сети на 18–53 % (в зависимости от степени пересеченности местности), что существенно расширяет возможности по выбору маршрута марша (исследования проводились в районах с равными значениями $K_{дс}$).

Выводы. Основные тенденции развития оперативного искусства и тактики, повышение боевых возможностей современного вооружения и военной техники ужесточают требования к маневренности мобильного подразделения. В сложившихся условиях применяемый порядок выбора маршрута марша не обеспечивает достижение его целей с необходимой степенью надежности.

Предлагаемый подход к выбору маршрута марша, предусматривающий рациональный порядок использования свойств местности, позволит повысить эффективность применения мобильного подразделения, что будет способствовать сохранению ими живучести в сложных условиях тактической обстановки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Филинов С.П. Основы применения геоинформационных систем в работе штабов соединений и воинских частей: учебно-методическое пособие / С.П. Филинов. Санкт-Петербург: ВКА им. А.Ф. Можайского, 2018. 67 с.
2. Ивченко О.А. Разработка радиоволнового метода определения гидрофизических свойств почв: дис. ... канд. физ-мат. наук. Омск, 2007. 170 с.
3. Даргейко Л.Ф., Сахацкий А.И., Федоровский А.Д. Оценка влажности почвы по космическим снимкам дистанционного зондирования земли на основе метода пространственной интерполяции Колмогорова // Геоинформатика. 2008. № 4. С. 49–51.

REFERENCES

1. Filinov S.P. Osnovy primeneniya geoinformacionnyh sistem v rabote shtabov soedinenij i voinskih chastej: uchebno-metodicheskoe posobie / S.P. Filinov. Sankt-Peterburg: VKA im. A.F. Mozhajskogo, 2018. 67 p.
2. Ivchenko O.A. Razrabotka radiovolnovogo metoda opredeleniya gidrofizicheskikh svojstv pochv: dis. ... kand. fiz-mat. nauk. Omsk, 2007. 170 p.
3. Dargejko L.F., Sahackij A.I., Fedorovskij A.D. Ocenka vlazhnosti pochvy po kosmicheskim snimkam distancionnogo zondirovaniya zemli na osnove metoda prostranstvennoj interpolyacii Kolmogorova // Geoinformatika. 2008. № 4. pp. 49–51.

© Маслов В.П., Исаков Е.Е., Ковалёв Ю.В., 2020



Маслов Владимир Петрович, кандидат военных наук, доцент, профессор 102 кафедры организации повседневной деятельности и боевой подготовки, Военно-космическая академия имени А.Ф. Можайского, Россия, 197198, г. Санкт-Петербург, ул. Ждановская, 13, 13mpv@mail.ru.

Исаков Евгений Естиславович, кандидат военных наук, старший преподаватель 102 кафедры организации повседневной деятельности и боевой подготовки, Военно-космическая академия имени А.Ф. Можайского, Россия, 197198, г. Санкт-Петербург, ул. Ждановская, 13, Latinako@mail.ru.

Ковалёв Юрий Владимирович, преподаватель 116 кафедры управления войсками и службы штабов, Военно-космическая академия имени А.Ф. Можайского, Россия, 197198, г. Санкт-Петербург, ул. Ждановская, 13, уга656@mail.ru.