

КОРРЕЛЯЦИОННО-РЕГРЕССИОННАЯ МОДЕЛЬ ВЫЯВЛЕНИЯ ВЗАИМОСВЯЗИ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ И ТРАНСПОРТНОЙ ДОСТУПНОСТИ В РЕСПУБЛИКЕ САХА (ЯКУТИЯ)

Копылов С.В.,

научный руководитель канд. техн. наук профессор Жуков В. И.

Сибирский федеральный университет

В настоящее время при проектировании сети автомобильных дорог имеют практическое применение такие показатели: перспективная интенсивность движения; затраты на транспортировку грузов и пассажиров; затраты на строительство, ремонт и содержание дороги; расстояние между корреспондирующими пунктами; время в пути между корреспондирующими пунктами; безопасность движения. Руководствуясь только выше перечисленными показателями с учетом специфических условий Якутии, невозможно будет создать рациональную сеть дорог.

Предлагается методический подход, основанный на том, что через оценку социального, экономического и промышленного положения района можно обосновать развитие сети автомобильных дорог.

Расчет внутранспортного эффекта предлагается проводить с использованием математической статистики, в частности корреляционно-регрессионных моделей. Общий вид уравнения зависимости имеет вид:

$$y = a_0 + a_1 \cdot x, \quad (1)$$

где y – искомый показатель (социальные, экономические и промышленные показатели критерия);

x – показатель плотности сети автомобильных дорог с твердым покрытием;

a_0, a_1 – коэффициенты регрессии.

Коэффициенты a_0 и a_1 рассчитываются с использованием метода наименьших квадратов.

$$a_0 = \frac{\sum_{i=1}^n x_i^2 \sum_{i=1}^n y_i - \sum_{i=1}^n x_i \sum_{i=1}^n x_i y_i}{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2}, \quad (2)$$

$$a_1 = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - \sum_{i=1}^n x_i \sum_{i=1}^n y_i}{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2}, \quad (3)$$

В качестве показателя состояния сети дорог рассматривается плотность сети дорог общего пользования с твердым покрытием. Постановка задачи развития сети дорог является многокритериальной. В качестве критериев можно предложить следующие:

1. Качество здравоохранения;
2. Образованность населения;
3. Занятость населения;
4. Транспортная подвижность населения;
5. Уровень ВРП;
6. Развитие сельскохозяйственного комплекса;
7. Развитие промышленного комплекса;

Для выявления корреляционной зависимости между исследуемыми показателями и состоянием сети дорог рассчитывается теснота связи (коэффициент корреляции).

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

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

Зная коэффициент корреляции, можно дать качественно-количественную оценку тесноты связи, используя шкалу Чеддока.

При осуществлении моделирования связей между критериями и результативным показателем проведен подбор соответствующего уравнения, которое наилучшим образом описывает изучаемую зависимость. Для этого отобраны наиболее информативные критерии, включенные в регрессионную модель.

Первым этапом в указанном статистическом исследовании являлось выявление корреляционной зависимости, используя данные таблицы 1.

Расчет коэффициента корреляции проводился по формуле 4. В окончательном виде получены коэффициенты корреляции $r_{расч}=0,81$, $r_{расч}=0,68$, $r_{расч}=0,61$, $r_{расч}=0,71$, $r_{расч}=0,86$, $r_{расч}=0,94$, $r_{расч}=0,95$. Полученные коэффициенты характеризуют сильную тесноту связи.

Таблица 1 – Показатели по годам

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 с учетом автотранспортировки, млн. пассажиро-км	ВРП на душу населения, тыс. руб.	Продукция сельского хозяйства по животноводству, млн. руб.	Промышленность, лесозаготовки, тыс. плотн.м ³ (Деловая древесина)
	1	2	3	4	5	6	7	
2000	7,6	742,6	2,4	430,6	62,4	85,4	3832,5	244,1
2001	7,7	748,8	2,6	434,4	64,7	105,7	5049,6	279,5
2002	7,7	804,2	3,9	457,8	64,3	121,2	6007,9	292,5
2003	7,8	803,7	4,4	451,6	76,4	140,1	6819	344,1
2004	7,9	805,1	5,9	449,3	75,4	161,3	8273,6	343,1
2005	7,9	840,9	7,3	441,2	64,9	191,9	8969,8	361,3
2006	8,6	909,2	7,3	451,4	65,5	216,5	10333	467,1
2007	8,6	893,5	7,3	459,4	60,9	253,4	10930,3	444,7
2008	8,7	938,3	7,2	460,7	63,9	322,9	11814	581,3
2009	8,5	964,6	7,3	460,1	65,0	342,5	12540,3	455,7
2010	8,7	980,7	6,7	449,9	66,4	403,7	13100	-
2011	8,7	1002,4	7,9	447,9	69,4	504,7	13847,8	-
2012	10,8	1019,2	7,9	-	97,3	-	-	-

Вторым этапом исследования являлось установление регрессионной зависимости – воздействие состояния сети автомобильных дорог на изменение исследуемых факторов.

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

$$y_{здр} = 93 + 94 \cdot x, (5)$$

$$y_{обр} = -7,6 + 1,6 \cdot x, (6)$$

$$y_z = 341,1 + 12,2 \cdot x, (7)$$

$$y_{трп} = 0,01 + 8,2 \cdot x, (8)$$

$$y_{врп} = -1786,5 + 246,7 \cdot x, (9)$$

$$y_{сх} = -47043,8 + 6868,2 \cdot x, (10)$$

$$y_{пр} = -1436,9 + 224,3 \cdot x, (11)$$

Оценка адекватности полученных уравнений регрессии показывает, что так как фактические значения критерия Фишера составляют $F_{факт}^{здр} = 21,13$, $F_{факт}^{обр} = 9,26$,

$F_{\text{факт}}^z=5,92$, $F_{\text{факт}}^{\text{трп}}=10,89$, $F_{\text{факт}}^{\text{врп}}=27,31$, $F_{\text{факт}}^{\text{сх}}=74,9$, $F_{\text{факт}}^{\text{пр}}=68,2$, а табличное значение критерия Фишера $F_{\text{крит}(0,05;1;11)}=4,85$, то с вероятностью 95% можно утверждать, что рассматриваемые уравнения имеют высокую степень адекватности.

Установлено, что полученные уравнения регрессии подтверждают статистическую адекватность и работоспособность зависимостей - воздействие состояния сети автомобильных дорог на изменение качества здравоохранения населения, рост образованности населения, уменьшение безработицы населения, рост транспортной подвижности населения, повышение уровня ВРП, рост производительности сельского хозяйства, повышение производительности промышленного комплекса в частности лесозаготовки.

Используя полученные зависимости можно оценить потенциальную выгоду внутранспортного эффекта от развития сети автомобильных дорог.

Исследование показало, что потенциальный перевод 5% протяженности автозимников на дороги с твердым типом покрытия, приведет к росту качества здравоохранения на 15,6%, росту образованности у населения на 30%, росту занятости на 5,5%, росту транспортной подвижности населения на 17%, повышению уровня ВРП на 151,8%, повышению производительности сельского хозяйства на 119,6% и повышению производительности промышленного комплекса на 60,5%.

Чистый ежегодный доход только по одному показателю «сельскохозяйственный комплекс» за вычетом ежегодных затрат на содержание и эксплуатацию дороги составил 3,4 млн. рублей. Рассчитанный коэффициент общей экономической эффективности капитальных вложений равен 1,3 ед., что свидетельствует о целесообразности капитальных вложений и инвестиционной привлекательности.

Ниже приведен график зависимостей исследуемых критериев от улучшения состояния сети автомобильных дорог по годам. Для этого значения всех критериев приведены в единую систему измерений, в нормированных долях (рис. 1).

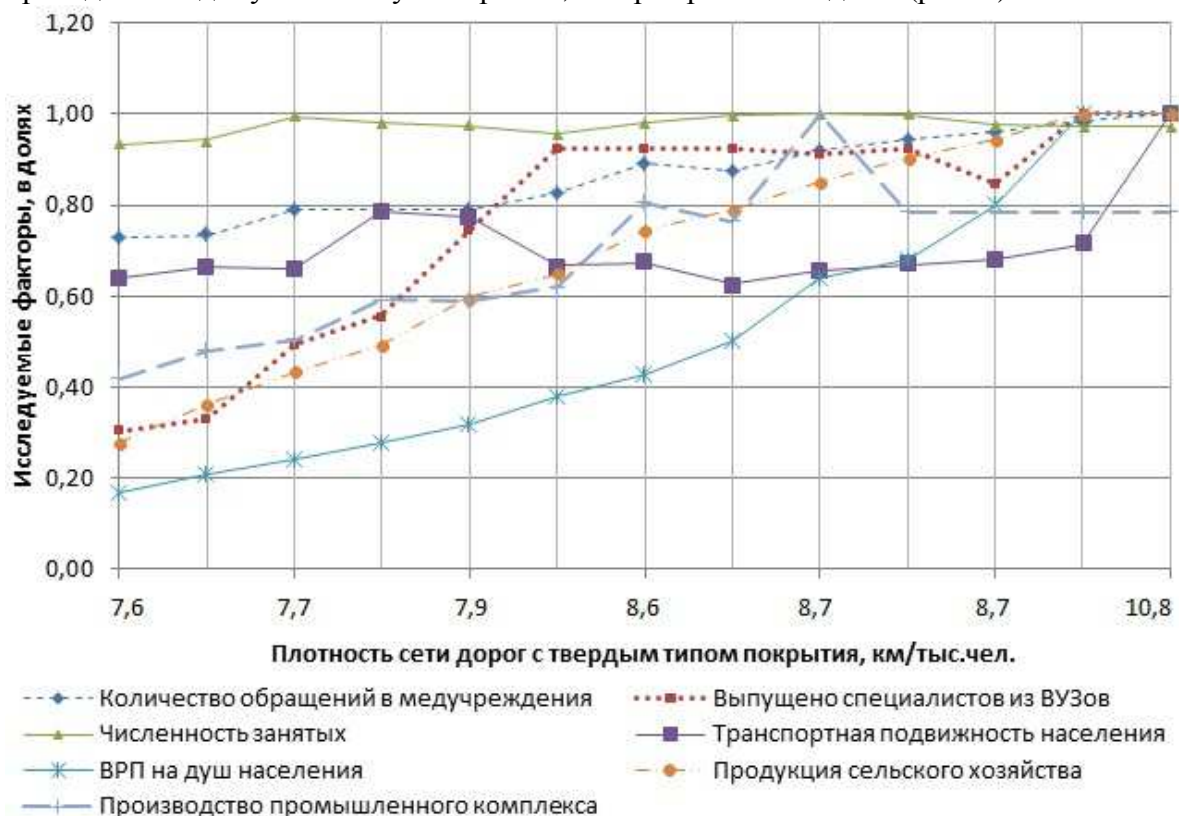


Рис. 1. Динамика развития исследуемых факторов

Выше проведенные исследования позволили предложить перечень критериев для социально-технического уровня требований состояния сети автомобильных дорог.

$K_{здр}$ – в долях, количество обращений граждан в медучреждения от общей численности населения.

$K_{обр}$ – в долях, количество выпущенных специалистов из ВУЗов от числа выпускников школ 5 лет назад.

$K_з$ – в долях, численность занятых от общей численности экономически активного населения.

$K_{трп}$ – в долях, транспортная подвижность населения, от требуемого по расчету

$K_{врп}$ – в долях, валовый региональный продукт на душу населения от требуемого по расчету

$K_{сх}$ – в долях, продукция сельского хозяйства от требуемого по расчету объема

$K_{пр}$ – в долях, продукция промышленного комплекса от требуемого по расчету объема

Перечисленные критерии позволяют оценить общую картину рассматриваемого района по социально-техническому состоянию сети дорог. Как показал корреляционно-регрессионный анализ, представляется возможным определение надежности функционирования сети автомобильных дорог, опираясь на предложенные критерии. Результативные значения каждого критерия в долях должны составлять единицу, что сопоставимо со 100%.

Исходя из требований потребителей услуг автомобильных дорог, влияние состояния дорог на все критерии имеет разную весомость. Весомость каждого частного критерия определяется с использованием метода относительных предпочтений.

$$\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \alpha_4 + \alpha_5 + \alpha_6 + \alpha_7 = 1, \quad (12)$$

где α_i – вес каждого частного критерия

Используя принцип оценки по суммарным баллам и весомость частных критериев, получена зависимость, при помощи которой можно определить требуемый уровень развития сети дорог (категорийность, дорожная одежда, геометрический элемент) рассматриваемого района, которая будет иметь следующий вид:

$$K_{ит} = \alpha_1 \cdot K_{здр} + \alpha_2 \cdot K_{обр} + \alpha_3 \cdot K_з + \alpha_4 \cdot K_{трп} + \alpha_5 \cdot K_{врп} + \alpha_6 \cdot K_{сх} + \alpha_7 \cdot K_{пр}, \quad (13)$$

$$K_{опт} = 0,143 \cdot K_{здр} + 0,095 \cdot K_{обр} + 0,071 \cdot K_з + 0,119 \cdot K_{трп} + 0,167 \cdot K_{врп} + 0,191 \cdot K_{сх} + 0,214 \cdot K_{пр}$$

Исходя из существующего состояния сети автомобильных дорог и социально-экономического положения республики, предлагается ориентировочная оценка требуемого уровня развития сети дорог по итоговому критерию $K_{ит}$.

Конечный результат должен быть не больше или равен единице. При превышении отметки критерия 0,16 соблюдается (достигается) минимально возможный оптимальный эффект во всех отраслях (социальный, экономический и промышленный). В таком случае строительство автомобильной дороги IV категории целесообразно. Назначение и выбор категории, геометрического элемента дороги и дорожной одежды исходит от определенных условий проектируемого района.