

基于 TransCAD 的公路交通旅游协同发展研究

严世祥¹, 张金萌^{2*}, 撒 蕾², 王英平², 邢宇鹏², 赵小洁¹

(1. 云南省公路科学技术研究院, 云南 昆明 650051;

2. 交通运输部规划研究院, 北京 100028)

摘要: 现今旅游产业已成为重要的民生产业, 公路交通作为主要的旅客发送方式, 其建设发展对旅游出行有着强有力的支撑。在信息时代国家文旅发展的机遇期, 如何有效衔接公路出行与旅游资源、适度平衡公路建设与旅游需求是公路交通与旅游出行之间协同发展的主要方向, 而“数字化”建设作为推动区域创新发展、促进服务转型升级的有效手段, 可为交通与旅游在计算机应用技术下的深度融合增添助力。文章以云南省为研究区域, 融合高速公路收费流水数据、连续式交通站监测数据、手机信令扩样数据、旅游出行信息数据等, 基于计算机 TransCAD 平台创新生成云南省全信息交旅融合路网数据库, 并以此为基础, 建立多源数据技术下适用于云南省公路网“交通+旅游”特点的多维度评价指标体系, 运用层次分析法与德尔菲法确定指标权重, 完成基于计算机 TransCAD 平台的公路交通旅游协同发展研究方法构建, 并为相应的旅游公路规划、路网运行分析、出行信息服务等提供依据。研究表明: 至 2019 年, 云南省公路交通与旅游出行协同发展适应性发展关系表现为基本适应, “十四五”发展时期, 云南省可在交通强国建设试点纲领指导下, 重点发展旅游公路的“建-管-养-运”, 拓展计算机技术的应用, 加强信息化服务的能效, 以试点带全域, 促使交旅发展良性互动、融合关系不断升级。

关键词: TransCAD 平台; 计算机应用; 多源数据技术; 数字化发展; 交旅协同; 多维评价指标体系; 适应性分析

中图分类号: TP391

文献标识码: A

文章编号: 1673-629X(2022)09-0200-08

doi: 10.3969/j.issn.1673-629X.2022.09.031

Research on Coordinated Development of Highway Transportation and Tourism Travel Based on TransCAD

YAN Shi-xiang¹, ZHANG Jin-meng^{2*}, SA Lei², WANG Ying-ping²,

XING Yu-peng², ZHAO Xiao-jie¹

(1. Yunnan Science & Technology Research Institute of Highway, Kunming 650051, China;

2. Transport Planning and Research Institute, Ministry of Transport, Beijing 100028, China)

Abstract: Nowadays, the tourism industry has become an important civilian industry in China. As the main way of sending passengers, the construction and development of highway transportation provides strong support for tourism travel. In the opportunity period of national cultural tourism development during the new information era, how to effectively connect the highway travel and tourism resources, appropriately balance highway construction and tourism demand has become the main direction of coordinated development between highway transportation and tourism travel. As an effective means to promote regional innovation and development, advance service transformation and upgrading, digitization construction can add help the in-depth integration of transportation and tourism under the computer application technology. Taking Yunnan Province as the research area, we integrate expressway toll flow data, continuous traffic survey station monitoring data, mobile signaling sample expansion data, travel information data, etc., innovatively generate Yunnan Province full information transportation and tourism integrated road network database based on TransCAD platform. And then, a multi-dimensional evaluation index system is constructed under the technology of multi-source data, which is suitable for the characteristics of "transportation and tourism" of Yunnan highway network. Combining AHP and Delphi method to determine the index weights, complete the construction of highway transportation and tourism travel coordinated development planning research method based on TransCAD platform, and provide basis for corresponding tourism highway planning, road network operation analysis, travel information service, etc. The result shows that by 2019, the coordinated development of highway transportation and tourism travel in Yunnan Province is basically adaptive. During the development period of the 14th five year plan, Yunnan Province can focus its development on the construction, management, maintenance and transportation of tourist roads under the guidance of the pilot program for the construction of transportation

收稿日期: 2021-10-18

修回日期: 2022-02-23

基金项目: 云南省交通运输科技创新及示范项目(云交科教便[2020]15号-(二))

作者简介: 严世祥(1982-), 男, 高级工程师, 研究方向为公路交通规划; 通讯作者: 张金萌(1995-), 女, 助理工程师, 研究方向为交通信息化。

power, expand the application of computer technology, strengthen the efficiency of information services, then by relying on pilot areas to drive the whole province, so as to promote the benign interaction and integration of transportation and tourism development.

Key words: TransCAD platform; computer application; multi-source data technology; digital development; highway transportation and tourism travel coordinated development; multidimensional evaluation index system; adaptability analysis

0 引言

交通运输是旅游产业“走出去”的基础支撑和先决条件,旅游产业的纵深发展离不开交通运输的支撑,同时也引导着交通运输精准施力、蓬勃发展。因此,交通运输与旅游产业深度融合、协同发展,是适应信息时代交通规划新局面、旅游发展新业态,并实现经济又好又快发展的重要抓手;同时也是推动供给侧结构性改革的有效途径。公路交通作为综合交通运输的重要组成部分,具有机动灵活、便捷直达、速度较快的显著优势,能够有效解决旅游景区“最后一公里”通行问题,对于推进全域旅游出行发展具有不可替代的作用。然而,全国各地关于交通与旅游应怎样深度融合的探讨尚未达成共识,如何凭借计算机应用技术,开拓“数字化”革新,在公路交通发展进程中与生态旅游资源密切融合,成为信息时代下公路交通与旅游出行协同发展的重要课题。

考虑到公路交通与旅游出行之间的互动耦合性越来越强,二者之间匹配适应程度是促进协同发展的内生因素,国内外学者已开展一些对公路交通与旅游出行的适应性研究工作。杜晓凯^[1]率先从公路交通与旅游出行的发展特点及关系,明确了公路交通与旅游发展适应性的基本内涵与特征,并提出公路交通与旅游发展适应性分析的基本理论——边际效应理论和 TOWS 适应性分析理论;Hwang^[2]通过网络分析法,以旅游地吸引力强弱作为城市路网布局依据。

在适应度问题的研究上,评价方式的多样性促成了分析维度的全面性。如李梦洁^[3]采用灰色欧几里德加权平均关联度的方法开展对公路交通与旅游产业的适应性评价;张广海^[4]利用耦合协调度评价模型对城市旅游经济与交通发展耦合协调关系进行评价,吴磊^[5]在时序变化与空间分异上有所深化,Deng^[6]则通过结合方法有效进行交通、旅游二元协同的动态耦合评判;王兆峰^[7]通过回归方法分析公路建设与旅游发展的关系等。由此可知,评价方法可以采用不同的形式,但是如何科学合理地建立公路交通旅游适应性评价体系,则需要进一步细化探索。

对于评价指标的选取,Can^[8]从旅游交通的角度出发,提出公里旅游时间、公里旅游成本等可为适应旅游发展的公路网规划提供思路;Moyano^[9]认为路网可达性、旅游地连接度等指标影响公路网建设与旅游发展的关系;王兆峰将公路密度、公路客运量、公路旅客

周转量、旅游产业水平、人均 GDP 等指标纳入适应性分析模型。但现有指标多为独立发挥作用,各业务数据资源的支撑作用稍显薄弱,多源数据融合的精准施策优势还未充分体现。

现今,包括操作程序、算法方法在内的计算机应用技术发展广泛^[10]。TransCAD 作为准确把握有效信息、充分挖掘潜在信息的交通数据管理分析软件^[11],可通过已获取路段数据在建立路段阻抗函数等基础上反推其他路段交通量。对于数据的处理及评价方法,Liu^[12]认为将道路传感器数据与其他类型(如:手机信令)数据进行融合的机器学习法可以更好估计交通流;Lin^[13]提出了一种启发式方法,对层次分析过程成中的备选方案进行排序及优先级向量生成,以此进行科学评价。因此,对于公路网交通旅游适应性的研究也应基于上述先进应用。

鉴于此,该文对公路网交通旅游适应性的评价应充分利用多种相关业务数据,在计算机应用技术的发展指引下,通过“数字化”手段,以 TransCAD 平台为实施路径、以多源数据融合为思想遵循,生成联合数据,进而推演数据规律性趋势;后从“公路交通+旅游出行”协同发展的角度出发,科学合理地选取多维评价指标,结合层次分析法、德尔菲法进行评价,建立公路网交通旅游适应性综合评价体系,得到具有一定适配性及可迁移性的公路网交通旅游适应性时空评价方法。

1 适应性评价指标体系建立

1.1 “公路+旅游”适应性研究内涵

适应性是指事物适合客观条件和内外部各种需要,并与之保持一致、协调发展的能力。公路交通与旅游发展的适应性是指公路交通系统内部的各个方面与旅游发展的各个方面相互一致、保持持续发展的能力;也可以理解为在一定的旅游发展阶段和发展水平下,公路建设如何与之相适应的问题。公路网交通不仅要考虑旅游出行对公路交通的需求,还要以全面统筹为指导方针,主动引导旅游产业纵横发展、促进旅游市场改革发展。

1.2 评价指标选取原则

从公路交通与旅游出行协同发展适应性的研究内涵出发,以“数字化”发展建设为核心驱动,依据“科学性、代表性、可测性、系统性”四段论原则进行指标选

取。即科学选取评价指标及方法,保证评价的精确性;使评价指标更强调典型性、代表性,通过特征鲜明的定性或定量的指标反映公路网交通旅游适应性的某一方面;但无论是定量指标还是定性指标,都需做到可测量,能从现有数据资源中进行获取,并可进行联合推演;最终形成完整的评价指标体系,以此对公路网交通旅游适应性进行系统性分析,反映整体适应程度。

1.3 评价指标体系建立

依据上述指标选取原则,在深入分析公路交通的发展速度、结构布局、运行特征、出行服务等是否与旅游发展的需求相适应后,以可获取的业务运行数据、路网基础信息、旅游景点信息、环保绿化情况、历年统计年鉴等相关数据为载体,针对路网、道路、车辆三个层面,以便捷通达、经济高效、绿色持续、智能创新、安全可靠五个维度为评价方向,最终依据系统学方法分层次地确定涵盖公路交通特征与旅游出行特征两大类别的公路交通与旅游出行协同发展适应性评价指标体系,如图 1 所示。

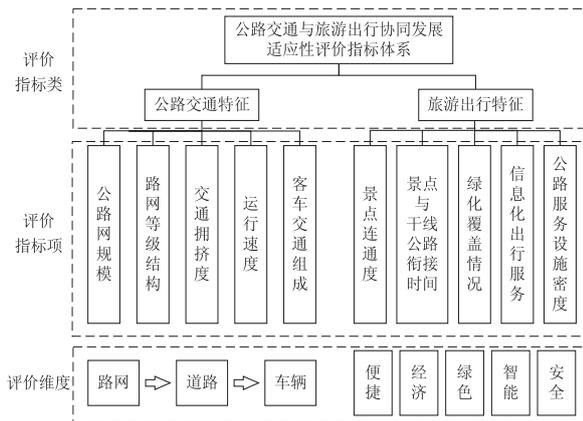


图 1 公路交通与旅游出行协同发展的适应性评价体系

公路网规模及等级结构主要在宏观层面上表明公路网总体规模及结构布局,是公路网规划的重中之重;交通拥挤度、运行速度、交通组成等指标则可有效描述道路交通监测情况。从旅游出行的角度出发,景点与公路的连通程度、衔接时间,以及在出行中,沿途的绿化覆盖、信息指引、服务设施等均与旅客的出行体验直接关联,决定出行需求及旅客流量,进而影响交旅协同发展的效果。因此,选取上述指标进行公路交通与旅游出行协同发展适应性评价具有必要的合理性及科学性。

(1) 公路交通特征。

① 公路网规模。

以公路网总里程与公路网合理里程之间的适应程度表明公路网发展规模。其中,公路网总里程需将不同等级的公路里程折算成标准里程,公路网合理里程

采用国土系数法进行测算。

$$X_1 = \frac{L}{L^*} \tag{1}$$

$$L = \sum_i k_i l_i \tag{2}$$

$$L^* = K \sqrt{PA} \tag{3}$$

$$K = \alpha + \beta GDP \tag{4}$$

式中:

L ——公路网标准里程,公里;

L^* ——公路网合理里程,公里;

k_i ——第 i 个公路等级折算成标准里程的折算系数;

l_i ——第 i 个公路等级的里程,公里;

K ——区域经济系数;

P ——区域人口总量,千人;

A ——区域面积,千平方公里;

GDP——人均国内生产总值,元;

α, β ——模型回归系数,取经验值。

② 路网等级结构。

等级结构指区域内高速公路、一级公路、二级公路的里程与公路网总里程的比值与合理等级结构之间的适应程度。

③ 交通拥挤度。

交通量是影响公路服务水平的最直接和最基本因素,但在一定的情境下,仅通过交通量是难以全面反映交通情况的真实情况。因此,为真实反映公路服务水平适应需求的程度,选取交通拥挤度,即运行交通量与适应交通量之间的比值,以反映公路网规划合理性。

$$X_3 = \frac{1}{\sum_{p=1}^p R_p} \sum_{p=1}^p \frac{U_p R_p}{F_p} \tag{5}$$

式中:

R_p ——第 p 个路段的里程,公里;

U_p ——第 p 个路段的运行交通量,pcu;

F_p ——第 p 个路段的适应交通量,pcu。

④ 运行速度。

运行速度是影响公路服务水平的主要因素,通过实际速度与设计速度的比值描述该指标。

⑤ 客车交通组成。

分析交通流组成特性是确定公路功能、性质和制定交通管制策略措施的主要依据,以旅游交通为主的公路,其交通方式以中小客车自驾和旅游大巴接送为主,可通过客车交通量占总交通量的比例刻画客车交通组成。

(2) 旅游出行特征。

① 景点连通度。

景点连通度指景点与公路网之间的连接程度,表

达路网中景点的通达状况,景点连通度越高,则旅游路网发展越为成熟。

表达式如下:

$$X_6 = \frac{1}{|W|} \sum_{w=1}^W G_w \quad (6)$$

式中:

G_w ——第 w 个景点邻接的公路边数,条。

②景点与干线公路衔接时间。

旅游景点通过旅游公路到达干线公路的最短运行时间(单位:小时),可反映旅游景点与干线公路接驳的难易性和便利程度。

表达式如下:

$$X_7 = \frac{1}{|S|} \sum_{s=1}^S \frac{D_s}{V_s} \quad (7)$$

式中:

D_s ——第 s 个不直接连接干线公路的景点,与干线公路的最短距离,公里;

V_s ——第 s 个不直接连接干线公路的景点,在连接道路的车速,公里/小时。

③绿化覆盖情况。

绿化覆盖情况指有绿化覆盖的公路里程在公路网总里程所占的比例,是反映公路生态环境及景观的重要指标。

④信息化出行服务。

信息化出行服务指路网运行过程中运用信息化手段提供的出行服务,包括信息采集、处理、管理、发布等领域,可采用路网监控接入、ETC 使用覆盖、客运系统管理及智能导航使用等情况进行体现。

$$X_9 = \sum_{q=1}^Q \chi_q H_q \quad (8)$$

式中:

H_q ——第 q 类信息化技术的出行服务率, %;

χ_q ——第 q 类信息化技术对应的权重系数。

⑤公路服务设施密度。

公路服务设施密度指服务区、加油站、充电桩、观景台、汽车露营地、旅游服务站等公路服务设施的密集程度,可反映公路服务质量与便捷性。

$$X_{10} = \sum_{o=1}^O \delta_o \frac{Y_o / C_o}{M_o} \quad (9)$$

式中:

Y_o ——第 o 类公路服务设施的个数,个;

C_o ——第 o 类公路服务设施应覆盖的里程(或面积),公里(平方公里);

M_o ——第 o 类公路服务设施的合理密度,个/公里(平方公里);

δ_o ——第 o 类公路服务设施对应的权重系数。

2 综合评价方法

2.1 评价方法

公路网交通旅游适应性分析是对既有公路网的路网规模、结构布局、便捷程度等交通特性与旅游发展需求的适应程度进行技术性评价,为编制相应的旅游区域公路网规划、验证旅游区域公路网发展的合理性提供技术依据。根据指标类型采取阈值法进行无量纲化,后通过层次分析法、德尔菲法^[14]进行指标权重的确定,以评价云南省公路交通与旅游出行的协同发展程度。

2.2 多源数据情况

借助计算机 TransCAD 平台实现相关公路信息管理,依托于多源数据融合技术开展公路交通与旅游出行协同发展适应性评价,扩展可用指标的应用广度。其中,公路交通数据主要来源为高速公路收费流水数据、公路交通调查数据等,对于手机信令数据也在交通评价领域广泛应用^[15],除此之外,还包括区域公路网基础信息、《公路程技术标准》等;旅游出行数据由区域旅游景点信息、道路环保绿化情况、道路附属服务设施信息、历年统计年鉴等部分构成。

3 实例验证

云南省位于中国西南地区,是重要的旅游、文化、商贸中心,拥有丰富秀丽的自然景观、舒适宜人的生态环境、绚烂多彩的民族文化和对外开放的区位优势。从“十三五”期云南省旅游业对经济贡献值来看,云南省旅游总收入由 3 281.79 亿元(2015 年)增加到 11 035.20 亿元(2019 年),占 2019 年全省生产总值(23 223.75 亿元)的 47.52%;公路通车里程由 23.60 万公里拓展至 26.24 万公里,其中高速公路里程由 4 006 公里增至 6 003 公里^[16]。在旅游业对云南省经济发展起着举足轻重作用的同时,四通八达的公路网为旅游发展奠定了坚实基础。

3.1 路网准备

依据云南省高速公路收费站流水数据、连续式交调站监测数据、手机信令扩样数据,基于计算机,TransCAD 平台,以多源数据融合的方法获取云南省路网交通运行情况。基于交通规划“四阶段法”,以云南省各州市为交通小区,充分利用 TransCAD 平台的 OD 分配及 OD 反推模块功能,在满足收敛条件下反复反推分配,通过已知路段流量得到其他路段流量。其中在流量分配时路阻函数采取 BPR 阻抗函数,表达式如下:

$$t_a(q_a) = t_a(0) \times [1 + \varphi(\frac{q_a}{C_a})^\gamma] \quad (10)$$

式中:

因此, $X_{3a} = 0.7534$ 。

基于 OD 分配后的云南省全信息交旅融合路网数据库,针对云南省境内外及途径的 132 条公路共 2 632 个路段,以路段里程为权重进行运行交通量与适应交通量的加权测算,得到 $X_{3b} = 0.3213$ 。

综合两种方式进行平均, $X_3 = 0.5373$ 。

表 2 云南省各等级公路年度日均运行速度与其设计速度

道路等级	观测里程 /(km)	加权运行速度 /(km/h)	设计速度 /(km/h)	运行 状态
高速公路	399.44	78.70	120	0.655 8
一级公路	318.94	55.56	80	0.694 4
二级公路	3 263.94	52.97	60	0.882 8
三级公路	1 900.94	48.23	40	1.205 7
四级公路	1 007.51	47.85	30	1.594 9

因此, $X_4 = 1.0541$ 。

(5) X_5 : 客车交通组成。

结合 2019 年末云南省交调站监测数据,经测算,云南省 2019 年度客车交通组成为 0.460 2,全国客车占比为 0.461 8,见表 3。

表 3 云南省各等级公路年度日均客车占比情况

道路等级	客车占比	道路等级	客车占比
高速公路	0.544 8	三级公路	0.412 9
一级公路	0.547 9	四级公路	0.449 1
二级公路	0.472 3		

(6) X_6 : 景点连通度。

云南省地形沟谷纵横,坝区零星分布,起伏较大,该文通过统计分析云南省主要的 132 个景点与周边公路的连通度,间接评价云南省景点连通度水平。由式(6), $X_6 = 1.7576$ 。

(7) X_7 : 景区与干线公路衔接时间。

根据现有景点周边道路连通情况,由式(7), $X_7 = 0.1108$ 。

(8) X_8 : 绿化覆盖情况。

根据云南省公路路线基本情况,获取 5 057 条国省干线路段的绿化管养情况。经汇总计算,已绿化里程 26 754 公里,可绿化里程 30 055 公里,因此 $X_8 = 0.8915$ 。

(9) X_9 : 信息化出行服务。

根据云南省公路发展现状,高速公路重点路段、普通国省道重要节点,其运行情况的实时监测数据接入率达到 90%;截止 2019 年底,全省 ETC 车辆达 560.50 万辆,民用汽车保有量 743.44 万辆;班线、包车客运安全闭环管理系统,危险货物运输电子运单闭环管理系统等应用覆盖率达到 60%;3G 用户 72.04 万,4G 用户 3 699.97 万,常住人口 4 858.30 万。综合上述,认为

(4) X_4 : 运行速度。

根据交调数据,得到各等级公路年度日均运行速度与其设计速度的关系,见表 2。同样设计速度参考《公路工程技术标准》以及交调系统中由云南省交通运输厅归口管理的各交调站点所登记的所属线路设计速度。

$X_9 = 0.7576$ 。

(10) X_{10} : 公路服务设施密度。

云南省高速公路服务区 271 个,国省干线一、二级公路 167 个服务区,省内加油站 3 903 座,公共充电桩 2.60 万枪。以《公路工程技术标准》等相关标准规范、全国及其他省份的建设经验值作为每类公路服务设施密度的理想值,认为公路服务设施密度 $X_{10} = 0.7087$ 。

3.3 指标无量纲化

对于存在线性关系的各指标,可以采取的无量纲化方法包括阈值法、标准化法、比重法等。在此采取阈值法进行处理,并使处理后的指标均为正向性指标,即理想数值为 1,取值与各指标的适应程度为成正比关系,见表 4。

表 4 评价指标无量纲化测算结果

指标	无量纲后 指标值	指标	无量纲后 指标值
公路网规模	0.860 7	景点连通度	0.545 8
路网等级结构	0.846 8	景区与干线 公路衔接时间	0.778 4
交通拥挤度	0.537 3	绿化覆盖情况	0.891 5
运行速度	0.945 9	信息化出行服务	0.757 6
客车交通组成	0.996 5	公路服务设施密度	0.708 7

3.4 指标权重确定

(1) 层次分析法。

对于公路交通与旅游出行协同发展适应性评价,采用层次分析法确定指标的权重,步骤包括建立层次结构模型、构造比较判别矩阵、进行层次排序及一致性检验。

其中在求解判别矩阵的特征根及特征值的特征向量时,具体计算方法如下:

① 计算判断矩阵中每一行元素的乘积 M_i 。

$$M_i = \prod_{j=1}^n a_{ij}, \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (11)$$

②计算 M_i 的 n 次方根 \bar{W}_i 。

$$\bar{W}_i = \sqrt[n]{M_i} \quad (12)$$

③计算特征向量 W_i 。

$$W_i = \frac{\bar{W}_i}{\sum_{j=1}^n \bar{W}_j}, \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (13)$$

④计算判断矩阵的最大特征根 λ_{\max} 。

$$\lambda_{\max} = \sum_{i=1}^n \frac{(AW)_i}{n \bar{W}_i} \quad (14)$$

进行一致性检验时:一致性指标 $CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1}$, n

为阶数;一致性比率 $CR = CI/RI$, RI 为阶数对应的矩阵平均一致性指标值。当 CI 、 CR 均小于 0.1 时,认为判别矩阵具有满意的一致性。

以公路交通与旅游出行协同发展适应性为目标层,公路交通特征、旅游出行特征分别为准则层,公路网规模、路网等级结构、交通拥挤度、运行速度、客车交通组成、景点连通度、景区与干线公路衔接时间、绿化覆盖情况、信息化出行服务、公路服务设施密度等 10 个指标为方案层。经过两两比较的方法分层次确定指标重要性,经测算后,一致性指标 CI 和一致性比率 CR

表 6 公路交通与旅游出行适应度与适应程度对应关系

适应程度	适应	基本适应	欠适应	不适应	极不适应
适应度	(0.91,1.0]	(0.77,0.91]	(0.67,0.77]	(0.55,0.67]	≤ 0.55

对照表 6,可知:至 2019 年,云南省公路交通与旅游出行之间的协同发展关系为基本适应。

3.6 研究方法应用

为进一步细化空间粒度,将基于计算机 TransCAD 平台的公路交通旅游协同发展研究方法应用于云南省各州市,结果如图 4 所示。

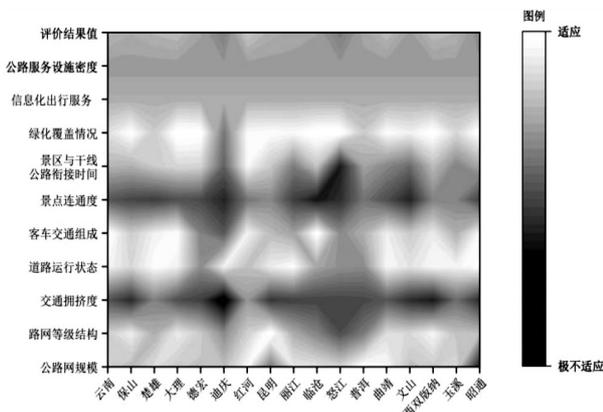


图 4 云南省各州市公路交通与旅游出行协同发展研究结果

均小于 0.1,检验结果见表 5。

表 5 判断矩阵一致性检验汇总表

矩阵	CI	CR	一致性检验
目标层	—	—	通过
准则层 公路交通特征	0.048 7	0.043 5	通过
准则层 旅游出行特征	0.045 1	0.040 2	通过

通过层次分析法确定各评价指标的权重,而后得到评价结果如下:

$$V_1 = 0.251 6X_1 + 0.190 7X_2 + 0.073 0X_3 + 0.096 4X_4 + 0.055 3X_5 + 0.121 2X_6 + 0.098 8X_7 + 0.022 5X_8 + 0.035 0X_9 + 0.055 4X_{10} = 0.792 4$$

(2)德尔菲法。

考虑到适应性评价指标重要性难以量化,且多项数据无明确最优值,因此另采用德尔菲法确定各个指标权重系数。经过三轮专家对指标权重的评价和权衡后,得到评价结果:

$$V_2 = 0.159 2X_1 + 0.124 8X_2 + 0.097 1X_3 + 0.102 3X_4 + 0.092 5X_5 + 0.144 8X_6 + 0.093 7X_7 + 0.051 5X_8 + 0.049 3X_9 + 0.084 8X_{10} = 0.779 1$$

3.5 评价结果分析

进行适应性评价时,综合两种权重赋值方法得到云南省公路交通与旅游出行协同发展适应性评价价值 $V = 0.785 8$ 。

结果表明:楚雄、大理、红河、曲靖、西双版纳、玉溪等州市同样为基本适应,且大理、红河、曲靖、西双版纳适应度高于云南全省。

由此分析,云南省下一步交旅协同发展重点应展展望于旅游公路的“建-管-养-运”全环节。适度修建景点周边衔接公路,重点统筹怒江、迪庆等西北地州市,进而辐射带动其他地区,目标在于提升全域景点连通度,使高等级公路直通景点,减少与干线公路的接驳耗时,吸引更多车流入流。同时充分利用公路功能,依托大滇西旅游环线的推动建设,加强迪庆、大理、昆明等州市景点旅游公路的布局建设、结构调整、绿化提升等工作,以公路促旅游,加强旅游出行热度,提升旅游吸引力,带动区域旅游经济发展。并且利用信息化技术提高全域路网管理和服务水平、在交通运输设施建设方面蓄力发展,提高公路服务意识与保障、增强公路旅游出行体验感,使公路运输发挥更大能效。

4 结束语

基于计算机 TransCAD 平台提出一种公路交通旅

游协同发展研究方法。该方法通过融合高速公路收费流水数据、连续式交调站监测数据、手机信令扩样数据、旅游出行信息数据等多源数据,在 TransCAD 平台中创新生成云南省全信息交旅融合路网数据库,并从公路交通特征与旅游出行特征,确定协同发展适应性评价多维指标体系,应用层次分析法与德尔菲法进行分析研究后,认为协调关系为基本适应,并将此交旅协同发展研究方法应用于云南省各州市,扩展方法应用场景,验证方法应用实效。

“十四五”时期,云南省在交通强国建设试点纲领指导下,应充分践行交旅融合发展愿景,以提升交通设施旅游服务功能、交通运行智能化水平为内生动力,借助交旅适应性评价方法,在交通宏观管理与决策、公路规划与调整、公路养护决策、科学研究、公路设计等方面以数施策。重点发展旅游公路的“建-管-养-运”,通过设立试点州市的方式逐步完善公路交通与旅游出行的适应程度,辐射带动省域交通产业、旅游产业均衡发展。

同时,由于高速公路省界收费站的取消,ETC 门架作为交通运行数据接收新路径,正进一步持续铺开;另外,对手机 SDK 位置信息这类用于表征行人出行信息的新兴数据,也在持续深化探索;车牌识别数据在重大节假日也是对交通全信息的良好补充。因此,后续对于交旅发展的研究方法也可考虑纳入 ETC 门架数据、手机位置服务 LBS 数据、车牌识别 LPR 数据等,精准描绘公路运行情况与行人出行情况,拓展多源数据库,强化信息技术应用,为公路交通与旅游出行的产业发展提供有力支撑及精细指导。

参考文献:

- [1] 杜晓凯. 公路交通与旅游发展适应性分析研究[D]. 西安: 长安大学, 2003.
- [2] HWANG Y H, GRETZEL U, FESENMAIER D R. Multicity trip patterns: tourists to the united states [J]. *Annals of Tourism Research*, 2006, 33(4): 1057-1078.
- [3] 李梦洁, 解家安, 李环, 等. 格尔木市公路交通与旅游经济发展适应性评价[J]. *西安建筑科技大学学报: 社会科学版*, 2019, 38(5): 83-88.
- [4] 张广海, 贾海威. 江苏省交通优势度与旅游产业发展水平空间耦合分析[J]. *南京师大学报: 自然科学版*, 2013, 36(3): 139-144.
- [5] 吴磊, 焦华富, 叶雷. 皖南国际文化旅游示范区旅游经济与交通耦合协调发展的时空特征[J]. *地理科学*, 2019, 39(11): 1822-1829.
- [6] DENG Fumin, FANG Yuan, XU Lin, et al. Tourism, transportation and low-carbon city system coupling coordination degree: a case study in Chongqing municipality, China [J]. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2020, 17(3): 1-17.
- [7] 王兆峰. 公路交通对旅游经济影响的评价分析——以武陵山区为例[J]. *湖南师范大学社会科学学报*, 2018, 47(1): 82-88.
- [8] CAN V V. Estimation of travel mode choice for domestic tourists to Nha Trang using the multinomial probit model [J]. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 2013, 49: 149-159.
- [9] MOYANO A, CORONADO J M, GARMENDIA M. How to choose the most efficient transport mode for weekend tourism journey: an HSR and private vehicle comparison [J]. *The Open Transportation Journal*, 2016, 10 (Suppl-1, M8): 84-96.
- [10] 程浩, 朱从坤. 基于 TransCAD 的 BPR 路阻函数对 OD 反推影响分析[J]. *价值工程*, 2018, 37(1): 205-208.
- [11] 邵晓明. 基于 TransCAD 平台的 OD 矩阵反推方法研究[J]. *山西建筑*, 2015, 41(25): 152-153.
- [12] LIU Zhiyuan, LIU Yang, MENG Qiang, et al. A tailored machine learning approach for urban transport network flow estimation [J]. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 2019, 108: 130-150.
- [13] LIN Changsheng, KOU Gang. A heuristic method to rank the alternatives in the AHP synthesis [J]. *Applied Soft Computing*, 2021, 100(3): 106916.
- [14] MILAD B, ZELINA Z I, SHATTRI M, et al. Land-use suitability assessment using Delphi and analytical hierarchy process (D-AHP) hybrid model for coastal city management: Kuala Terengganu, Peninsular Malaysia [J]. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 2021, 10(9): 621.
- [15] 甘恬甜, 陈弋, 裴炜毅, 等. 基于位置大数据的旅游交通需求现状评价方法——以宁波方特主题公园为例[J]. *交通与港航*, 2020, 7(5): 68-74.
- [16] 云南省统计局. 2020 云南统计年鉴 [M]. 北京: 中国统计出版社, 2020.
- [17] 王琳, 陈秀岭, 许云飞. 沿海副省级城市交通发展水平评价[J]. *山东交通学院学报*, 2019, 27(3): 27-34.
- [18] 丁胜仁, 谢永利, 张雪丹. 宏观公路网等级结构优化方法研究[J]. *当代经济科学*, 2009, 31(6): 92-95.
- [19] 交通运输部规划研究院. 2019 年国家干线公路交通情况报告 [M]. 北京: 人民交通出版社, 2020.