

УДК 625.72.001.63

ВЗАИМОСВЯЗЬ РАЗВИТИЯ СЕТИ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ И ВНЕТРАНСПОРТНОГО ЭФФЕКТА НА ПРИМЕРЕ РЕСПУБЛИКИ САХА (ЯКУТИЯ)

Копылов С.В.

ФГАОУ ВПО «Сибирский федеральный университет», Красноярск, e-mail: office@sfu-kras.ru

На основе корреляционно-регрессионных моделей проведен анализ системы критериев внедорожного эффекта и состояния сети автомобильных дорог. Система критериев внедорожного эффекта включает в себя показатели: качество здравоохранения, образованность населения, занятость населения, транспортную подвижность населения, уровень валового регионального продукта (ВРП), развитие сельскохозяйственного комплекса, развитие промышленного комплекса. В качестве основного фактора рассматривается технико-эксплуатационное состояние плотности сети автомобильных дорог общего пользования с твердым покрытием. Установлено, что между исследуемыми совокупностями существует тесная взаимосвязь, которая при проектировании сети автомобильных дорог должна играть ключевую роль. В результате получены адекватные зависимости для каждого показателя, при помощи которых можно рассчитать внедорожный эффект связанный с состоянием сети автомобильных дорог.

Ключевые слова: сеть автомобильных дорог, внедорожный эффект, транспортная доступность

INTERRELATION OF THE DEVELOPMENT ROAD NETWORK AND EXTRA TRANSPORT EFFECT ON THE EXAMPLE OF SAKHA REPUBLIC (YAKUTIA)

Kopylov S.V.

Siberian Federal University, Krasnoyarsk, e-mail: office@sfu-kras.ru

On the basis of correlation and regression models analyzed the system of criteria the extra transport effect and condition of the road network. System criteria for extra transport effect includes the indicators: quality healthcare, education of the population, employment, transport mobility of the population, the level of gross regional product (GRP), the development of agricultural sector, the development of the industrial complex. As the main factor is considered technical and operational condition of the density of the road network is paved. Found that between the studied parameters of close relationship exists which the design of the road network should play a key role. This yields an adequate regression equation for each indicator, with which you can calculate extra transport effect associated with the state of the road network.

Keywords: road network, extra transport effect, transport accessibility

В XXI веке наличие бесперебойной, надежной и скоростной сети автомобильных дорог является необходимой частью развития общества, экономики и государства в целом.

В существующей программе «Развитие транспортного комплекса Республики Саха (Якутия) на 2012-2016 годы» целью является создание благоприятных транспортных условий для инновационного развития экономики и социальной сферы республики Саха (Якутия) [2]. Несмотря на это при планировании социально-экономического развития региона практика показывает, что роль транспортной доступности зачастую просто не учитывается.

В Якутии более 80% перевозок осуществляются преимущественно по автомобильным дорогам. Большая продолжительность перевозки грузов внешнего завоза: в среднем по республике грузы находятся в пути 270-280 суток, а с учетом времени на хранение, год и более (до 400-700 суток, для наиболее отдаленных районов) [5].

На сегодняшний день сеть автомобильных дорог является инструментом для создания благоприятных условий для развития

экономики региона, а также для улучшения качества жизни населения.

Однако состояние сети местных автомобильных дорог Республики Саха (Якутия) находится в критическом состоянии, около 90% сельских населенных пунктов республики не имеют круглогодичной связи по дорогам с твердым покрытием [6]. Это обуславливает значительные затраты на перевозки по грунтовым дорогам, которые почти в два-три раза выше, чем по дорогам с твердым покрытием, из-за этого доля транспортных издержек достигает 70%.

Цель исследования: исследование взаимосвязи состояния сети автомобильных дорог внедорожного эффекта в условиях Республики Саха (Якутия).

Материалы и методы исследования

На основе проведенного анализа ранее предложенной автором системы критериев внедорожного эффекта [3] и состояния сети автомобильных дорог Республики Саха (Якутия) проявляется тесная связь между ними.

В данной работе под понятием состояния сети автомобильных дорог понимается плотность сети автомобильных дорог с твердым покрытием.

В целях установления взаимосвязи между состоянием сети автомобильных дорог и внетранспортным эффектом, был проведен соответствующий расчет с использованием математической статистики, в частности корреляционно-регрессионных моделей. При их разработке в качестве фактора развития сети автомобильных дорог рассматривается плотность сети автомобильных дорог общего пользования с твердым покрытием, «Р_{тн}».

В рамках проведенного исследования система критериев внетранспортного эффекта от развития сети автомобильных дорог имеет следующий вид:

- Критерий качества здравоохранения, «К_{здр}»;
- Критерий образованности населения, «К_{обр}»;
- Критерий занятости населения, «К_з»;
- Критерий транспортной подвижности населения, «К_{трп}»;
- Критерий уровня ВРП, «К_{врп}»;
- Критерий развития сельскохозяйственного комплекса, «К_{сх}»;
- Критерий развития промышленного комплекса, «К_{прм}».

Общий вид уравнения зависимости имеет вид [1, 4]:

$$y = \alpha_0 + \alpha_1 \cdot x, \quad (1)$$

где y – искомый параметр К_{здр}, К_{обр}, К_з, К_{трп}, К_{врп}, К_{сх}, К_{прм};

x – фактор плотности сети автомобильных дорог с твердым покрытием, км/тыс. чел.;

α_0, α_1 – коэффициенты регрессии.

Коэффициенты α_0 и α_1 рассчитываются с использованием метода наименьших квадратов (2; 3).

$$\alpha_0 = \frac{\sum_{i=1}^n x_i^2 \sum_{i=1}^n y_i - \sum_{i=1}^n x_i \sum_{i=1}^n x_i y_i}{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2}, \quad (2)$$

$$\alpha_1 = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - \sum_{i=1}^n x_i \sum_{i=1}^n y_i}{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2}, \quad (3)$$

Для количественной оценки существования связи между исследуемыми совокупностями рассчитывается теснота взаимосвязи – коэффициент корреляции (4).

$$r = \frac{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{S_x S_y}, \quad (4)$$

где S_x и S_y – среднее квадратическое отклонение каждого из рассматриваемых массивов чисел; \bar{x} и \bar{y} – средние величины; n – число измерений в каждой совокупности (переменной).

Данные о К_{здр}, К_{обр}, К_з, К_{трп}, К_{врп}, К_{сх}, К_{прм} принимаются по материалам территориального органа федеральной службы государственной статистики по РС (Я). Данные приведены в таблице.

Статистические данные по РС (Я)

Год	Плотность сети автомобильных дорог с твердым покрытием общего пользования РС (Я), км/1000 жителей	Качество здравоохранения населения (количество обращений в медучреждения), тыс. чел.	Выпущено специалистов из ВУЗов, тыс. чел.	Численность занятого населения, тыс. чел.	Транспортная подвижность населения, млн. пассажиро-км	ВРП в основных ценах, млн. рублей	Продукция сельского хозяйства по животноводству, млн. руб.	Промышленность, (производство деловой древесины), тыс. плотн.м ³
2000	7,6	742,6	2,4	430,6	62,4	82,0	3832,5	244,1
2001	7,7	748,8	2,6	434,4	64,7	100,9	5049,6	279,5
2002	7,7	804,2	3,9	457,8	64,3	115,1	6007,9	292,5
2003	7,8	803,7	4,4	451,6	76,4	133,0	6819	344,1
2004	7,9	805,1	5,9	449,3	75,4	153,5	8273,6	343,1
2005	7,9	840,9	7,3	441,2	64,9	183,0	8969,8	361,3
2006	8,6	909,2	7,3	451,4	65,5	206,8	10333	467,1
2007	8,6	893,5	7,3	459,4	60,9	242,7	10930,3	444,7
2008	8,7	938,3	7,2	460,7	63,9	309,5	11814	581,3
2009	8,5	964,6	7,3	460,1	65,0	328,2	12540,3	455,7
2010	8,7	980,7	6,7	449,9	66,4	386,8	13100	-
2011	8,7	1002,4	7,9	447,9	69,4	486,8	13847,8	-
2012	10,8	1019,2	7,9	-	97,3	540,4	-	-

При осуществлении моделирования связей между факторным и результативным признаком (К_{здр}, К_{обр}, К_з, К_{трп}, К_{врп}, К_{сх}, К_{прм}), необходимо провести подбор соответствующего уравнения, которое наи-

лучшим образом описывает изучаемую зависимость. Для этого отобран наиболее информативный фактор (плотность сети автомобильных дорог с твердым покрытием), включаемый в регрессионную модель.

**Результаты исследования
и их обсуждение**

Первым этапом в указанном статистическом исследовании являлось выявление корреляционной зависимости, используя данные таблицы.

Расчет коэффициента корреляции проводился по формуле 4. В окончательном виде получены коэффициенты корреляции для показателя качества здравоохранения $r_{зд} = 0,81$; показателя образованности $r_{обр} = 0,68$; показателя занятости $r_3 = 0,61$; показателя транспортной подвижности $r_{трп} = 0,71$; показателя ВРП $r_{врп} = 0,86$; показателя сельскохозяйственного комплекса

$r_{сх} = 0,94$; показателя промышленного комплекса $r_{пр} = 0,95$. Оценка полученных коэффициентов корреляции характеризует очень сильную тесноту связи для показателей $K_{сх}$, $K_{прм}$; сильную тесноту связи для показателей $K_{зд}$, $K_{трп}$, $K_{врп}$; заметную силу связи для показателей $K_{обр}$, K_3 по шкале Чеддока [1].

Вторым этапом исследования являлось установление регрессионной зависимости воздействия состояния сети автомобильных дорог на изменение исследуемых показателей.

Используя метод наименьших квадратов, получены для каждого показателя линейные уравнения регрессии следующего вида:

$$\begin{aligned} y_{зд} &= 93 + 94 \cdot x, y_{обр} = -7,6 + 1,6 \cdot x, \\ y_3 &= 341,1 + 12,2 \cdot x, y_{трп} = 0,01 + 8,2 \cdot x, \\ y_{врп} &= -1044,4 + 154,3 \cdot x, y_{сх} = -47043,8 + 6868,2 \cdot x, \\ y_{пр} &= -1436,9 + 224,3 \cdot x, \end{aligned}$$

Количественная проверка на адекватность полученных уравнений регрессии показывает, что фактические значения F-критерия (критерий Фишера) составляют $F_{факт}^{зд} = 0,05$, $F_{факт}^{обр} = 0,1$, $F_{факт}^3 = 0,16$, $F_{факт}^{трп} = 0,09$, $F_{факт}^{врп} = 0,03$, $F_{факт}^{сх} = 0,01$, $F_{факт}^{пр} = 0,01$, а табличное значение критерия Фишера составляет $F_{крит(0,05;1;8)} = 5,32$, коэффициент детерминации составляет $R^2_{расч} = 0,658$, $R^2_{расч} = 0,457$, $R^2_{расч} = 0,372$, $R^2_{расч} = 0,497$, $R^2_{расч} = 0,732$, $R^2_{расч} = 0,882$, $R^2_{расч} = 0,895$ а критическое значение составляет $F_{крит(0,05;1;10)} = \sqrt{0,399}$. Поскольку выполняются соотношения для критерия Фишера $F_{расч} < F_{крит}$ и для коэффициента детерминации

$R^2_{расч} > R^2_{крит}$, то с вероятностью 95% можно утверждать, что рассматриваемое уравнение имеет высокую степень адекватности, кроме показателя занятости.

Как показывает практика, во многих случаях моделирование социально-экономических зависимостей линейными уравнениями дает вполне удовлетворительные результаты. Но во многих случаях социально-экономическое моделирование по своей сути не поддается линейной зависимости. Поэтому рассмотрим моделирование в виде нелинейных (полиномиальных и степенных) уравнений регрессии.

При полиномиальной форме зависимости, используя линии тренда, получим уравнения регрессии следующего вида:

$$\begin{aligned} y_{зд} &= -4071,7 + 1022,2 \cdot x - 51 \cdot x^2, y_{обр} = -109,1 + 24,2 \cdot x - 1,2 \cdot x^2, \\ y_3 &= -2527,6 + 716,4 \cdot x - 42,9 \cdot x^2, y_{трп} = 428,4 - 87,3 \cdot x + 5,2 \cdot x^2, \\ y_{врп} &= -4702,1 + 969,6 \cdot x - 44,8 \cdot x^2, y_{сх} = -509538 + 120237 \cdot x - 6927,6 \cdot x^2, \end{aligned}$$

Показатель развития промышленного комплекса наиболее удачно описывается степенной зависимостью в отличие от других показателей, и имеет следующий вид:

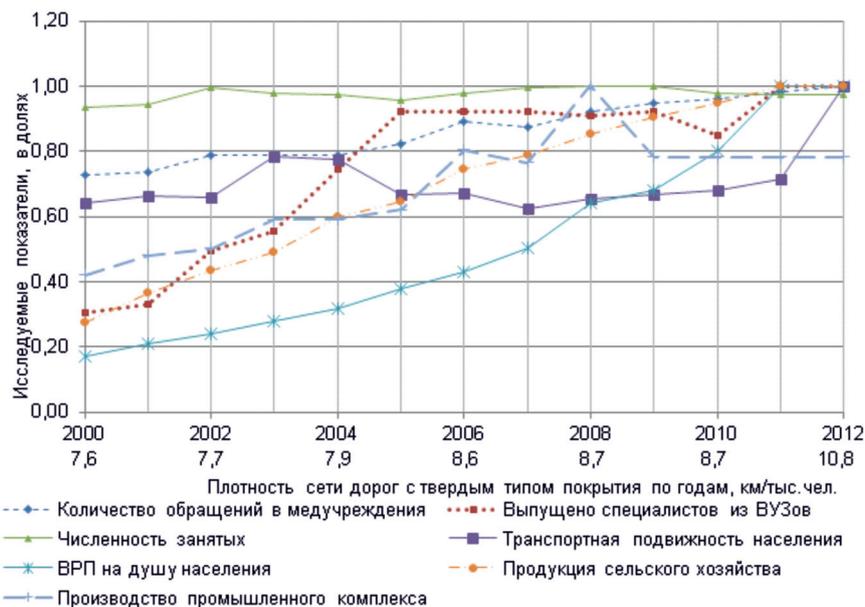
$$y_{пр} = 0,0165 \cdot x^{4,789},$$

В нелинейных уравнениях коэффициенты детерминации составили: $R^2 = 0,906$, $R^2_{обр} = 0,802$, $R^2_3 = 0,540$, $R^2_{зд} = 0,757$, $R^2_{врп} = 0,819$, $R^2_{сх} = 0,921$, $R^2_{пр} = 0,913$, что характеризует высокую тесноту связи меж-

ду результативными показателями и изучаемым фактором.

В результате установлено, что полученные зависимости подтверждают статистически адекватность и работоспособность воздействия состояния сети автомобильных дорог на внутранспортный эффект. Наилучшим образом изучаемую зависимость описывает полиномиальная и степенная функция.

Ниже приведена зависимость (рисунок) изменения $K_{зд}$, $K_{обр}$, K_3 , $K_{трп}$, $K_{врп}$, $K_{сх}$, $K_{прм}$ от развития сети автомобильных дорог.



Динамика развития исследуемых показателей

Заключение

Таким образом, модели корреляционно-регрессионного анализа и полученные зависимости позволяют в некоторой степени прогнозировать внедорожный эффект от развития сети автомобильных дорог. Появляется возможность рассчитать внедорожный эффект в рублях от вложенных инвестиций на 1 км дороги.

Полученные результаты будут применяться для дальнейшего исследования развития методики проектирования местной сети автомобильных дорог на основе социально-экономических факторов.

Список литературы

1. Бараз В.Р. Корреляционно-регрессионный анализ связи показателей коммерческой деятельности с использованием программы Excel: учеб. пособие / В. Р. БАРАЗ. – Екатеринбург: ГОУ ВПО «УГТУ–УПИ», 2005. – 102 с.
2. Государственная программа Республики Саха (Якутия) «Развитие транспортного комплекса Республики Саха (Якутия) на 2012-2016 годы». Якутск, Министерство транспорта и дорожного хозяйства РС (Я) апрель 2013 г.
3. Копылов С.В. Учет влияния состояния местной сети дорог на развитие улусов Республики Саха (Якутия) // Наука и мир. – 2013. – №5. – С. 92-94.
4. Мальцев Ю.А. Экономико-математические методы проектирования транспортных сооружений: учебник для студ. учреждений высш. проф. образования / Ю. А. Мальцев. – М.: Академия, 2010. – 320 с.
5. Схема комплексного развития производительных сил, транспорта и энергетики Республики Саха (Якутия) до 2020 года. – Москва, Якутск, 2006. – С.47-132.

6. Транспортная стратегия Республики Саха (Якутия) на период до 2025 года. Якутск, Министерство транспорта и дорожного хозяйства РС (Я), май 2004 г.

References

1. Baraz V.R. Korreljacionno-regressionnyj analiz svyazi pokazatelej kommercheskoj dejatel'nosti s ispol'zovaniem programmy Excel[Correlation and regression analysis due trading performance in Excel], Ekaterinburg, 2005.102 p.
2. Gosudarstvennaja programma Respubliki Sakha (Yakutia) «Razvitie transportnogo kompleksa Respubliki Sakha (Yakutia) na 2012-2016 gody». Yakutsk, 2013.
3. Kopylov S.V. – Science and world, 2013, no.5, pp. 92-94.
4. Maltsev, Y.A. Jekonomiko-matematicheskie metody proektirovanija transportnyh sooruzhenij[Economic-mathematical methods of designing traffic facilities], Moscow, 2010. 320 p.
5. Shema kompleksnogo razvitija proizvoditel'nyh sil, transporta i jenergetiki Respubliki Sakha (Yakutia) do 2020 goda, Moscow, Yakutsk, 2006. pp. 47-132.
6. Transportnaja strategija Respubliki Sakha (Yakutia) na period do 2025 goda. Yakutsk, 2004.

Рецензенты:

Козин Г.Л., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой промышленного транспорта и строительства, ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный технологический университет», г. Красноярск;

Емельянов Р.Т., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой инженерных систем зданий и сооружений, ФГАОУ ВПО «Сибирский федеральный университет», г. Красноярск.

Работа поступила в редакцию 24.06.2014.