

УДК 51-74

UDC 51-74

**РЕГРЕССИОННЫЙ АНАЛИЗ ДЛЯ  
ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ОБЪЕМА РАБОТ ПРИ  
РЕМОНТЕ ДОРОГ**

**REGRESSION ANALYSIS TO PREDICT THE  
AMOUNT OF WORK WHEN REPAIRING  
ROADS**

Частиков Аркадий Петрович  
д.т.н., профессор

Chastikov Arkady Petrovich  
Dr.Sci.Tech., professor

Урвачев Павел Михайлович  
ГОУ ВПО «Кубанский государственный  
технологический университет», Краснодар, Россия  
(350072, Краснодар, ул. Московская, д. 2), e-mail:  
[adm@kgfu.kuban.ru](mailto:adm@kgfu.kuban.ru)

Urvachev Pavel Mihaylovich  
Kuban State Technical University, Krasnodar, Russia

Аксенов Георгий Владимирович  
Бюджетное учреждение муниципального  
образования Динской район «Служба заказчика по  
строительству, ЖКХ и ТЭК», ст.Динская, Россия

Aksenov George Vladimirovich  
Budget institutions Dinskoy district education  
"Customer service for the construction, housing and  
communal services, fuel and energy complex"  
st.Dinskaya, Russia

В статье приведен пример планирования денежных  
средств на содержание и ремонт дорог в  
асфальтовом исполнении с учетом их интенсивного  
износа в зимний период

The article is an example of planning funds for the  
maintenance and repair of roads in the asphalt  
performance given their excessive wear during winter

Ключевые слова: ДОРОГИ, ПЛАНИРОВАНИЕ  
СРЕДСТВ, РЕГРЕССИЯ, КОРРЕЛЯЦИЯ

Keywords: ROADS, PLANNING FUNDS,  
REGRESSION, CORRELATION

## Введение

В настоящее время в России доминирующими среди усовершенствованных типов покрытий автомобильных дорог являются асфальтобетонные, фактические сроки службы которых, зачастую ниже нормативных. Одной из основных причин преждевременного разрушения асфальтобетона в покрытии является образование трещин в процессе эксплуатации дорог. Трещины не только снижают несущую способность дорожной одежды (асфальтового покрытия), но и являются очагом для развития деформаций и разрушений покрытий автомобильных дорог. [1]

Многолетние наблюдения за состоянием дорожных покрытий, на юге России показали, что через 3-5 лет эксплуатации - в них образуются

поперечные трещины при колебании средних зимних температур в интервале от 0 до - 10 °С.

Известно, что образование поперечных трещин связано с климатическими условиями эксплуатации - низкими зимними температурами.

Проведенные исследования позволили установить, что ускоренное трещинообразование асфальтобетона в покрытии на юге России связано с потерей деформативной способности асфальтобетона вследствие старения вяжущего и многочисленными переходами температуры через 0 °С, что, способствует ускоренному разрушению структуры асфальтобетона в верхнем слое покрытия.

#### Цель

Задачей исследования является применение методов прогнозирования для выяснения объемов разрушенного асфальтобетонного покрытия дорог после зимнего периода, с учетом климатических условий за истекший период (объем осадков, среднемесячные температуры, толщина снежного покрова).

#### Правовая составляющая

Согласно п.п. 2, 11 ст. 13 Федерального закона от 08.11.2007 № 257-ФЗ «Об автомобильных дорогах и о дорожной деятельности в Российской Федерации и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации», а также п.п. 2, 11 ст. 13 Закона Краснодарского края от 07.06.2001 № 369-КЗ «Об автомобильных дорогах, расположенных на территории Краснодарского края», к полномочиям органов местного самоуправления относится утверждение нормативов финансовых затрат на капитальный ремонт, ремонт, содержание автомобильных дорог местного значения и правил расчета размера ассигнований местного бюджета на указанные цели.

Отсутствие нормативов финансовых затрат и правил расчета размера ассигнований местного бюджета и непринятие органом местного самоуправления мер к их утверждению влечет нарушение принципов сбалансированности эффективности и результативности бюджета, определенных в ст.ст.33,34 Бюджетного кодекса РФ.

Вопреки требованиям ст. 34 Федерального закона от 08.11.2007 № 257-ФЗ «Об автомобильных дорогах и о дорожной деятельности в Российской Федерации и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации», органами местного самоуправления нормативы финансовых затрат на капитальный ремонт, ремонт содержание автомобильных дорог местного значения зачастую не утверждаются.

Нарушения закона свидетельствуют о ненадлежащем исполнении должностными лицами органов местного самоуправления своих обязанностей и бюджетного законодательства РФ, а также требований законодательства РФ об автомобильных дорогах и о дорожной деятельности, в связи с чем, имеются основания для привлечения их к дисциплинарной ответственности.

#### Задачи и методы решения

Главной задачей (закрепленной нормативно-правовыми актами) является разработка и утверждение правил расчета размера ассигнований местного бюджета на ремонт улично-дорожной сети. В данной статье представлена возможность разработки правил на основе исследования регрессионным методом[2] данных прошлых лет (кол-во отремонтированной площади дорог, метеоданные) с прогнозированием необходимого объема денежных средств на плановый период.

Спрогнозированный объем работ (квадратные метры ямочного ремонта) и необходимо умножать на стоимость ремонта 1 квадратного метода (который

определяется сметным расчетом в любой организации, составляющей сметную документацию).

Входными данными для расчета планового объема работ в кв.м. будут являться исследования за период с 2000 по 2013 гг.:

объемы работ за прошлые годы асфальта толщиной 5 см в квадратных метрах;

объемы осадков в зимний период за прошлые годы в миллиметрах;

количество дней в зимнем периоде со снежным покровом на дорогах;

температура воздуха с января по март месяц.

Перечисленные исходные данные влияют на износ дорог в зимний период, и именно с января по март чаще встречаются отрицательные температуры в южном федеральном округе Российской Федерации[1].

На основе исходных данных проведен регрессионный анализ данных. Построено уравнение с использованием исходных данных за начало текущего года и спрогнозирован объем работ в кв.м. (ямочного ремонта) с целью приведения улично-дорожной сети в соответствии со СНиП. Стоимость работ будет определяться как произведение спрогнозированного объема работ умноженная на стоимость единицы объема работ (стоимость 1 кв.м. ремонта асфальтового покрытия толщиной 5 см).

Данная процедура может быть использована, как правило, для расчета размера ассигнований местного бюджета на ремонт улично-дорожной сети, а также позволит адекватно спланировать денежные средства на финансовый год по статье ремонта дорог.

Практическое решение

Суть регрессионного анализа: построение математической модели и определение ее статистической надежности.

Вид множественной линейной модели регрессионного анализа:

$$Y = b_0 + b_1x_{i1} + \dots + b_jx_{ij} + \dots + b_kx_{ik} + e_i \quad (1)$$

где

$Y$  – значение функции (искомое значение);

$b$  – значение коэффициентов;

$x$  – исходные данные;

$e_i$  – случайные ошибки наблюдения.

Назначение множественной регрессии: анализ связи между несколькими независимыми переменными и зависимой переменной.

Для построения многофакторной регрессионной модели зависимости объема работ (ремонта асфальтобетонного покрытия в кв.м.) от климатических факторов, используем данные наблюдений за 12 периодов приведенные в таблице 1.

Таблица 1 - Данные наблюдений для расчета регрессионной модели

Год	Ямочный ремонт в кв.м.	Осадки в мм.за зимний период	Кол-во дней со снежным покровом в дн.	Янв	Фев	Мар
2001 год	2616	321	23	2	2,8	8,8
2002 год	2800	342	31	-1,7	6,6	8,7
2003 год	2810	334	31	2	-1,5	3
2004 год	2768	324	26	4,1	3,8	7,5
2005 год	2900	325	24	4,5	1,4	2,8
2006 год	3212	341	42	-5,9	-1,4	7,8
2007 год	3215	338	34	6,2	1,1	6,4
2008 год	3300	338	39	-3,7	1,4	10
2009 год	3147	332	31	-0,6	5,4	6,9
2010 год	3209	332	30	0,1	3,4	5,8
2011 год	3404	350	38	-0,1	-1,3	4,6
2012 год	3407	348	42	-0,2	-5,1	3,1
2013 год	3384	322	25	4,5	5,7	7,6
2014 год	Искомое	340	26	0,9	2,6	8,5

Оценить пригодность использования полученной модели для прогнозирования объемов работ, необходимых на будущие периоды.

В связи с тем, что необходимо определить влияние нескольких факторов, проведем разработку многофакторной модели с использованием средств Microsoft Office.

Сформируем исходные данные (рисунок 1).

Год	Входные данные			Среднемесячная температура последних в градусах по С°												
	Ямочный ремонт в кв.м.	Осадки в мм. за зимний период	Кол-во дней со снежным покровом в дн.	Янв	Фев	Мар	Апр	Май	Июн	Июл	Авг	Сен	Окт	Ноя	Дек	Год
2001 год	2616	321	23	2	2,8	8,8	13	15,5	20,4	27,5	26	19,3	11,2	7,7	-0,4	13
2002 год	2800	342	31	-1,7	6,6	8,7	10,8	17,5	20,9	26,2	22	20,2	13	8,1	-3,5	12
2003 год	2810	334	31	2	-1,5	3	9,7	20,5	20,7	23,3	24	17,4	13,4	6,1	2,6	12
2004 год	2768	324	26	4,1	3,8	7,5	11,9	16,6	20	22,6	24	19,1	12,5	7,5	3	13
2005 год	2900	325	24	4,5	1,4	2,8	12,9	19,4	20,9	24,7	26	20,6	12,4	6,3	5	13
2006 год	3212	341	42	-5,9	-1,4	7,8	12,7	17	23,1	22,8	28	19,7	14,1	7	2,2	12
2007 год	3215	338	34	6,2	1,1	6,4	10,7	20,5	23,4	26,6	27	21,4	15,2	5,4	2	14
2008 год	3300	338	39	-3,7	1,4	10	14,6	16,3	21,5	24,5	27	18,8	13,6	8	1,2	12
2009 год	3147	332	31	-0,6	5,4	6,9	10,7	16,1	23,9	25,6	22	18,8	16	8,5	4,5	13
2010 год	3209	332	30	0,1	3,4	5,8	12,2	19,2	24,6	26,8	28	21,7	11,5	12	7,2	14
2011 год	3404	350	38	-0,1	-1,3	4,6	10	17,1	22,6	27,1	24	19,4	11,7	1,4	5,7	12
2012 год	3407	348	42	-0,2	-5,1	3,1	16,5	21,4	24,7	25,8	25	21,3	16,8	8,3	2,3	13
2013 год	3384	322	25	4,5	5,7	7,6	14	21,8	23,5	24,9	25	16,9	11,3	9	0,9	14
2014 год		340	26	0,9	2,6	8,5										

Рисунок 1 – Исходные данные для разработки многофакторной регрессионной модели

Построим матрицу корреляции для количественного выражения взаимосвязи между объемом товарооборота и приведенными в таблице независимыми факторами.

Полученная матрица корреляции представлена в таблице 2.

Таблица 2 - Матрица Корреляции

Корреляция	Столбец 1	Столбец 2	Столбец 3	Столбец 4	Столбец 5	Столбец 6
Столбец 1	1					
Столбец 2	0,525294159	1				
Столбец 3	0,63859109	0,885938657	1			
Столбец 4	-0,235706956	0,535143257	0,668143693	1		
Столбец 5	-0,330496245	0,567743736	0,658094196	0,1963644	1	
Столбец 6	-0,114526474	0,206398606	0,056098587	-0,332879	0,5813638	1

Проанализируем полученные коэффициенты корреляции:

корреляция объема разрушенного асфальтобетонного покрытия дороги (по

шкале Чеддока) демонстрирует высокую связь с средимесячной температурой за март (столбец б), заметную взаимосвязь с величиной осадков (столбец 2) и крайне слабую со среднемесячной температурой за январь (столбец 4);

связи как положительные, так и отрицательные, т.е. с увеличением (уменьшением) величины каждого из независимых факторов объем изношенного асфальтного покрытия увеличивается (уменьшается) в зависимости от факторов;

матрица корреляции показывает возможные: обратную заметную, близкую к высокой по тесноте взаимосвязь между независимыми факторами; умеренную обратную связь; заметную взаимосвязь.

Результат выполнения команды Регрессия представлен на рисунке 2.

Регрессионная статистика					
Множественный R	0,798601238				
R-квадрат	0,637763937				
Нормированный R-квадрат	0,379023892				
Стандартная ошибка	216,3470781				
Наблюдения	13				

  

Дисперсионный анализ					
	df	SS	MS	F	Значимость F
Регрессия	5	576857,2848	115371,457	2,464882995	0,135543318
Остаток	7	327642,4075	46806,05822		
Итого	12	904499,6923			

  

	Коэффициенты	Стандартная ошибка	t-статистика	P-Значение	Нижние 95%	Верхние 95%	Нижние 95,0%	Верхние 95,0%
Y-пересечение	7351,661602	4878,740117	1,506877068	0,175569578	-4184,725596	18888,0488	-4184,725596	18888,0488
Переменная X 1	-20,49742644	16,73940708	-1,224501343	0,260368972	-60,07983438	19,08498149	-60,07983438	19,08498149
Переменная X 2	87,26271665	33,3254603	2,618499966	0,034484333	8,460525028	166,0649083	8,460525028	166,0649083
Переменная X 3	36,87402605	28,02423861	1,315790469	0,229696971	-29,39276819	103,1408203	-29,39276819	103,1408203
Переменная X 4	67,31006982	40,00013276	1,682746161	0,13630277	-27,27521416	161,8953538	-27,27521416	161,8953538
Переменная X 5	-54,368456	46,42384527	-1,171132113	0,279863221	-164,1434064	55,40649438	-164,1434064	55,40649438

Рисунок 2 – Результат выполнения команды Регрессия

Проанализировав регрессионную статистику, стоит отметить, что значение коэффициента детерминации  $R^2 = 0,63776$  показывает, что изменения зависимых факторов на 63% объясняются изменчивостью в совокупности рассматриваемых независимых факторов. Оставшиеся 37% приходятся на



другие, не рассматриваемые в модели факторы (например, интенсивность транспортного потока и т.д.);

Множественный коэффициент корреляции  $R = 0,7986$  свидетельствует о том, что корреляция или теснота связи между предсказанным (вычисленным по уравнению регрессии) значением зависимого фактора, т.е. площади покрытия дороги, и линейной комбинацией всех рассматриваемых независимых факторов согласно шкале Чеддока признается высокой;

Величина в строке Стандартная ошибка описывает размер типичного отклонения наблюдаемого значения от линии регрессии, т.е. диапазон площади покрытия дороги варьируется от предсказанной (вычисленной) величины на  $\pm 216,34$ .

При анализе мультиколлинеарности выявлено ее возможное наличие, что говорит о существовании факта взаимосвязи независимых факторов между собой. Такой же вывод был сделан при анализе корреляционной матрицы. Коэффициенты выявленных корреляций ниже значения множественного коэффициента корреляции  $R=0,7986$ , явление мультиколлинеарности будем считать незначительным и ни один из независимых факторов не будем удалять из модели.

Уравнение регрессии между объемом товарооборота, численностью персонала, основными фондами и объемом поступления товаров имеет следующий вид (в скобках указаны стандартные ошибки):

$$Y=7351,66+(-20,49*x_1)+(87,26*x_2)+(36,87*x_3)+(67,31*x_4)+(-54,36*x_5)=2397,42$$

Анализ значений коэффициентов регрессии и их стандартных ошибок (t-статистика) позволяет сделать вывод о значимости в уравнении коэффициентов всех переменных, т.к. они превосходят свои стандартные ошибки по значению.

Стоит отметить, что для высокоточного определения объема денежных средств, необходимых на текущий ремонт дороги (или содержание дорог) стоит разделить на классы по их техническим характеристикам, например:

гравийные дороги;

дороги с асфальтовым покрытием, толщиной 5 см;

дороги с асфальтовым покрытием, толщиной 8 см;

и т.д.

Классификация дорог в зависимости от характеристики дорожной одежды необходима для применения нормативов стоимости текущего ремонта 1 кв.м. дорог, поскольку норматив будет варьироваться в объеме работ и как следствие стоимостном выражении.

#### Заключение

Представленный материал поможет решить следующие задачи:

В части соблюдения законодательства в сфере содержания автомобильных дорог данная статья будет являться материалом для утверждения правил расчета размера ассигнований местного бюджета на ремонт улично-дорожной сети.

Практически подсчитать минимальный объем необходимых денежных средств на ремонт улично-дорожной сети, который в процессе будет откорректирован путем проведения дефектования дорог. Проанализировать влияние погодных условий на эксплуатацию автомобильных дорог.

#### Список литературы

1. Бессчетнов Б.В. магистерская диссертация «Длительная трещиностойкость асфальтобетона дорожных покрытий в климатических условиях юга России», 2010 г. - 199 с.
2. Шалабанов А.К. Линейные модели парной и множественной регрессии. Практикум по эконометрике. 2008 г. - 53 с.

### References

1. Besschetnov B.V. masterskaja dissertacija «Dlitel'naja treshhinostojkost' asfal'tobetona dorozhnyh pokrytij v klimaticheskikh uslovijah juga Rossii», 2010 g. - 199 s.
2. Shalabanov A.K. Linejnye modeli parnoj i mnozhestvennoj regressii. Praktikum po jekonometrike. 2008 g. - 53 s.