

基于集对分析的区域农村公路建设发展阶段性评价

白 骅^{1,2}, 王建军¹, 许 鹤²

(1. 长安大学 公路学院, 陕西 西安 710064; 2. 长安大学 建筑学院, 陕西 西安 710061)

摘 要:为了合理有效评价区域农村公路建设的发展阶段实际状况,针对性的指出薄弱环节和改进方向,提出了一种基于集对分析的区域农村公路建设发展阶段评价方法。在总结相关研究的基础上,结合农村公路特点,运用目标分解的逻辑方法,从农村公路建设率、养护与安全水平、运营水平、管理强度 4 个方面,建立区域农村公路建设发展的分阶段指标体系。综合运用层次分析法(AHP)和熵技术得出各评价指标权重。通过计算各指标的联系程度,采用均衡原理判断区域农村公路建设发展的阶段性结果,以福建省农村公路的发展为例,合理确定该区域农村公路发展的整体水平。研究结果表明:福建省农村公路发展评价结果为优良处于较高水平,并找出了农村公路建设发展过程中的薄弱环节;用集对分析模型(SPAM)对区域农村公路建设发展进行评价的结果与实际分析的结果基本接近,说明该方法的客观合理性。该方法不仅能为下一阶段农村公路政策制定提供依据,还能为此类评价提供一种新方法。

关键词:交通工程;农村公路;指标体系;集对分析;阶段性评价

中图分类号:U491.122

文献标志码:A

Evaluate of regional rural road construction and development of static phase based on set pair analysis

BAI Hua^{1,2}, WANG Jian-jun¹, XU He²

(1. School of Highway, Chang'an University, Xi'an 710064, Shaanxi, China; 2. School of Architecture, Chang'an University, Xi'an 710061, Shaanxi, China)

Abstract: In order to realistically and effectively evaluate regional rural road construction and static phase development, and point out weaknesses and direction of improvement, a comprehensive evaluation method was proposed based on set pair analysis. On the basis of summary research results, a target decomposition method was used to establish a phased index system for regional rural highway construction development from four aspects: construction rate, maintenance integrity, operational level, and management involvement. The analytical hierarchy process (AHP) and entropy techniques were integrated to determine the weight of each index. By calculating the contact and degree of each index, the principle of sharing was used to judge regional rural road construction and development evaluation results to rationally determine the overall level of rural highway development in the region. The evaluation results show that rural

收稿日期:2018-03-24

基金项目:国家高技术研究发展计划(“八六三”计划)项目(2007AA11Z248);陕西省交通科学技术研究项目(15-26K);

中央高校基本科研业务费专项资金项目(310821153402,310841161001)

作者简介:白 骅(1978-),男,陕西西安人,副教授,工学博士研究生,E-mail:bai029@126.com。

highway development in the Fujian Province is at a high level, and the weak links in the process of rural highway construction are exposed. Evaluation results of regional rural highway construction development with set pair analysis method (SPAM) are similar to that of actual analysis, indicating that the method is objective and realistic. This method provides a basis for the next stage of rural highway policy formulation and its evaluation. 4 tabs, 1 fig, 19 refs.

Key words: traffic engineering; rural road; index system; set pair analysis; stage evaluation

0 引言

农村公路在中国公路网中占有重要地位,其里程占全国公路总里程的 75% 以上,连接着广阔的县、乡、村地区,在改善农村交通条件、增加农民收入和新农村建设等方面发挥着重要作用。因此,现阶段进行的农村公路建设发展评价,对制定其下一阶段建设发展政策和推动全面、协调、可持续发展具有重大意义。建立评价指标体系是评价区域农村公路建设发展的前提和基础。构建农村公路建设发展评价指标体系现有方法包括:综合指标体系构建方法的数学分析,基本维度系统构建方法,因果响应的指标体系构建方法,目标分解指标体系逻辑演绎法等^[1]。基于目标分解的逻辑推演法构建的指标体系具有保证指标全面性和完整性、层次之间保留较好逻辑关系的优点,并且这一构建方法从价值分析出发,紧扣阶段性实施目的和目标。本文在构建农村公路建设分阶段评价指标体系的过程中也采用了该逻辑思维。

国内外公路建设评价研究主要集中在管理绩效评价和道路建设与经济的关系上。孟魏在 2006 年提出了区域高速公路建设项目对经济影响评价的原则,并构建出高速公路对区域经济影响的综合评价指标体系和评价模型^[2]。李晓宁深入探讨了不同发展水平的区域公路交通与经济协调的协调问题,并根据分析结果评价相关单元和经济间的协调程度^[3]。马忠英分别从 3 个维度分析了社会经济和区域农村公路的协调作用机制,并构建出农村公路和经济发展适应性的评价模型^[4]。梁国华应用系统工程理论,研究了农村地区公路工程项目绩效评价体系,提出了 2 个特色绩效评价和 5 个基本绩效评价^[5]。张生瑞等从可持续发展水平、发展能力、发展协调性 3 个方面,建立了农村公路可持续发展评价指标体系,利用模糊识别方法建立了公路交通可持续发展综合评价模型^[6]。徐淑玉等应用灰色系统理论评价了公路建设项目的社会效益^[7]。Hull 从可持续发展的角度全面评价了公路建设项目技术、环

境、经济、社会影响和资源利用等,建立了公路工程项目可持续发展评价体系^[8]。Michael 在编制的《美国弗吉尼亚州农村公路发展规划》中明确指出了该区未来农村公路网的建设方向,并提出要充分考虑到地区环境、经济等因素的影响^[9]。Ali 等提出农村公路建设发展对农村扶贫的作用,认为农村公路建设发展可以对农村地区经济发展产生直接或间接的综合作用,从而实现减贫效应^[10]。

早期有不少学者研究了公路发展评价理论方法,并建立了经典的综合评价模型,但多基于高等级公路建设影响评价进行研究。部分学者研究了农村公路发展影响。袁春毅等基于数据包络分析法,对农村公路建设后进行了评价^[11]。马忠英等采用主成分分析法构建了农村公路与区域社会经济协调性评级指标体系,采用物元模型对其协调性进行了分析^[12]。Cho 等应用神经网络模型及层次分析法,研究公路路网评价指标及综合评价方法,并建立了适用于公路网评价的四大类评价指标^[13]。青海省公路科研勘察设计院和重庆交通科研设计院利用最小二乘法、BP 神经网络法等,针对青海公路建设发展对社会经济的适应性进行了测算分析^[14]。王晓晶结合层次分析法和模糊识别原理确立指标权重,通过构建多层次模糊识别综合评价模型分析了农村公路建设环境影响^[15]。

以上方法虽对公路建设进行了定性的评价,但农村公路建设是一个多元的复杂体系,上述方法不能综合考虑评价因素的确定性和由于模糊、随机等造成的不确定性,且未能发现制约评价结果的因素。集对分析理论把确定、不确定视作一个统一的辩证系统,通过引入联系度计算及其数学表达同一描述的各种不确定性,将具有不确定性的辩证认识转换成数学运算。目前,该方法已在工程技术、系统管理决策、地下水水质评价、安全评价和电力检测等方面得到广泛应用,但尚未见应用于公路发展评价方面的报道。

集对分析理论又称集对论,是一种新的处理模糊和不确定性的数学工具。1989 年,赵克勤首次提

出,并概述了该理论的方法原理和应用,经过 20 多年的发展,集对分析的理论研究和应用都有了显著的成效,集对分析理论的应用解决了很多不确定多属性决策问题,其在 2006 年分析了如何将集对分析的联系度应用到人工智能中,并形成了集对分析的不确定性系统理论,该理论可进行不确定性推理、智能决策及智能计算,并深入讨论了二元联系数在人工智能中的应用^[16]。刘秀梅等在 2009 年研究了用联系度来表示三角模糊数,进一步得出一种新的多属性决策模型;并对区间数中的不确定和确定性,运用联系度解决这类多属性决策问题^[17]。2010 年赵克勤探讨了基于集对分析的不确定多属性决策问题,论述了不确定多属性在二元联系数下的决策问题^[18]。刘健等研究了属性值为区间数的不确定多属性问题,并提出一种通过联系度表示后运用优势关系进行排序的算法^[19]。

本文的目的是用合理有效的评价方法对农村公路发展进行综合评价,运用集对分析理论建立区域农村公路建设发展阶段性评价模型,对农村公路建设发展做出定量分析,充分利用研究问题中所包含的不确定性信息,通过计算联系度做出定性评价,最后以福建省农村公路建设发展为例进行分析比较,说明集对分析法对农村公路发展评价的可靠性。本文利用集对分析理论,引入差异度系数刻画所论集对的差异性、同一性和对立性联系;一方面建立了子系统的综合发展等级,另一方面多个指标被系统的表示成一个总指标,经过计算农村区域公路发展总指标的综合评价联系数主值确定的综合评价等级,最终定量计算出不同层次意义上的公路发展程度。

1 区域农村公路建设发展阶段性评价特性分析

1.1 农村公路特点

1.1.1 建设特性

①农村公路建设缺乏投资,且投入的建设资金具有弹性。农村公路建设的投资来源多是各乡镇的集资且乡镇政府财力有限,所以农村公路建设投资有限,无法到位的资金制约了其建设过程。②农村公路建设质量较低,投资效益不高;公路建设的质量限制了农村公路的使用寿命;农村交通出行次数少,得到的投资效益远不如城市公路。③农村公路建设范围大,具有时序离散性。由于农村公路的建设资金有限,且农村区域交通需求并不高,出行的地点和时间还具有离散性,因而不可控制建设时序,延长了

农村公路的建设周期。

1.1.2 运营管理特性

①管理水平不高,部门协调不良。虽然社会的进步提高了农村公路的管理水平,但并没有完全消除混乱的内部管理,一定范围内的业务重复,部门之间的协调性有待提高。②配套设施不全,运营方式单一。在中国,一方面政府部门主导农村公路的投资建设,另一方面,政府也垄断式的对农村公路运营管理,运营单一,管理体制落后,这种集中式的运营管理制度是农村公路无法有效运营的主因。

1.2 农村公路建设发展现状问题

中国农村公路建设近年来发展成就显著,但在全面建成小康社会新时期下,农村公路建设发展依旧任务艰巨,存在主要的矛盾和问题有:

(1)建设任务重。贫困地区面临农村公路建设投资大、建设难度大等问题,这些地区通达仍是首要目标。另外经济欠发达或刚脱贫地区农村公路网建设任务重。

(2)养护和管理任务重。已经建成的公路不达标,抗灾能力不强,安全设施不足,缺乏养护投入。

(3)运营发展任务重。城乡一体化对运营机制建设提出许多新的要求,线路优化、合理的配套设施建设、运营公交化推行、客运信息化建设急需加强。

(4)管理薄弱。路政管理率低,路网绿化密度不高,监管力度不强,松散的管理水平造成了较低的路网服务水平。

2 区域农村公路建设发展评价指标体系

“十二五”期间,中国农村公路建设和发展取得了巨大成就,根据交通运输部《关于推进“四好农村路”建设的意见》,结合对现有农村公路问题和矛盾与其未来发展重点可知,下一阶段的农村公路建设发展的目标应为:建设“四好农村公路”,即建好、管好、护好、运营好,通过发展方式和发展方向的转变,优化路网结构,提升道路质量,增强养护,做到有路必养,保护路产路权,优化道路环境,完善农村客流和物流体系,促进城乡一体化格局,最终达到全面建成小康社会和新型城镇化的要求。

按照目标分解的逻辑推演法原理来分析,应从建设、养护、运营、管理 4 个方面出发进行区域农村公路建设发展阶段性评价。建好是农村公路建设规模、质量和标准提升、路网通达性的优化;养好是提高农村公路的服务水平及通行能力,保护道路交通

安全环境;运营好是为农村群众提升便利、安全、经济的运输服务;管好是为整体提高农村公路质量,推进其不断发展进步。依据上述的公路发展阶段目标,农村公路建设发展从建设率、养护与安全水平、运营水平、管理强度 4 个方面,选取了 20 个核心指标,如图 1 所示。

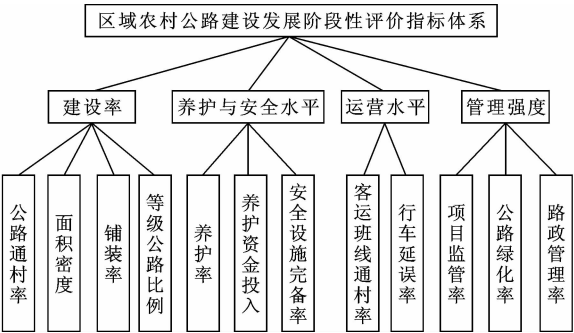


图 1 区域性农村公路建设发展评价指标体系
Fig. 1 Evaluation indexes system of regional rural highway construction development

本文将各评价指标等级标准分为优、良、一般、差 4 个等级,基于阶段性发展目标,结合区域农村公路发展规划,采用专家打分法确定各评价等级阈值。

在不同阶段评定过程中,对农村公路建设发展进行评价首先要充分考虑各级指标不同阶段的具体意义,最大程度的利用研究问题中的不确定因素,然后结合问题的确定和不确定性的定量描述,应用集对分析可以系统处理不确定性问题。

3 区域农村公路建设发展评价的集对分析模型

3.1 集对分析

与普通的模糊层次分析法相比,集对分析法引入差异度系数,差异度系数能够系统的刻画所描述集对的差异性、同一性和对立性联系;不仅能创建子系统的发展成效等级,还能将多个子指标表达成一个总指标,最后通过计算区域内农村公路发展评价总指标的综合评价联系数主值判断其综合评价等级,从而定量计算不同层次意义上的公路的发展程度。其基本思路是:在一具体问题背景下,对于给定的集合 A 和 B 具有一定联系,构成集对 $H=(A, B)$,从同一性、差异性和对立性 3 个方面对集对进行特性分析,得到这 2 个集合的同、异、反联系度表达式,确立 SPAM 模型表达式为

$$u=S/N+F/Nh+P/Nw=a+bh+cw \quad (1)$$
$$a=S/N, b=F/N, c=P/N, a+b+c=1$$

式中: u 为联系度; N 为集对具有的特性总数; S 为 2

个集合共有的特性数; P 为 2 个集合相互对立的特性数; F 为 2 个集合既不对立又不共有的特性数; a 、 b 、 c 分别为同一度、差异度和对立度; h 为差异度系数, $h \in [-1, 1]$; w 为对立度系数, $w=-1$ 。

在实际问题运用中,差异度 b 有多种差异关系, b_I, h_I 可以展开表示为

$$b_I h_I = b_1 h_1 + b_2 h_2 + \cdots + b_n h_n \quad I=1, 2, \cdots, n \quad (6)$$

因此联系度 u 可以表示为

$$u=a+b_1 h_1 + b_2 h_2 + \cdots + b_n h_n + c w \quad (7)$$

$$a+b_1 + b_2 + \cdots + b_n + c=1 \quad (8)$$

对 h_1, h_2, \cdots, h_n 的取值常采用均分取值法,即 h_1, h_2, \cdots, h_n 取值应位于 $[-1, 1]$ 区间的 n 个 $n+1$ 等分处,将 $[-1, 1]$ 区间 $n+1$ 等分得到

$$\left[-1, -1+\frac{2}{n+1}\right], \left[-1+\frac{2}{n+1}, -1+2\frac{2}{n+1}\right], \cdots,$$

$$\left[-1+n\frac{2}{n+1}, -1+(n+1)\frac{2}{n+1}\right] \quad (9)$$

$$i_k = -1+(n+1-k)\frac{2}{n+1} \quad k=1, 2, \cdots, n \quad (10)$$

式中: i_k 为区间 $[-1, 1]$ 等分后每个区间的节点。

3.2 集对分析模型建立

将集对分析理论运用于区域农村公路建设发展阶段评价,就是将其评价指标和既定评价标准分别作为一个集合,构成一个集对。当评价指标值处于最优评价级别区间时,则当做是同一性联系,则有 $u=1$;当评价指标的值位于最劣评价级别的区间时,则看成是对立性联系,则有 $u=-1$;若处于最优与最劣评价区间之间时,则是差异性联系,有

$$u=a+b_1 h_1 + b_2 h_2 + c w \quad (11)$$

式中: $u \in [-1, 1]$; $h_1, h_2 \in [-1, 1]$ 。

3.2.1 指标权重的计算

在不同区域和不同发展阶段,农村公路建设发展的重点不同,各指标对评价结果的权重也有差异。根据当地农村公路建设发展的现实情况,先运用层次分析法建立各级评价指标的判断矩阵,然后利用最小特征值法来确定各指标权重,最后用熵技术法重新调整所得权重,算法如下:

(1) 按 $\overline{a_{ij}} = a_{ij} / \sum_{k=1}^n a_{kj}$ 对已构造的 n 阶判断矩阵 $A=(a_{ij})$,量纲一化处理获得矩阵 $\overline{A}=(\overline{a_{ij}})$,得出第 j 个指标的熵 $E_j = -(\ln(n))^{-1} \sum_{i=1}^n \overline{a_{ij}} \ln(\overline{a_{ij}})$ 。

(2) 求第 j 个指标的偏差度 $d_j = 1 - E_j$ 。

(3) 确定第 j 个指标信息权重 $u_j = d_j / \sum_{j=1}^n d_j$ 。

(4) 利用信息权重 u_j 修正由层次分析法得出的权重系数 $\bar{q} = (\bar{q}_1), (\bar{q}_2), \dots, (\bar{q}_n)$, 得到修正后的权重系数 $q_j = u_j \bar{q}_j / \sum_{j=1}^n d_j$, 从而得到较为合理的权重向量 $q = (q_1, q_2, \dots, q_n)$ 。

3.2.2 二级指标四元联系数计算

区域农村公路建设发展评价等级集合为 $B = \{D_1, D_2, D_3, D_4\}$, $D_1 \sim D_4$ 分别为优、良、一般、差。一级评价指标为 $I_m, 1 < m < 4, I_{ml}$ 为一级指标 I_m 下的第 d 个二级指标。

区域农村公路建设发展评价二级指标 I_{ml} 的综合评价四元联系数 u_{ml} 为

$$u_{ml} = r_{ml1} + r_{ml2}h_1 + r_{ml3}h_2 + r_{ml4}\omega$$

(12)

式中: r_{mld} 为区域农村公路建设发展评价指标 I_{ml} 相对于评价等级 D_l 的联系度分量, 且 $r_{mld} \in [0, 1], l = 1, 2, 3, 4$ 。

设二级指标 I_{ml} 的测量为 s_{ml} , 则 u_{ml} 计算方法如表 1 所示。

表 1 二级指标的四元联系数计算公式

Tab. 1 Formulas of secondary indicators four element connection number

成本型指标	效益型指标	联系数 u_{ml}
$s_{ml} \leq c_{md1}$	$s_{md} \geq c_{md1}$	$1 + 0h_1 + 0h_2 + 0\omega$
$c_{md1} < s_{ml} \leq c_{md2}$	$c_{md2} \leq s_{md} < c_{md1}$	$\frac{ s_{md} - c_{md2} }{ c_{md2} - c_{md1} } + \frac{ s_{md} - c_{md1} }{ c_{md2} - c_{md1} } \cdot h_1 + 0h_2 + 0\omega$
$c_{md2} < s_{ml} \leq c_{md3}$	$c_{md3} \leq s_{md} < c_{md2}$	$0 + \frac{ s_{md} - c_{md3} }{ c_{md3} - c_{md2} }h_1 + \frac{ s_{md} - c_{md2} }{ c_{md3} - c_{md2} }h_2 + 0\omega$
$c_{md3} < s_{ml} \leq c_{md4}$	$c_{md4} \leq s_{md} < c_{md3}$	$0 + 0h_1 + \frac{ s_{md} - c_{md4} }{ c_{md4} - c_{md3} }h_2 + \frac{ s_{md} - c_{md3} }{ c_{md4} - c_{md3} }\omega$
$c_{md4} < s_{ml}$	$s_{md} < c_{md4}$	$0 + 0h_1 + 0h_2 + 1\omega$

表 1 中, $c_{md1}, c_{md2}, c_{md3}, c_{md4}$ 分别为经过专家打分后的二级指标优、良、一般、差 4 个标准等级对应的临界值。对成本型指标和效益型指标应该采用不同的计算方法。各区域农村公路建设发展的阶段和情况不同, 其评价的临界指标也有差别, 这体现了农村公路建设发展阶段评价的阶段性和动态性和区域性。

3.2.3 一级指标及总指标的四元联系数的计算

一级子系统 I_m 的综合评价四元联系数为

$$u_{ml} = r_{m1} + r_{m2}h_1 + r_{m3}h_2 + r_{m4}\omega$$

(13)

$$r_{ml} = \sum \omega_{ml} r_{mli}, l = 1, 2, 3, 4$$

(14)

式中: r_{ml} 为一级指标 I_m 相对评价等级 D_l 的联系度

分量; ω_{ml} 为二级指标 I_{ml} 的权重。

显然 $r_{mi} \in [0, 1], r_{m1} + r_{m2} + r_{m3} + r_{m4} = 1, i = 1, 2, 3, 4$ 。

总指标的综合评价四元联系数为

$$u = r_1 + r_2 + r_3 + r_4$$

(15)

$$r_i = \sum_{n=1}^4 t_n r_{ni}$$

(16)

式中: r_i 为总指标相对评价等级 D_i 的联系度分量; t_n 为一级指标 I_m 的权重。

3.2.4 差异度系数 h_1, h_2 的取值方法

按照均分原则, 三等分 $[-1, 1]$ 区间, 得到

$$\left[-1, -1 + \frac{2}{3}\right], \left[-1 + \frac{2}{3}, -1 + \frac{4}{3}\right], \left[-1 + \frac{4}{3}, 1\right]。$$

$$\text{则 } h_1 = -1 + \frac{4}{3} = \frac{1}{3}, h_2 = -1 + \frac{2}{3} = -\frac{1}{3}; \omega = -1$$

时, 可得四元联系数主值 $u = r_1 + r_2h_1 + r_3h_2 + r_4\omega$ 。

3.2.5 评价等级的范围确定

根据均分原则, 将 $[-1, 1]$ 区间划分为 $[-1, -0.5], (-0.5, 0], (0, 0.5], (0.5, 1]$, 分别对应差、一般、良、优 4 个评价等级, 对应联系数 u 的值及各评价等级的阈值, 最终可以得出区域农村公路建设发展评价等级。评价等级随着 u 的增大而增大, 表示区域农村公路建设发展有显著的成效。

4 实例应用

以福建省农村公路建设发展为例, 通过实地调研得到数据, 利用集对分析法对当地农村公路建设进行评价, 进而找出其不良环节, 为下阶段农村公路建设发展政策制定提供依据。

结合福建省农村公路发展规划, 采用专家打分法, 确立各评价等级阈值, 如表 2 所示。

根据表 3 中的计算方法, 计算出 12 个二级指标的联系数表达式, 然后计算出一级指标的联系数。以建设一级指标 I_1 下的二级指标 $I_{11}, I_{12}, I_{13}, I_{14}$ 为例, 计算出其联系数如表 3 所示。

以此算出其他二级指标及一级指标的联系数, 总指标的联系数根据一级指标的联系数及权重相应得出。取 $h_1 = \frac{1}{3}, h_2 = -\frac{1}{3}$, 得到一级指标和总指标的联系数值, 然后对照各评价等级区间, 判断评价等级, 如表 4 所示。

由表 4 可知, 福建省农村公路的总指标评价值为 0.535, 评价级别为优, 表明其发展水平较高。通过与表 2 中现状评价值和评价等级的比较可知, 其

表 2 福建省农村公路建设发展评价指标体系及其等级标准划分

Tab. 2 Fujian Province rural road construction development evaluation indexs system and rating standard

一级指标	二级指标	评价等级				评价指标现状值
		优	良	一般	差	
建设率	农村公路通村率/%	100.00	95.00	90.00	85.00	100.00
	农村公路面积密度/%	100.00	90.00	70.00	60.00	73.70
	铺装率/%	90.00	80.00	70.00	60.00	72.30
	等级公路比例/%	95.00	85.00	75.00	65.00	72.40
养护与安全水平	农村公路养护率/%	100.00	90.00	85.00	80.00	97.80
	养护资金的投入/10 万	90.00	80.00	70.00	60.00	90.00
	安全设施的完备率/%	60.00	50.00	40.00	30.00	30.70
运营水平	客运班线通村率/%	90.00	80.00	65.00	50.00	76.00
	行车延误率/%	0.03	0.04	0.05	0.06	0.05
管理强度	项目监管率/%	95.00	90.00	85.00	75.00	90.00
	农村公路绿化率/%	55.00	45.00	35.00	25.00	46.20
	路政管理率/%	85.00	75.00	65.00	55.00	70.00

表 3 二级指标的 4 元联系数

Tab. 3 Four element connection number of secondary indicators

一级指标联系数	权重	二级指标联系数
$u_1=0.433+0.395h_1+0.171h_2+0\tau w$	0.351	$u_{11}=1+0h_1+0h_2+0\tau w$
	0.208	$u_{12}=0+0.18h_1+0.82h_2+0\tau w$
	0.268	$u_{13}=0.23+0.77h_1+0h_2+0\tau w$
	0.173	$u_{14}=0.12+0.88h_1+0h_2+0\tau w$

表 4 一级指标和总指标的四元联系数及评价等级

Tab. 4 Four element connection number and rank of Level indicators and total index

指标		四元联系数	联系数值	评价等级
一级指标	建设率	$u_1=0.433+0.395h_1+0.171h_2+0\tau w$	0.483	良
	养护与安全水平	$u_2=0.543+0.138h_1+0.319h_2+0\tau w$	0.482	良
	运营水平	$u_3=0.366+0.593h_1+0.041h_2+0\tau w$	0.550	优
	管理强度	$u_4=0.485+0.515h_1+0h_2+0\tau w$	0.657	优
总指标		$u=0.461+0.38h_1+0.159h_2+0\tau w$	0.535	优

大部分指标处于优良等级,表明实际公路发展也处于较高水平。基于集对分析理论的福建省农村公路综合评价模型的计算结果与实际情况基本相符,说明该方法可靠合理。

在一级指标中,建设率和养护与安全水平处于良好水平,但在其二级指标中,农村公路面积密度和安全设施完备率等处在一般水平,这也是造成其总指标处于优秀阶段临界值的主要原因,进一步表明下阶段应重点完善农村公路安全设施和大规模建设农村公路。

5 结 语

(1)从农村公路建设率、养护与安全水平、运营

水平、管理强度 4 个方面构建了区域农村公路建设发展评价指标体系;综合运用层次分析和熵技术法确定了各级指标的权重。

(2)考虑到农村公路系统评价过程中的不确定性和复杂性因素,基于集对分析理论,引入了能体现系统确定性与不确定性的同异反联度的计算公式,并建立了农村公路发展成效评价的集对分析模型(SPAM),最终合理确定该区域农村公路发展的整体水平。

(3)实例分析结果表明,采用本文方法不仅能够得出所研究问题的综合评价结果,而且还可以得到各子系统的评价结果,发现区域农村公路建设发展相对不良的指标,可为下阶段其政策制定提供方向。

(4)本文模型未考虑社会、经济、政策等对农村公路建设发展的影响,缺乏系统性,需在今后研究中改进。同时,本文评价过程中是利用主观的专家评分来计算指标权重,这可能导致评价结果偏离实际,后续的研究中应重点把握如何在评价中避免主观影响。

参考文献:

References:

[1] 于艳春. 农村公路建设项目后评价研究[D]. 南京:南京林业大学,2011.
YU Yan-chun. The study of rual road construction post-evaluation[D]. Nanjing: Nanjing Forestry University,2011.

[2] 孟 魏. 高速公路对区域经济影响分析与评价方法研究[D]. 长沙:长沙理工大学,2006.
MENG Wei. The research on evaluation method and influences analysis of expressway on regional economic[D]. Changsha: Changsha University of Science &

- Technology, 2006.
- [3] 李晓宁. 公路运输与区域经济梯度发展的协调性研究——以经济发展水平不同的江苏、陕西为例[D]. 北京:北京交通大学, 2010.
- LI Xiao-ning. Research on the coordination between highway transportation and regional economic gradual development—Taking the example of Jiangsu and Shaanxi Province in the different level of economic development [D]. Beijing: Beijing Jiaotong University, 2010.
- [4] 马英忠. 基于新农村视角的西部农村公路发展研究[D]. 西安:长安大学, 2010.
- MA Ying-zhong. Research on the development of western rural highway based on the new rural perspective[D]. Xi'an: Chang'an University, 2010.
- [5] 梁国华. 农村公路工程项目绩效评价理论与方法研究[D]. 西安:长安大学, 2008.
- LIANG Guo-hua. Study on the theory and method of performance evaluation of rural highway project[D]. Xi'an: Chang'an University, 2008.
- [6] 张生瑞, 邵春福, 严海. 公路交通可持续发展评价指标及评价方法研究[J]. 中国公路学报, 2005, 18(2): 74-78.
- ZHANG Sheng-rui, SHAO Chun-fu, YAN Hai. Evaluation indices and model of highway transportation-sustainable development[J]. China Journal of Highway and Transport, 2005, 18(2): 74-78.
- [7] 徐淑玉, 贾元华. 基于灰色系统理论的公路项目社会效益评价[J]. 交通运输系统工程与信息, 2006, 6(1): 118-122.
- XU Shu-yu, JIA Yuan-hua. The post-evaluation of social economic benefit based on grey system theory[J]. Journal of Transportation Systems Engineering and Information Technology, 2006, 6(1): 118-122.
- [8] HULL B. The role of elasticity in supply chain performance[J]. International Journal of Production Economics, 2005, 98(3): 301-314.
- [9] MICHAEL A E. Virginia department of transportation rural rustic road program[R]. Richmond: Virginia Department of Transportation, 2006.
- [10] ALI I, PERNIA E M. Infrastructure and poverty reduction—What is the connection[J]. Manila: Asian Development Bank, 2003.
- [11] 袁春毅, 赵乐易, 王朝辉. 基 DEA 方法的农村公路建设后评价模型[J]. 长安大学学报: 自然科学版, 2015, 35(2): 138-144.
- YUAN Chun-yi, ZHAO Le-yi, WANG Chao-hui. Post evaluate model for rural highway construction based on DEA[J]. Journal of Chang'an University: Natural Science Edition, 2015, 35(2): 138-144.
- [12] 马忠英, 杨琦, 周伟. 基于物元模型的农村公路协调发展多指标可拓评价[J]. 交通运输工程学报, 2010, 10(5): 97-101.
- MA Zhong-ying, YANG Qi, ZHOU Wei. Extended multi-factorial evaluation of coordination development for rural road based on matter-element model[J]. Journal of Traffic and Transportation Engineering, 2010, 10(5): 97-101.
- [13] CHO S, JEON S, JO H, et al. A development of shift control algorithm for automated manual transmission in the hybrid drive train [J]. SAE Paper 2000-05-0045.
- [14] 青海省公路科研勘察设计院, 重庆交通科研设计院. 青海省公路建设与国民经济发展的适应性研究[R]. 西宁: 青海省公路科研勘察设计院, 2003.
- Qinghai Highway Research and Design Institute, Chongqing Traffic Research and Design Institute. Study on the adaptability of highway construction and national economy in Qinghai Province [D]. Xining: Qinghai Highway Research and Design Institute, 2003.
- [15] 王晓晶. 区域农村公路环境影响绩效评价研究[D]. 西安: 长安大学, 2008.
- WANG Xiao-jing. Research on environmental impact performance evaluation of regional rural highway[D]. Xi'an: Chang'an University, 2008.
- [16] 赵克勤. 集对分析的不确定性系统理论在 AI 中的应用[J]. 智能系统学报, 2006, 1(2): 16-25.
- ZHAO Ke-qin. The application of uncertainty system theory of set pair analysis (SPU) in the artificial intelligence[J]. CAAI Transactions on Intelligent Systems, 2006, 1(2): 16-25.
- [17] 刘秀梅, 赵克勤, 王传斌. 基于联系数的三角模糊数多属性决策新模型[J]. 系统工程与电子技术, 2009, 31(10): 2399-2403.
- LIU Xiu-mei, ZHAO Ke-qin, WANG Chuan-bin. New multiple attribute decision-making model with triangular fuzzy numbers based on connection numbers [J]. System Engineering and Electronic Technology, 2009, 31(10): 2399-2403.
- [18] 赵克勤. 基于集对分析的不确定性多属性决策模型与算法[J]. 智能系统学报, 2010, 5(1): 41-50.
- ZHAO Ke-qin. Decision making algorithm based on set pair analysis for use when facing multiple uncertain attributes[J]. CAAI Transactions on Intelligent Systems, 2010, 5(1): 41-50.
- [19] 刘健, 刘思峰, 吴顺祥. 基于优势关系的多属性决策对象排序研究[J]. 控制与决策, 2012, 27(4): 632-635.
- LIU Jian, LIU Si-feng, WU Shun-xiang. Ranking research based on dominant relation for multiple-attribute decision making object[J]. Control and Decision, 2012, 27(4): 632-635.