

УДК 625.7/.8

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЛИЯНИЯ ПРИРОДНЫХ ФАКТОРОВ НА СТОИМОСТЬ СТРОИТЕЛЬСТВА ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА ЛЕСОВОЗНЫХ ДОРОГ

Скрыпников А.В., Козлов В.Г., Ломакин Д.В., Логойда В.С.

*Воронежский государственный университет инженерных технологий, Воронеж,
e-mail: skrypnikovvsafe@mail.ru*

Для каждого вида дорожно-строительных работ сложно получить уравнение регрессии с независимыми переменными в закодированном виде. Предлагается рассчитать стоимость строительства лесовозной дороги, а именно: стоимость рубки деревьев и корчевки пней; стоимость снятия растительного слоя; стоимость разравнивания, уплотнения и профилирования грунта; стоимость возведения земляного полотна с учетом изменения природных факторов. Методы регрессионного и корреляционного анализа. Для определения множественных криволинейных регрессий была составлена программа: определение среднеарифметического отклонения для каждой из независимых переменных, определение массива среднеарифметических отклонений, определение элементов системы и правых частей линейных уравнений, определение свободного члена уравнения регрессии, определение коэффициента регрессии. С целью увеличения объема исходной информации был использован способ оптимизации решения задач. Для каждого вида работ рассчитывается свое уравнение регрессии с независимыми переменными в закодированном виде. С целью увеличения объема исходной информации был использован способ оптимизации решения задач. Установлено, что расчет стоимости строительства лесовозных дорог по укрупненным показателям не обеспечивает достаточной точности. Возможность использования ЭВМ позволяет учесть различные параметры лесовозной дороги, а также влияние некоторых природных факторов на стоимость строительства, а именно: произвести расчет стоимости строительства не одного километра дороги, а одного погонного метра, чем обеспечить учет изменения природных факторов на всем протяжении рассчитываемого участка. Разработанная методика определения стоимости строительства земляного полотна дороги позволяет учесть изменения природных факторов на всем протяжении рассчитываемого участка.

Ключевые слова: стоимость строительства, лесовозная дорога, природные факторы, грунт

METHOD FOR DETERMINING THE EFFECT OF NATURAL FACTORS ON VALUE OF CONSTRUCTION SUBGRADE FOREST ROADS

Skrypnikov A.V., Kozlov V.G., Lomakin D.V., Logoyda V.S.

Voronezh State University of Engineering Technologies, Voronezh, e-mail: skrypnikovvsafe@mail.ru

For each type of road construction works to get the regression equation with independent variables in coded form. It is proposed to calculate the cost of the construction of forest roads, namely the cost of felling trees and korchevkipney; the cost of removal of topsoil; leveling the cost of packing and grading; the cost of construction of the subgrade for the changes in natural factors. Methods of regression and correlation analysis. To define multiple curvilinear regression was compiled program: definition of medium-arithmetic deviation for each of the independent variables, the definition of an array of arithmetic mean deviation, the definition of system elements and right-hand sides of linear equations, the determination of the free term of the regression equation defining the regression coefficient. In order to increase the volume of the original information it has been used a method of optimization problem solving. For each type of work is calculated its regression equation with independent variables in coded form. In order to increase the volume of the original information it has been used a method of optimization problem solving. It is found that the calculation of the cost of construction of forest roads with aggregate does not provide sufficient accuracy. The ability to use a computer allows you to take into account the various parameters of forest roads, as well as the influence of some environmental factors on the cost of construction, namely to calculate the cost of building one kilometer of road is not, as one meter, than to mainstream environmental factors change throughout the site calculated. The developed method of determining the cost of construction of the subgrade of the road allows you to take into account changes in environmental factors throughout the site calculated.

Keywords: cost of construction, logging roads, natural factors, the soil

Анализ современных процессов автоматизации проектирования показывает, что ни автоматизация инженерных расчетов, ни автоматизация чертежных работ не привели к существенному повышению качества проектов, не уменьшили сроки проектирования. Качественный скачок в автоматизации проектных работ обеспечивается разработкой систем автоматизированного проектирования (САПР). Проблема автоматизации проектирования практически во всех отрас-

лях в настоящее время решается комплексно в следующих направлениях. Технологическом, включающем разработку структур банков данных, систем управления базами данных, операционных систем, управляющих программ. Концептуальном, включающем обобщения опыта проектирования, отработку системы принципов проектирования. Методологическом, определяющем процесс проектирования и проектирующих программ на основе современных средств

вычислительной техники и методов системного проектирования. Теоретическом, включающем задачу декомпозиции объекта проектирования, анализ общего проектного решения, построение модели функционирования объекта.

В системе автоматизированного проектирования лесовозных автомобильных дорог (САПР-ЛАД) одно из важнейших мест должна занять (как составная часть) система имитационного моделирования процесса функционирования проектируемой дороги, определяющая основные транспортно-эксплуатационные показатели по принимаемым проектным решениям. Развиваясь ускоренными темпами, автоматизация проектирования дорог к настоящему времени сформировалась в виде ряда технологических линий проектирования (ТЛП). Решая проблему декомпозиции автомобильной дороги как сложного по структуре объекта проектирования, ТЛП еще разобщены, не связаны в систему автоматизированного проектирования. Причины этого различны, включая расхождения в принципах проектирования в разных ТЛП, отсутствия связи по входным и выходным данным в базе данных, различный уровень разработки проектирующих программ и т.д. На наш взгляд, одна из основных причин, задерживающих перерастание ТЛП в систему автоматизированного проектирования, – это отсутствие в связке ТЛП объединяющей их подсистемы автоматизированного анализа общего проектного решения, построенной на единой модели функционирования автомобильной дороги.

Таким образом, качественный скачок в автоматизации проектирования, перерастание ТЛП в систему САПР ЛАД обуславливается развитием ТЛП по всем направлениям, но самое главное – по теоретическому направлению, требующему создания подсистемы имитационного моделирования функционирования автомобильной дороги для решения одной из основных задач проектирования – автоматизированной оценки проектных решений. Такая подсистема позволяет решить главную задачу проектирования – оптимизировать проектное решение в соответствии с принятой концепцией проектирования. Для эффективной оценки проектных решений, их оптимизации подсистема моделирования процесса функционирования дороги в качестве входных параметров должна включать целый комплекс основных параметров, решений, спроектированных в различных ТЛП. Выходными параметрами, определяющими качество проектного решения, принято считать сто-

имость строительства (реконструкции) дороги, уровень безопасности движения, показатели текущих затрат и ежегодных экономических эффектов. В последнее время резко возрастает роль таких выходных параметров, как энергоемкость перевозок, экологические показатели [9–11].

Расчет стоимости строительства лесовозных дорог по укрупненным показателям не обеспечивает достаточной точности. Возможность использования ЭВМ позволяет учесть различные параметры лесовозной дороги, а также влияние некоторых природных факторов на стоимость строительства. А именно: производить расчет стоимости строительства не одного километра дороги, а одного погонного метра, чем обеспечивается учет изменения природных факторов на всем протяжении рассчитываемого участка [1–3].

Наиболее простой вид зависимости получаем с помощью регрессионного анализа. Общий вид уравнения множественной регрессии следующий:

$$y = f(x_1, x_2, \dots, x_n),$$

где f – функция любого вида, связывающая независимые переменные (факторы) с зависимой переменной y .

Для каждого вида работ рассчитывается свое уравнение регрессии с независимыми переменными в закодированном виде. Применяемые коды аналогичны кодам, используемым в системе автоматизированного проектирования дорог (табл. 1–2) [2–5]. Вся нормативно-справочная информация принята согласно СНиП и ЕНиР.

Таблица 1

Код грунта

№ п/п	Наименование грунта	Код грунта
1	Супесь легкая крупная	11
2	Супесь легкая	12
3	Супесь пылеватая	13
4	Супесь тяжелая пылеватая	14
5	Суглинок легкий	21
6	Суглинок пылеватый	22
7	Суглинок тяжелый	23
8	Суглинок тяжелый пылеватый	24
9	Глина песчаная	31
10	Глина пылеватая полужирная	32
11	Глина жирная	33
12	Песок гравелистый	34
13	Песок крупный	41
14	Песок средней крупности	42
15	Песок мелкий	43
16	Песок пылеватый	44

Таблица 2

Код леса

№ п/п	Наименование леса	Код леса
1	Густой крупный	11
2	Густой средней крупности	12
3	Густой мелкий	13
4	Средний крупный	14
5	Средний средней крупности	21
6	Средний мелкий	22
7	Редкий крупный	23
8	Редкий средней крупности	24
9	Редкий мелкий	31

Методика определения влияния некоторых природных факторов на стоимость строительства земляного полотна.

Даны серии парных наблюдений величин зависимостей переменной y и двух или нескольких независимых переменных x_i . Использование линейной зависимости y от x_i при применении множественной регрессии для ряда задач может серьезно ухудшить анализ этой зависимости или даже совсем исключить возможность ее использования [6–8]. Поэтому для определения искомой зависимости была составлена программа определения множественных криволинейных регрессий.

Данная программа предназначена для определения множественных криволинейных регрессий по следующему закону:

$$y = a_o + \sum_{i=1}^n a_i x_i + \sum_{i=1}^n a'_i x_i^2, \quad (1)$$

$$y = a_o + \sum_{i=1}^n a_i x_i + \sum_{i=1}^n \frac{a_i}{x_i}. \quad (2)$$

Вычислительная схема метода следующая:

– определяется массив среднеарифметических отклонений

$$m_i = \sum_{j=1}^n \frac{a_{ji}}{n}, \quad i = 1, \dots, 2t-1; \quad (3)$$

– определяется среднеарифметическое отклонение для каждой из независимых переменных

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (a_{ij} - m_j)^2}{n}} \quad j = 1, \dots, 2t-1; \quad (4)$$

– определяются элементы системы и правые части линейных уравнений

$$B_{ki} = \sum_{j=1}^n (a_{jk} - a_{ji}) - nm_k m_i, \quad k = 1, \dots, 2t-1; \quad (5)$$

$$C_k = \sum_{i=1}^n a_{in} x_{it} - nm_k m_{2t-1}, \quad i = 1, \dots, 2t-1; \quad (6)$$

– определяется свободный член уравнения регрессии

$$a_o = m_{2t-1} - \sum_{i=1}^{2(t-1)} z_i m_i; \quad (7)$$

– определяется коэффициент регрессии

$$r = \sqrt{1 - \frac{\sum_{i=1}^n (a_{i,2t-1} - x_{i,1})^2}{\sum_{i=1}^n (a_{i,2t-1} - m_{2t-1})^2}}, \quad (8)$$

где t – количество случайных величин, включая неисследуемую функцию;

n – длина выборки для каждого из случайных величин;

x_{ij} – массив значений случайных величин, записанных по строкам (включая исследуемую функцию);

$a_{n,2t-1}$ – массив случайных величин, записанных по строкам, содержащий для зако-

на (1) – x_i, x_i^2, y_i , для закона (2) – $x_i, \frac{1}{x_i}, y_i$.

С целью увеличения объема исходной информации был использован способ оптимизации решения задач. Применена блочная структура программ для подготовки входной информации, ее обработки и вывода на печать результатов расчета [3–5].

Результаты. Влияние вида грунта на ширину работ по рубке деревьев, корчевке пней, снятию растительного слоя, засыпки ям, разравниванию и уплотнению грунта, как функция от B – ширины земляного полотна по верху, H – рабочей отметки, Γ – вида грунта, выражается зависимостью

$$\Pi = -7,704 + 0,9998B + 3,8202H + 0,0061H^2 + 0,14999\Gamma - 0,001435\Gamma^2. \quad (9)$$

Влияние вида грунта на объем работ по возведению земляного полотна в зависимости от ширины земляного полотна, рабочей отметки и вида грунта следующее:

$$V = -6,7581 + 0,66367B + 3,8223H + 0,81452H^2 + 1,04999\Gamma - 0,0014406\Gamma^2 \quad (10)$$

Стоимость рубки деревьев, корчевки пней в зависимости от диаметра деревьев:

$$C_k = \frac{C_{м-см}}{10000} \times \left(-0,05129 + 0,10495 D - \frac{0,000888}{D} + 0,02438 \text{ШЛ} - \frac{0,55484}{\text{ШЛ}} \right), \quad (11)$$

где $C_{м-см}$ – стоимость машино-смены механизма, производящего корчевку пней.

Стоимость снятия растительного слоя в зависимости от применяемого типа механизма, категории трудности разработки грунта, типа навесного оборудования

$$C_{сн.р.сл.} = 0,002453 + 0,0001429TM + 0,001267TM^2 - 0,002991KTP + 0,0001619KTP^2 - 0,003826HO + 0,0006645HO^2. \quad (12)$$

Стоимость разравнивания, уплотнения и профилирования грунта в зависимости от типа механизма, толщины слоя, категории трудности разработки

$$C_{разравн} = 0,031295 + 0,003209TM - 0,0005902TM^2 - 0,01535HCL - 0,017212HCL^2 - 0,0002849KTP + 0,003893KTP^2. \quad (13)$$

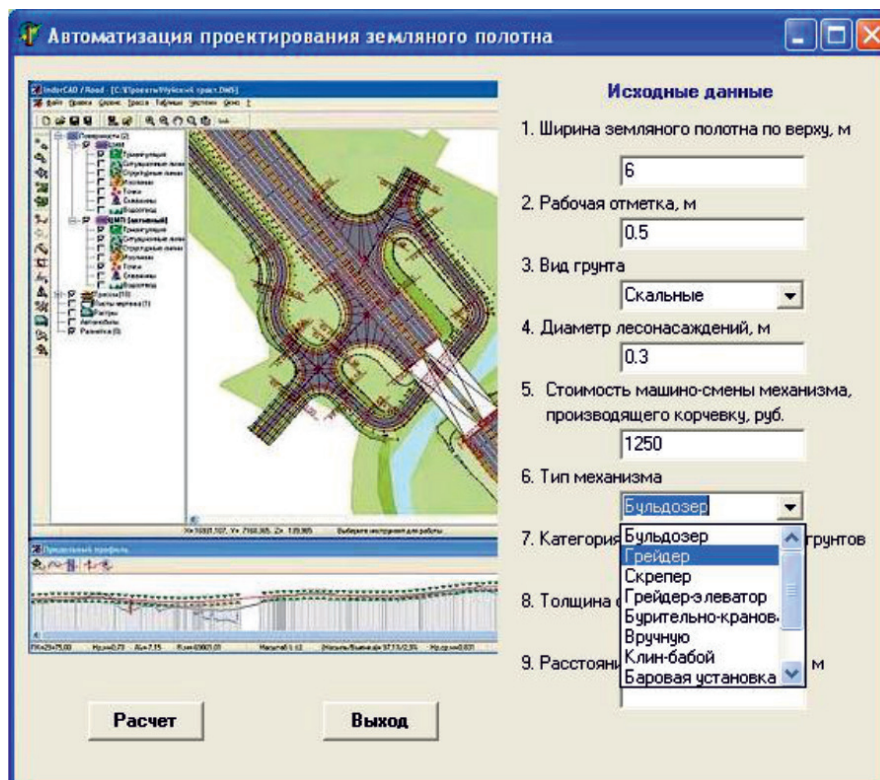
Стоимость возведения земляного полотна в зависимости от типа применяемого механизма, категории трудности разработки, типа навесного оборудования, расстояния перемещения грунта:

$$C_{з-м} = 0,024847 + 0,01235TM + 0,008472TM^2 + 0,00462KTP + 0,003032KTP^2 - 0,002094HO - 0,002847HO^2 - 0,007743L - 0,000064L^2. \quad (14)$$

После преобразования получаем окончательный вид зависимости:

$$C_{общ} = Ш(C_k + C_{сн.р.сл.}) + V(C_{разравн} + C_{з-м}). \quad (15)$$

Для упрощения расчетов по разработанной методике была составлена программа по расчету стоимости строительства земляного полотна дороги (рисунок).



Программа расчета стоимости строительства земляного полотна

Выводы

Разработанная методика определения стоимости строительства земляного полотна дороги позволяет учесть изменения природных факторов на всем протяжении рассчитываемого участка. Для упрощения решения была составлена программа определения множественных криволинейных регрессий. Для каждого вида дорожно-строительных работ было рассчитано свое уравнение регрессии с независимыми переменными в закодированном виде.

Список литературы

1. Скрыпников, А.В. Модель движения автомобилей на участках дорог с ограниченной видимостью / А.В. Скрыпников, С.В. Дорохин, С.В. Чистяков, Е.В. Чернышова // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. – Воронеж: ФГБОУ ВПО «ВГУИТ», 2014. – № (4). – С. 81–85.
2. Скрыпников, А.В. Метод оптимизации планов ремонта участков лесных автомобильных дорог [Электронный ресурс] / А.В. Скрыпников, Е.В. Кондрашова, Т.В. Сковцова // Современные проблемы науки и образования. – 2011. – № 6; URL: www.science-education.ru/100-5155.
3. Анализ тягово-динамических качеств тракторов [Электронный ресурс] / А.В. Скрыпников [и др.] // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 4; URL: www.science-education.ru/110-9803.
4. Информационные технологии для решения задач управления в условиях рационального лесопользования / А.В. Скрыпников, Е.В. Кондрашова, Т.В. Сковцова, В.Н. Логачев, А.И. Вакулин // «Международный журнал экспериментального образования» №2: материалы VI международной научной конференции «Современные проблемы науки и образования». – Москва, 27-29 февраля 2012 г. – С. 77–78.
5. Повышение безопасности движения автомобилей и автопоездов по дорогам в районах лесозаготовок / А.В. Скрыпников [и др.] // «Международный журнал экспериментального образования» № 2: материалы VI международной научной конференции «Современные проблемы науки и образования». – Москва, 27-29 февраля 2012 г. – С. 76–77.
6. Скрыпников, А.В. Оптимизация межремонтных сроков лесовозных автомобильных дорог / А.В. Скрыпников, Е.В. Кондрашова, Т.В. Сковцова // Фундаментальные исследования. – 2011. – № 8–3. – С. 667–671.
7. Скрыпников, А.В. Модель определения экономических границ зон действия поставщиков материалов в условиях вероятностного характера дорожного строительства лесовозных автомобильных дорог / А.В. Скрыпников [и др.] // Фундаментальные исследования. – 2011. – № 8. – С. 379–385.
8. Козлов, В.Г. Анализ транспортного потока для формирования базиса управления дорожным движением при перевозке грузов для агропромышленного комплекса / Козлов В.Г. [и др.] // Материалы международной научно-практической конференции «Системный анализ и моделирование процессов управления качеством в инновационном развитии агропромышленного комплекса». – Воронеж: ВГУИТ, 2015 г. – С. 95–103.
9. Козлов В.Г. Исследование и проектирование структуры информационного обеспечения автомобильного транспорта / В.Г. Козлов, И.Н. Журавлев, Г.И. Котов, М.М. Умаров // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. – 2016. – № 1 (67). – С. 57–62.
10. Козлов В.Г. Математическая модель статистической идентификации информационного обеспечения автомобильного транспорта / В.Г. Козлов, И.Н. Журавлев, Е.В. Кондрашова, М.М. Умаров // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. – 2016. – № 1 (67). – С. 45–51.
11. Козлов В.Г. Микроскопические модели движения транспортных потоков при перевозке грузов в агропромышленном комплексе / Козлов В.Г., Чан Ван Зы, Кондрашова Е.В., Сковцова Т.В., Чернышова Е.В. // Материалы международной научно-практической конференции «Системный анализ и моделирование процессов управления качеством в инновационном развитии агропромышленного комплекса». – Воронеж: ВГУИТ, 2015 г. – С. 104–113.