Исследование проходимости стандартного вездехода

Мясников Евгений Анатольевич
кандидат физико-математических наук, доцент кафедры общепрофессиональных дисциплин, Хабаровский институт инфокоммуникаций (Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики), eugenemcvs@mail.ru

В статье изучается влияние параметров экологичного четырёхколёсного вездехода, в особенности ширины колеи, и характеристик лесной местности, таких, как плотность и толщина деревьев, на проходимость вездехода под пологом леса. В качестве математического аппарата предложены разработанные автором метод сравнения доступной и необходимой площади и рекурсивный алгоритм вычисления вероятности непрерывной серии успехов в схеме Бернулли. Учёт высокой манёвренности улучшает оценку вероятности по сравнению с учётом только трёх вариантов – прямо или с предельными углами. Рассмотрена обратная задача о подборе ширины колеи по требуемой проходимости. Указаны границы применимости метода.

Ключевые слова: экологичный вездеход, лёгкий вездеход, ширина колеи, плотность деревьев, вероятность, проходимость, серия испытаний Бернулли.

Введение

Лёгкие экологичные вездеходы могут, по мнению ряда авторов [2 и источники], значительно улучшить состояние северных и дальневосточных лесов благодаря принципиально новым способам природопользования. Такие вездеходы позволяют перейти от традиционных лесозаготовок к работе с возобновляемыми таёжными ресурсами, в том числе рекреационными и туристическими, что должно оказаться выгодно и экономически. В условиях бездорожья вездеход нужен пчеловодам, охотникам, таёжным работникам, жителям отдалённых поселений.

Однако в проектировании лёгких вездеходов возникает противоречие между рабочими и экологическими характеристиками. С одной стороны, вездеход должен быть вместительным и устойчивым. С другой – должен оставлять в сохранности деревья, травяной и почвенный покров [2, с.17-23].

Важнейшим параметром здесь оказывается ширина колеи вездехода. Как показано в [6, с.353], в среднепроходимых лесах с плотностью около 1 дерева на 2 кв.м. при средней толщине 20-30 см для треугольного вездехода критическим оказывается диапазон ширины 1,8–2,2 м, в котором резко снижается проходимость – способность вездехода к перемещению на любое сколь угодно большое расстояние при возможности просмотра местности.

Задача о зависимости проходимости от ширины колеи поставлена ещё в [1], где дана черновая оценка для треугольных и прямоугольных вездеходов.

В [3, с. 47-53] и [4, с. 36-41] оценка улучшена и рассмотрена обратная задача о выборе ширины колеи по минимально допустимой проходимости.

Решения предполагали, что в любой момент вездеход или движется прямо, или поворачивает на достаточно большой угол ($45-60°$). Это далеко от реальности и сильно занижает вероятность [5, с. 61]. Попытки улучшить результат привели автора к разработке алгоритма поиска вероятности серии успехов в схеме Бернулли [10, с. 19-25], что позволило в [9, с. 63-70] и [7, 11] найти решение, учитывающее высокую манёвренность в случае треугольного вездехода типа мотоцикла с коляской или прицепом.

В предлагаемой статье на основе результатов [8] изучается движение прямоугольного вездехода, а именно зависимость проходимости от ширины колеи и плотности деревьев.

Материалы и методы

Параметры задачи: b – ширина колеи вездехода, *м*; a – длина вездехода, *м*; ρ – плотность деревьев на участке, *ед/м*^{2}; d – средняя толщина деревьев, *м*, l – шаг (расстояние, которое необходимо преодолеть), *м*.

Поворот вездехода обеспечивается поворотом передних колес на угол, не превышающий $\alpha_{\max}$, *рад*. Центр поворота находится на пересечении двух осей, одна из которых проходит через заднюю ось, а другая перпендикулярна переднему колесу на противоположной от поворота стороне [8, Рис.1].

Надо найти P_l – вероятность разового сдвига вездехода на расстояние l, а также P_* – вероятность перемещения на сколь угодно большое расстояние.

Для решения понадобятся:

$S_{ср}$ – средняя площадь, необходимая для поворота в пределах $\alpha_{\max}$;

$S_{дост}$ – общая площадь, доступная вездеходу при таком $\alpha_{\max}$.

На площади $S_{ср}$ не должно быть центров деревьев (распределённых, как показано в [1], по закону Пуассона). На $S_{дост}$ попадает хотя бы одна точка вездехода в процессе (не обязательно по завершении) поворота и сдвига на l.

В [8] выведены формулы

$$S_{ср} = (b+d)l - \frac{al}{2(k^2+1)}\left(\frac{1}{\alpha_{\max}}\ln\left|\cos\alpha_{\max} - k\sin\alpha_{\max}\right| + k\right),$$

где $k = 0{,}5b/a$,

$$S_{дост} = a(a+l)\left(\operatorname{ctg}\alpha_{\max} - \frac{\cos(\beta+\gamma)}{\sin\gamma}\right) + B_y(A_x - C_x) + B_x C_y - a^2(\alpha_{\max}+\beta)\operatorname{ctg}^2\alpha_{\max},$$

где $\gamma = \operatorname{arctg}\dfrac{a\operatorname{tg}\alpha}{a + b\operatorname{tg}\alpha}$, – угол, близкий к $\alpha_{\max}$,

$\beta = \dfrac{l\operatorname{tg}\alpha}{a + 0{,}5b\operatorname{tg}\alpha}$ – угол поворота самого вездехода;

$A_x = b + a\operatorname{ctg}\alpha$, $B_x = \dfrac{a\cos(\beta+\gamma)}{\sin\gamma}$, $B_y = \dfrac{a\sin(\beta+\gamma)}{\sin\gamma}$,

$C_x = \dfrac{a\cos(\alpha+\beta)}{\sin\alpha}$, $C_y = \dfrac{a\sin(\alpha+\beta)}{\sin\alpha}$ – величины, связанные с новым положением колёс в некоторой системе координат.

На Рисунке 1 – зависимость $S_{ср}$ от b для вездеходов длины 2, 2,5 и 3 м. В качестве $\alpha_{\max}$ взято 45°. Ширина колеи меняется от 80 см до 3 м. Как видно из формулы, $S_{ср}$ пропорциональна длине сдвига l. Графики

построены для сдвига на 1 м. Функцию можно приблизить линейным соотношением

$$S_{cp}(b)=\left(d-0{,}5\frac{a}{\alpha_{\max}}\ln\cos\alpha_{\max}\right)l+\left(1{,}25+\frac{\operatorname{tg}\alpha_{\max}}{4\alpha_{\max}}\right)b\cdot l,$$

но в силу независимости $S_{cp}(b)$ от плотности ρ это не играет особой роли. Ограничение на поворот в $45°$ выглядит обоснованным, большие повороты нужны для объезда неожиданных препятствий и достаточно редки.

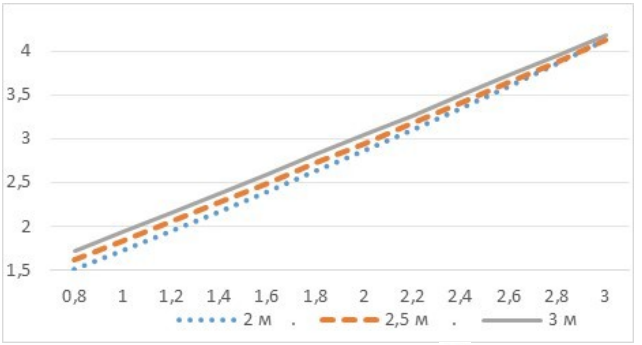


Рис. 1. Средняя необходимая площадь при $45°$

На Рисунке 2 – график $S_{cp}(b)$ при $\alpha_{\max}=60°$. Для коротких широких вездеходов нарушается условие расчёта $b/a<2\operatorname{tg}\alpha_{\max}$: вездеход не сдвинется на расстояние *l* при большом повороте передних колёс [11].

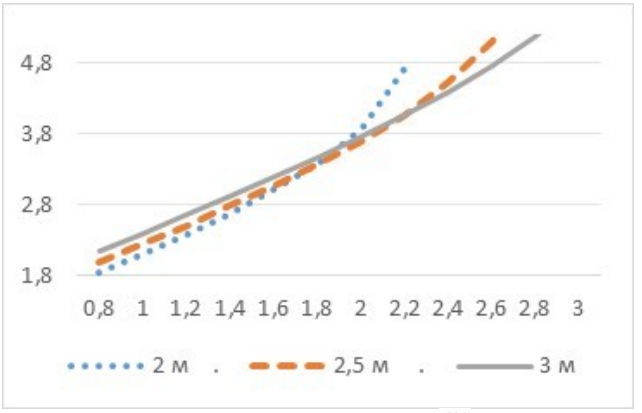


Рис. 2. Средняя необходимая площадь при $60°$

Посмотрим, как для вездеходов разной длины при росте ширины колеи выглядят доступные площади $S_{дост}$. На рисунке 3 – значения $S_{дост}$ при тех же параметрах, что на Рисунке 1. Площади растут почти линейно, а для длинных вездеходов угловой коэффициент роста выше.

При большом угле поворота такие же линии тоже идут почти прямо от значений 6, 8 и 10 до 11, 14 и 16.

Зависимость $S_{дост}$ от сдвига *l* менее интересна. Для узких вездеходов площадь почти пропорциональна сдвигу, но для широких неэластична, поэтому увеличивать *l* невыгодно. Всегда можно повысить манёвренность за счёт уменьшения сдвига, хотя это и ведёт к большим нагрузкам на водителя.

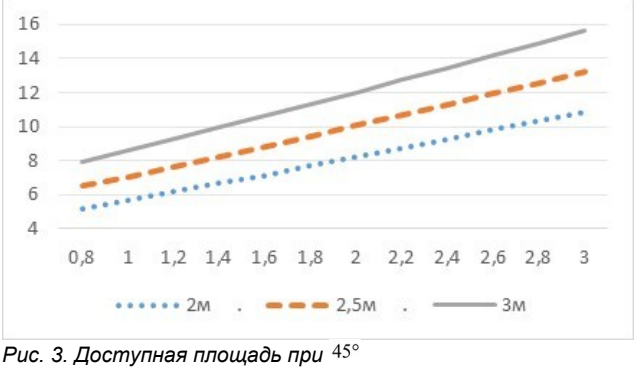


Рис. 3. Доступная площадь при $45°$

Интересно, что при сложной теоретической зависимости от длины площадь оказывается фактически ей пропорциональна.

На Рисунке 4 – график отношения $r=S_{дост}/S_{cp}$. При повышении *r* для конкретного вездехода возрастает вероятность P_l, а также степень уравнения проходимости [1] $1-P_*=(1-P_lP_*)^r$, что приближает корень P_* к 1.

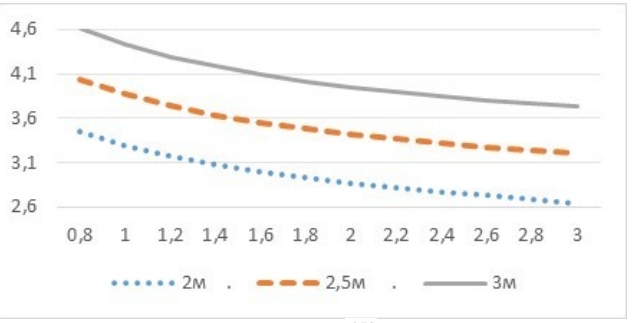


Рис. 4. Отношение площадей при $45°$

Но увеличение *r* за счёт удлинения вездехода само по себе не повысит проходимости. Рост S_{cp} повышает риск появления на ней препятствий. Но выбор участка для проезда среди доступной площади $S_{дост}$ станет богаче.

Для $\alpha_{\max}=60°$ результаты даны для сравнения (Рисунок 5). Графики обрываются: у коротких вездеходов невозможен большой шаг. Отношение площадей меньше, чем при $45°$ – учёт больших углов лишь ухудшает оценку проходимости, поэтому далее рассматриваем поворот только на $45°$.

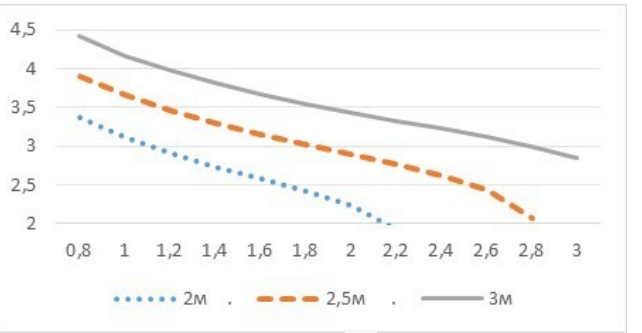


Рис. 5. Отношение площадей при $60°$

Результаты и обсуждение

Зная доступную и необходимую площадь и их отношение, мы можем решить задачу о вероятности сдвига на расстояние *l*.

Для треугольного вездехода подробное решение на основе алгоритма, разработанного в [10], показано в [7, 9, 11].

Доступную площадь представляем как *N* независимых испытаний, каждое из которых – проверка единичного участка S_0. Испытание успешно, если на S_0 нет центров деревьев. Средняя необходимая площадь становится серией *M* испытаний, где $M=S_{cp}/S_0$. Все они должны оказаться успешными. Очевидно, что $N/M\approx S_{дост}/S_{cp}$. При распределения центров деревьев по закону Пуассона $P_{S_0}(0)=e^{-S_0\rho}$, где ρ – плотность деревьев на участке леса [1].

Получается задача о наступлении не менее *M* успехов подряд в серии из *N* независимых испытаний, когда вероятность отдельного успеха равна $P_{S_0}(0)$. Формула для вероятности $P_N(K\ge M)$ такого события предложена в [10].

Решение легко программируется. Также автором составлены таблицы для серий из 20, 40 и 60 испытаний с вероятностями отдельного успеха P_0 от 0,05 до 0,95 с шагом 0,05 и различных длин серии успехов $M\ge 3$. Можно разбить $S_{дост}$ на $N=20$, 40 или 60 участков, найти $S_0=S_{дост}/N$, вероятность $p_0=e^{-S_0\rho}$ и необходимое число успехов $M=S_{cp}/S_0$. Для ближайших целых *M* и значений P_0 найти $P_N(K\ge M)$ и оценить по ним вероятность сдвига.

Здесь необходим учёт плотности деревьев на участке. На Рисунке 6 показаны шансы отсутствия деревьев на единичном участке при делении доступной площади (Рис. 1) на 20 частей, т.е. значения $P_{S_0}(0)=e^{-S_0\rho}$.

При плотности 1 получим подобные линии, снижающиеся от 0,77 до 0,58 при длине 2 м, от 0,73 до 0,52 при длине 2,5 м и от 0,67 до 0,45 при 3 м.

На Рисунке 7 видно почти линейное убывание $P_{S_0}(0)$ с ростом ширины колеи для разных плотностей, но рисунок строится при фиксированной длине вездехода. Из-за зависимости $P_{S_0}(0)$ от параметров (a,b,ρ) общее поведение показать трудно, но равенство $e^{-S_0\rho_2}=\left(e^{-S_0\rho_1}\right)^{\rho_2/\rho_1}$ позволяет по графикам или таблице для одной плотности (предпочтительно 0,1) найти $P_{S_0}(0)$ для другой.

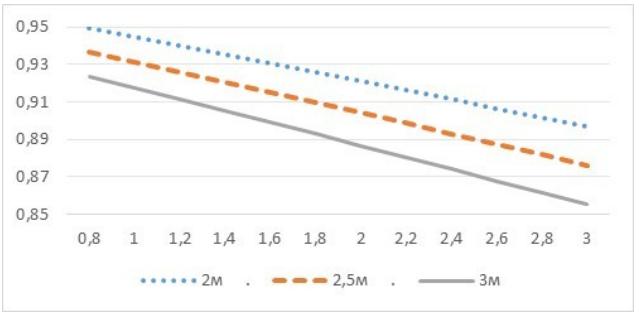


Рис. 6. Шансы, что единичный участок свободен при плотности 0,2

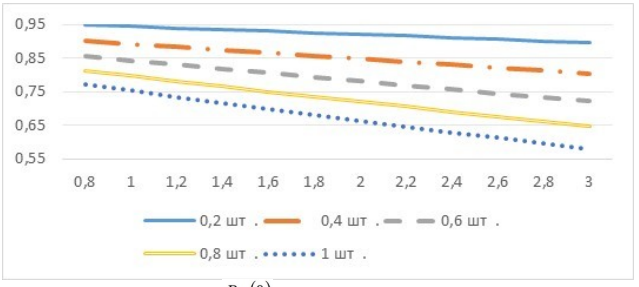


Рис. 7. Вероятность $P_{S_0}(0)$ для вездехода длины 2 м

При построении отдельных графиков для каждой ширины колеи (при изменении плотности по оси абсцисс) увидим такое же почти линейное падение (со слабой выпуклостью вниз).

Оценим $P_{S_0}(0)$ для плотности 0,35 при длине 2,2 м и ширине 1,7 м. По Рисунку 6 в середине отрезка $[1{,}6;1{,}8]$ находим значения около 0,928 для длины 2 м и около 0,912 для 2,5 м. Для длины 2,2 м получим оценку 0,9216.

Тогда $P_{S_0}(0) \approx 0{,}9216^{0{,}35/0{,}2} = 0{,}8669 \approx 0{,}867$. При расчётах по общей схеме мы бы получили 0,8678. Погрешность составляет около 0,1%.

Чтобы найти вероятность группы из M единичных участков (она же – вероятность шага), перейдём от N/M непосредственно к M. На Рисунке 8 – необходимое число успехов при делении доступной площади на 20 частей.

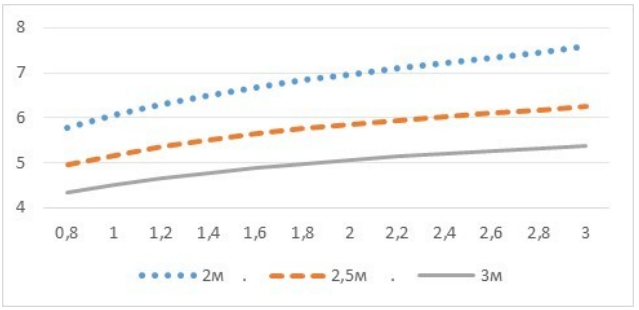


Рис. 8. Необходимое число свободных участков

Автором составлены таблицы значений $P_N(K \ge M)$ для $N = 20, 40, 60$ и M от 3 до 15. На Рисунке 9 представлена графически таблица $P_{20}(K \ge M)$. На оси абсцисс – вероятность успеха в отдельном испытании.

Пусть нас интересует вероятность сдвига вездехода длиной 2,5 м и шириной 2,2 м при плотности деревьев 0,2 $ед/м^2$. По Рисунку 8 видим, что для этого нужно не менее 6 свободных участков подряд, а по Рисунку 7 – что вероятность отсутствия центров деревьев на отдельном участке равна 0,9.

На Рисунке 9 для $M = 6$ и $p = 0{,}9$ вероятность не менее 6 свободных участков подряд неотличима от 1 (точное значение – 0,999 721).

При длине 3 м, ширине 3 м и плотности 1 $ед/м^2$ находим таким же образом, что вездеходу нужно 7,6 участков, каждый из которых свободен с вероятностью 0,45. По Рисунку 9 получаем вероятность около 0,52.

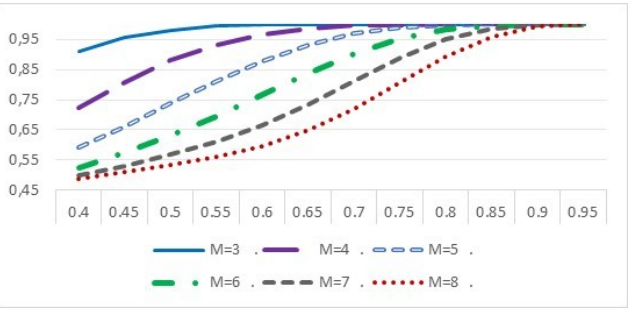


Рис. 9. Вероятность не менее M успехов подряд в 20 испытаниях

При длине 2 м, ширине 0,8м и плотности 0,2 для 6 участков, свободных с вероятностью 0,95, шансы сдвига превышают 0,999 997.

При малой плотности деревьев удлинение вездехода до 3 м не снизило шансы проезда. При росте S_0 $P_{S_0}(0)$ снижается с 0,95 до 0,925, но за счёт уменьшения числа участков с 6 до 4,5 шансы на проезд всё равно близки к 1.

От возможности одного шага P_l надо перейти к проходимости P_*. При движении вслепую с просмотром только очередного шага вероятность продвижения на расстояние $L \to \infty$ составит $P_l^{L/l} \to 0$, что не может нас устроить. Если же дорога просматривается, то P_* – корень уравнения [1]

$1 - P_* = (1 - P_l P_*)^r$,

где $r = S_{ост} / S_{ср}$. Уравнение при *r*, отличных от 2, 2,5 и 3, т.е. при любых *r* в условиях решаемой задачи, допускает только приближённое решение.

Автором составлены таблицы P_* для $r = 1{,}5$ и для целых *r* от 2 до 8 при P_l от $1/r$ до 0,98 с шагом 0,02 (при $P_l < 1/r$ возможно только решение $P_* = 0$, вероятность продвижения падает с расстоянием даже при просмотре дороги на любое число шагов вперёд).

На Рисунке 10 значения таблиц представлены в виде графиков.

В рассмотренных выше случаях:

проходимость вездехода $2{,}5 \times 2{,}2$ при $\rho = 0{,}2$, $P_l = 0{,}999\,721$ и $r \approx 3{,}33$, очевидно, превращается в 1 – движение достоверно;

проходимость вездехода $2 \times 0{,}8$ при $\rho = 0{,}2$ для $P_l = 0{,}999\,997$ и $r \approx 3{,}4$ тоже не отличается от 1;

проходимость вездехода 3×3 при плотности $\rho = 1$ для $P_l = 0{,}52$ и $r \approx 3{,}7$ попадает в диапазон 0,8–0,9 (0,802–0,928), что тоже приемлемо.

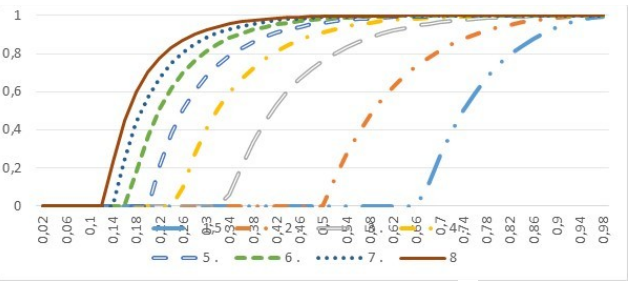


Рис. 10. Проходимость P_* в зависимости от P_l и от $r = S_{ост} / S_{ср}$

Значительно легче по P_* найти нижнюю границу вероятности шага P_l. Видно, что $P_l = \dfrac{1 - (1 - P_*)^{1/r}}{P_*}$. Значения P_l – на Рисунках 11.

При $P_* > 0{,}995$ необходимая вероятность шага резко возрастает до 1. Функция $P_l(P_*)$ дифференцируема в каждой точке $[0;1)$, изломы графиков вызваны только дискретностью шага.

На Рисунке 11(а) выбор участка ограничен, отношение $S_{ост} / S_{ср}$ мало, и без высокой вероятности каждого сдвига движение будет затруднительно.

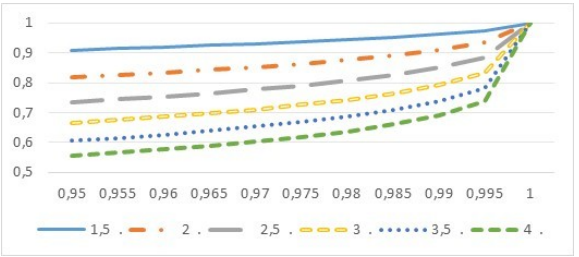


Рис. 11, а. Необходимая вероятность шага при малом выборе

При росте возможностей выбора требования снижаются. Проезд возможен и в более густом лесу, и широким вездеходом – Рисунок 11 (б).

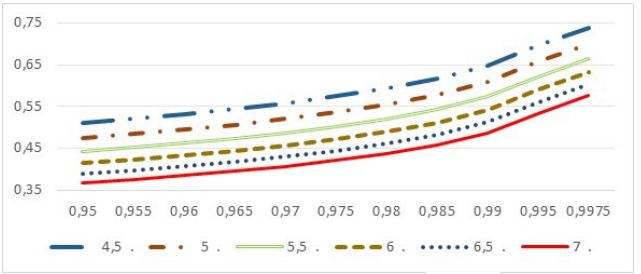


Рис. 11, б. Ослабление требований при увеличении $S_{дост}/S_{ср}$

При большом выборе участка среди доступной площади требования к вездеходу и лесу совсем невелики. При M от 10 до 7,5 вероятности меняются от диапазона $[0{,}28;\,0{;}35]$ для $P_*=0{,}95$ до $[0{,}45;\,0{;}55]$ для $P_*=0{,}9975$. Но такая ситуация скорее характерна для проезда в полосе [10], а не для движения с поворотами, и в данной работе неактуальна.

Пример. Подберём ширину колеи вездехода, если проходимость не ниже 0,995 требуется в лесах с плотностью 0,35. Длина вездехода – 2,5 м.

По Рисунку 8 определяем, что при разбиении доступной площади на 20 участков вездеходу длины 2,5 м нужны 5 или 6 свободных участков подряд: $M=5$ или $M=6$. Тогда $r=20/5=4$ или $r=20/6=3{,}33$.

Подставив в $P_l=\dfrac{1-(1-0{,}995)^{1/r}}{0{,}995}$ значения $r=4$ и $r=3{,}33$, получим вероятности отдельного шага $P_l=0{,}738$ и $P_l=0{,}800$.

По Рисунку 9 или по таблице $P_{20}(K\ge M)$ это даёт вероятности $P_{S_0}(0)$, равные 0,5 для $M=5$ и 0,63 для $M=6$.

Для плотности 0,35 площади S_0 равны соответственно $-\dfrac{1}{0{,}35}\ln 0{,}5=1{,}98$ и $-\dfrac{1}{0{,}35}\ln 0{,}63=1{,}32$, а доступные площади тогда $1{,}98\cdot 5=9{,}9\ м^2$ и $1{,}32\cdot 6=7{,}92\ м^2$.

Площадь 9,9 по Рисунку 3 соответствует ширине 2 м, а площадь 7,92 – ширине 1,4 м. Определяем по Рисунку 4, что в этом диапазоне отношение $N/M\approx 3{,}5$, и повторяем вычисления только для значения $r=3{,}5$:

Вероятность сдвига $P_l=0{,}784$, вероятность свободного участка $P_{S_0}(0)$ оказывается между 0,55 для $M=5$ и 0,62 для $M=6$, и для $M=20/3{,}5\approx 5{,}7$ получаем $P_{S_0}(0)\approx 0{,}6$. Единичная площадь $S_0=-(\ln 0{,}6)/0{,}35=1{,}46$, доступная $S_{дост}=1{,}46\cdot 5{,}7=8{,}32\ м^2$.

По Рисунку 3 такая доступная площадь соответствует ширине колеи около 1,42 м. Вездеход должен быть не очень широк, но предыдущие работы предлагали в таких условиях ширину не выше 0,65 м, а при ширине 1,4 м указывали на возможную проходимость не более 0,6.

Пусть теперь надо найти ширину для лесов с плотностью 0,6. Для неё $S_0=-\dfrac{1}{0{,}6}\ln(0{,}6)=0{,}85$, $S_{дост}=0{,}85\cdot 5{,}7=4{,}85\ м^2$, что даёт $b=0{,}2$ м. Учёт изменения M не поможет, проходимость 0,995 слишком завышена для такого леса. Но при снижении длины до 2 м получаем приемлемое значение 0,8 м – вездеход становится вполне устойчивым и вместительным.

Заключение

При отказе от ограничения «сдвиг только прямо или с фиксированным поворотом» решение заметно усложняется и требует программирования или комплекта таблиц и графиков. При этом нельзя обойтись лишь увеличением показателя r в уравнении проходимости, поскольку меняется сама схема расчёта вероятности одного шага P_l, и расчёты приходится выполнять заново с самого начала – с более сложного вычисления площадей.

Однако усложнения оправданы существенным улучшением оценки проходимости и соответственно – возможностью проектировать устойчивые и грузоподъёмные, но при этом экологичные и удобные вездеходы.

В силу почти линейного изменения ряда величин и независимости площадей от условий передвижения (плотности и толщины деревьев) можно статистическими методами подобрать уравнения, связывающие параметры вездехода с площадями и вероятностями $P_{S_0}(0)$. Но необходимость учёта плотности и толщины деревьев, сложное поведение величины $P_N(K\ge M)$ и невозможность выразить аналитически проходимость P_* через P_l не позволят упростить решение возникающих задач до желаемой степени.

Литература

1. Александров А. В., Иванов Н. А., Мясников Е. А. Оценка проходимости вездехода по лесистой местности // Научное обеспечение технического и социального развития ДВ региона. – Хабаровск: Издательство ХГТУ, 2003.
2. Иванов Н. А., Лейбович А. В. Основы теории лёгких колёсных вездеходов / Н. А. Иванов. Владивосток: Дальнаука, 2010. 256 с.
3. Иванов Н.А., Мясников Е.А. Оценка проходимости трёхколесного вездехода по лесистой местности // «Лесной журнал», 2005, №5, с 45-53.
4. Иванов Н.А., Мясников Е.А. Оценка вероятности преодоления вездеходом лесистой местности // Известия ВУЗов, «Лесной журнал», 2006, №3, с 36-41.
5. Иванов Н.А., Мясников Е.А. Состояние исследований проходимости транспортно-технологических машин и обоснование критерия оценки профильной проходимости // «Учёные заметки ТОГУ», №1(12), 2021, С 58-61.
6. Иванов Н.А., Мясников Е.А., Погребняк М.С. Профильная проходимость транспортно-технологических машин под пологом леса // Электронное издание «Учёные заметки ТОГУ». 2021. №1(12). С 62-66.
7. Мясников Е.А. О вероятности передвижения лёгкого вездехода под пологом леса // Экономика строительства. Научный, производственно-экономический журнал. М., 2026. №1, С. 351-354.
8. Мясников Е.А. К математической модели движения стандартного вездехода // Инновации и инвестиции. Научно-аналитический журнал. М, 2026, №9.
9. Мясников Е.А. К расчёту проходимости лёгкого вездехода в лесистой местности. // Инновационные подходы в современной науке: сб.ст. по материалам CXCVI Международной научно-практической конференции. М.: Интернаука, 2025. № 16(196). С. 61-75.
10. Мясников Е.А. О рекурсивном алгоритме решения одного класса прикладных задач // Химия, физика, биология, математика: теоретические и прикладные исследования: сб.ст. по материалам C Международной научно-практической конференции. М.: Интернаука. 2025. № 9(76). С. 17-29.
11. Мясников Е.А. Расчёт проходимости лёгкого вездехода в лесистой местности // Нефть и газ: Опыт и инновации. Научно-практический печатный журнал. Краснодар, 2025. №2 (Т9).

A research of a cross-ability of standard vehicle

Myasnikov E.A.
Khabarovsk Institute of Information Communications (Siberian State University of Telecommunication and Informatics)

JEL classification: C10, C50, C60, C61, C80, C87, C90

We research how some parameters of a standart four-wheeled ecological vehicle, especially the width of rut, and also some characteristics of a wooded area, such as the density and the width of trees, change the cross-country ability of a vehicle. This term means a possibility to move on any long distance without collisions with trees and bush. As a mathematical means we propose a method of comparison of accessible and necessary areas and a recursive alghoritm of a calculation of a probability of a continuous series of successes in the Bernoulli scheme. Both methods are worked out by author. We take into account a high shunt ability of vehicle and it permits to improve an estimate of probability in comparison with the consideration of only three possibilities of a moving – directly or with a maximal turn. Also the reverse task about a finding of a rut width for the necessary cross-ability is considered and we give a boundaries of on application of method.

Keywords: ecological vehicle, light all-terrain vehicle, rut width, tree density, probability, cross-country ability, Bernullli test series.

References

1. Alexandrov A.V, Ivanov N.A., Myasnikov E.A. An Estimate of Cross-Ability of Vehicle In a Wooded Area // Scientific Maintenance of Technical and Social
Development of Far East. – Khabarovsk: KhSTU Publishing House. 2003.
2. Ivanov N.A., Leibovich A.V. The Principles of Theory of Light Wheeled All-Terrain Vehicles / Vladivostok. Dal'nauka Publishing House, 2010. 256 p.
3. Ivanov N.A., Myasnikov E.A. An Estimate of Cross-Country Ability of Three-Wheeled Vehicle in a Wooded Area // Forest Magazine, 2005. No.5, pp. 45-53.
4. Ivanov N.A., Myasnikov E.A. An Estimate of Overcoming Of a Wooded Area by Vehicle // Forest Magazine, 2006. No.3, pp. 36-41
5. Ivanov N.A., Myasnikov E.A. State of the Problem of the Study the Patency of the Transport and Technological Machines and the Justification of the Criterion Profile Patency // /El.Iss. "Sci. Topics of PSU". 2021 №1(12), pp 58-61.
6. Ivanov N.A., Myasnikov E.A, Pogrebnyak M.S. Profile Patency of Transport and Technological Machines Under the Wood Curtain // Electronic Iss. "Science Topics of PSU". 2021 №1(12), pp 62-66.
7. Myasnikov E.A. About a movement of light vehicle in wooded area // Economic of building. Science and practical magazine. Moscow, 2026. №1.