

民族地区智慧城市建设水平评价研究 ——以青海为例

张兴年，唐诗瑶

（青海民族大学政治与公共管理学院，青海 西宁 810007）

摘 要 智慧城市作为一种以信息、技术、知识等创新要素为驱动型因素的城市治理模式，对于民族地区经济发展与社会转型具有深远意义。本文从系统论的视角出发，对以往研究中的智慧城市评价研究指标进行统计分析和筛选优化，构建出能够反映民族地区智慧城市建设水平的评价指标体系，通过对各指标的分析 and 梳理，对民族地区智慧城市发展的影响因素初步形成定量和定性分析的基础，以期为民族地区智慧城市的全面可持续发展提供参考依据。

关键词 民族地区，智慧城市，评价体系

中图分类号 C93

1 引言

当前国内国际形势面临着新变化和新挑战，党中央积极应对世界百年未有之大变局和当前国内外经济形势变化，提出构建以国内大循环为主体、国内国际双循环相互促进的新发展格局。构建国内国际双循环的根本在于立足内需，而城市化将会是最大的内需增长引擎。“十二五”以来我国城市化进程加快，城市化率正在以平均每年 1.42% 的速度增加，大量人口快速向城市集中，其中蕴含着巨大的经济发展潜力，但同时城市也变得不堪重负。与此同时，代表着新兴生产力的大数据、物联网、云计算等信息技术崛起，城市增长的驱动型因素也由劳动力、资本、土地等传统增长要素逐步向信息、技术、知识创造力等创新要素转移，智慧城市应运而生，为城市的运转添加了更多活力和智慧，这一新兴城市治理模式对于城市乃至地区经济发展和社会转型具有深远意义。

我国是一个多民族的国家，民族地区的城市建设发展对于整个国家的社会、经济、政治、文化具有举足轻重的影响。青海是一个有众多少数民族人口聚居的省份，地处我国西部边远地区，作为我国重要的资源供给地，青海产生了一定数量的现代化城市，不过由于一些历史及现实因素，这些地区基础设施落后，城市发育水平较低。青海省委、省政府深刻践行“坚持生态保护优先、推动高质量发展、创造高品质生活”的重要战略，“一优两高”战略的内核与智慧城市建设中提高居民生活质量、提升市民幸福感的核心理念不谋而合，由此可见智慧城市建设蕴含了扩大内需、创新供给的巨大潜力，对民族地区高质量发展具有重要意义。目前国内学者对于智慧城市的研究通常都是以东部地区的发达城市作为研究对象，民族地区在智慧城市的研究和建设方面较于东部地区相对滞后，因此提出一套适用于民族地区的智慧城市评价指标体系势在必行。

本文以青海省作为研究对象，结合民族地区自身的经济文化水平、基础设施建设、人力资源储

通信作者：唐诗瑶，青海民族大学政治与公共管理学院城市管理专业硕士研究生，研究方向为城市管理、新型城镇化，E-mail: 924528546@qq.com。

关键词共现图谱中的每一节点代表不同的分析对象,即关键词,图谱节点主要以出现频次及中心性两个指标来反映分析对象的影响力和重要程度。节点上的年轮环越粗,表示在该时间节点该关键词出现的频次越多,连线越粗代表二者联系的紧密程度越高;中心度和频次高的关键词代表某一段时间内学者关注的问题,即研究热点。

结合高频高中心性关键词词频表来看(表1),智慧城市评价研究中关注度较高的关键词除智慧城市和评价体系外,还有绩效评价、大数据、智慧社区、因子分析、信息化、智慧交通等,这些高频出现的关键词涵盖了智慧城市评价的内容研究、现状研究、载体研究等多个方面,在后续的民族地区智慧城市评价体系构建过程中,充分考虑高频关键词,如增加智慧社区、智慧交通以及能够反映城市信息化水平和大数据处理能力的相关指标。从中介中心性来看,一般来说中心性大于0.1,代表该关键词与研究主体的紧密性较强、影响较大,相关研究中中介中心性大于0.1的只有两个关键词,代表该领域研究关键词分布呈现相对聚集与高度离散并存的非均衡性特征,智慧城市评价体系的构建兼具系统性和综合性,在一定程度上能够对民族地区智慧城市整体研究提供参考。在研究方法方面,熵权法、AHP、聚类分析是使用频次较高的研究工具,在后期刊量化研究过程中本文选择运用AHP层次分析法对评价体系中具体指标的权重进行讨论。

表1 2010~2021年智慧城市评价研究高频高中心性关键词排序

排序	词频排序			中心性排序		
	词频	主题	起始年份	中心性	主题	起始年份
1	161	智慧城市	2010	1.32	智慧城市	2010
2	31	评价体系	2013	0.11	指标体系	2010
3	26	评价指标	2013	0.06	评价体系	2013
4	15	熵权法	2016	0.05	熵权法	2016
5	15	绩效评价	2013	0.05	智慧旅游	2014
6	7	智慧交通	2017	0.03	绩效评价	2013
7	5	大数据	2017	0.03	AHP	2019
8	5	智慧社区	2016	0.03	城市管理	2013
9	5	因子分析	2016	0.03	二级指标	2014
10	5	信息化	2013	0.03	综合评价	2014
11	4	聚类分析	2020	0.02	智慧交通	2017
12	4	城镇化	2013	0.02	智慧产业	2016

2.2 智慧城市评价指标体系参考

目前国内学者关于智慧城市评价的研究已经较为丰富,不同的城市根据自身情况的异质性形成具有特色的发展模式和指标体系。因此,在民族地区智慧城市的评价指标因子选取过程中,对国内学者相关研究中的共词分析可以看出,智慧城市建设的一级评价指标大多集中在基础设施、产业投入、服务应用、信息网络、人文环境五方面,再根据这些一级评价指标引出多个二级指标,以更加有效地量化智慧城市建设影响因素。

智慧城市评价体系研究就是对智慧城市发展水平进行科学的测评和排名。国内最早关注到智慧城

市评价体系研究的是邓贤峰，他 2010 年提出的评价体系将智慧城市评估和城市信息化水平评价结合起来，包含网络互联、智慧产业、智慧服务、智慧人文四个领域，共 21 个评价指标。后来的智慧城市评价体系研究基本在这一思路的基础上进行变化，如李贤毅、邓晓宇、王振源等学者，在邓贤峰提出的指标体系基础上对其层次和构成进行了调整，提出自己的评价指标体系，他们与邓贤峰持相同主张，认为智慧城市评价研究的前身是城市信息化水平评价体系的研究（表 2）。

表 2 国内智慧城市评价体系参考性研究结果

参考文献	发表年份/作者	指标体系准则层内容
《“智慧城市”评价指标体系研究》	2010/邓贤峰	网络互联、智慧产业、智慧服务、智慧人文
《智慧城市评价指标体系研究》	2011/李贤毅、邓晓宇	泛在网络、智慧应用、价值实现、公共支撑平台
《智慧城市评估体系的研究与构建》	2013/郭曦榕、吴险峰	基础设施、公共管理服务、信息服务发展、人文科学素养、市民主观感知
《基于层次分析法的智慧城市建设评价体系研究》	2014/王振源	智慧基础设施、公共管理应用、公共服务应用、公共支撑体系
《广州智慧城市评价指标体系研究》	2014/李志清	智慧技术指标、智慧产业指标、智慧公民指标、智慧治理指标、智慧生活指标
《新型智慧城市评价指标（2018）》	2018/ 国家发展和改革委员会	惠民服务、精准治理、生态宜居、智能设施、信息资源、网络安全、改革创新、市民体验
《智慧城市评价指标体系构建》	2018/崔璐、 杨凯瑞	人力资本投入、基础设施建设、智慧经济发展、智慧人文素养、资金投入、智慧政务、智慧生活
《基于三元主体的智慧城市评价指标体系研究——以天津为例》	2021/张赫等	智慧基础设施、智慧公共管理、智慧产业经济、智慧民生服务、市民主观感知

2.3 民族地区智慧城市发展和研究现状

从区域视角出发，我国东西部地区城市发展不平衡，智慧城市建设进程也不一致^[1]。我国当前的智慧化建设在地理区域、行政区域、经济区域空间内呈现出发展分化和区域阶段化的特点^[2]。根据住房和城乡建设部公布的第三批智慧城市试点名单，290 个试点城市在华东和华北地区分布最为集中，大多分布在长三角城市群和环渤海沿岸，分别占全国试点城市数量的 32.8%和 15.5%，而民族地区只占 12.8%。长三角智慧城市群的智慧城市建设水平最高，环渤海和中西部城市群次之^[3]。

通过对国内智慧城市评价相关文献资料的整理分析可以发现，目前国内学者对于智慧城市的研究通常都是以东部地区的发达城市作为研究对象，以民族地区作为研究对象的相关研究成果较少，其研究进程较为缓慢，缺乏“内源性”理论研究，对于民族地区智慧城市建设水平的评价研究关注度较低。智慧城市建设是具有特色化的城市发展模式，东部地区发达城市在较为成熟的城镇化建设基础上进行信息化和智慧化建设，其建设实践经验和理论研究工具虽然具有一定的参考价值，但不能够合理反映民族地区的智慧城市发展状况。

由此可见，民族地区在智慧城市的研究和建设方面较于东部地区具有滞后性的特点，迫切需要理论指导，而智慧城市建设水平的评价研究能够有效引导智慧城市的建设方向，推动城市信息化、智慧化有序发展。本文以青海为例，从民族地区特殊的人文地理环境特点出发，构建民族地区智慧城市建设水平评价指标体系，对智慧城市建设水平进行量化计算，对存在的问题进行分析，给出适合于民族地区智慧城市建设的对策建议，为民族地区城市化、信息化、智慧化协同发展提供参考方案。

3 民族地区智慧城市建设水平评价指标体系构建

智慧城市建设的内容涵盖面广且关系复杂,存在着难以量化和数据不足的问题,常规的定性研究方法难以厘清各影响因素之间的复杂关系。量化计算的科学评测方法是智慧城市建设的行动指南,也是检验智慧城市建设水平的具体体现,可以起到引领、指导、监测、评估的作用^[4]。因此,本文以国内智慧城市评价体系的研究文献作为构建民族地区智慧城市建设水平评价指标的指标库,选取二级评价维度和三级具体指标,归类整合后形成评价指标体系,基于民族地区智慧城市的发展特点,遵循指标构建的代表性、可操作性、导向性原则,根据民族地区发展智慧城市所需的政策保障、市场环境、发展重心、产业水平等维度的综合考量^[5],以分级分类的方式路径,选取表2给出的主要评价指标进行参考,共设置6个一级指标、22个二级指标、77个三级指标。

3.1 准则层指标构建

准则层指标的确立从系统视角出发,将城市建设视为一个整体系统,将准则层维度视为其中的子系统,各子系统之间通过信息传递和动态交流以维持整体系统的正常运行。对智慧城市评价相关文献中准则层指标的设置进行整理分析,设定一级准则层指标数量范围在5~8项,排除相似性、重复性指标,结合民族地区的产业结构和地区发展定位确定6项准则层评价维度,即基础设施建设、资金资源投入、智慧民生服务、城市智慧经济、特色产业发展、市民人文感知。

基础设施建设是智慧城市建设的基石,其健全程度直接决定了未来智慧城市建设的成效,支撑了不同应用维度的高效化、智慧化运行;资金资源投入是智慧城市建设的必要条件,智慧城市的建设和运作是一个投资周期长、数额多的大型工程,从初期基础设施的铺建到城市信息互联互通和日常运营维护都牵涉资金流的运作,尤其对于处在起步和探索期的城市,则需要更多的资金资源投入^[6];智慧民生服务是智慧城市建设的核心内容,也是六大维度里范围最广的,运用智慧化手段以政府相关职能部门信息资源为基础拓宽民生服务渠道并提高公共服务水平,促进信息资源的共享与利用;城市智慧经济是智慧城市运营的支撑,智慧城市的建设发展对城市经济也起到带动和引导作用,二者相辅相成;特色产业发展是挖掘民族地区特色亮点产业优势,反映本地特色,带动传统产业转型升级,推动特色产业与互联网融合发展,以及智慧城市区域经济多样化发展;市民人文感知是市民对于地区智慧城市建设发展的主观体验感,从公众满意度和市民生活水平维度反映智慧城市建设实效和发展潜力,是智慧城市软环境建设的重要考量因素。

准则层指标中的各项的运行都假设为流体与因果关系的变化,以因果流程图的方式明晰各要素的关联性。通过一级指标因果关系图(图2)可见,民族地区智慧城市发展中六个子系统之间的相互作用具有动态性和逻辑性,包含着起点终点。民族地区智慧城市系统中的要素通过因果关系组成闭合回路,一级指标间呈正反馈相关,资金资源投入是基础设施建设、智慧民生服务和特色产业发展的基础;资金资源投入、基础设施建设、城市智慧经济、特色产业发展都以推进智慧民生服务、促进市民人文感知为目标导向,把增强城市居民的生活幸福感作为智慧城市建设的落脚点,更加凸显智慧城市建设“以人为本”的核心要义。

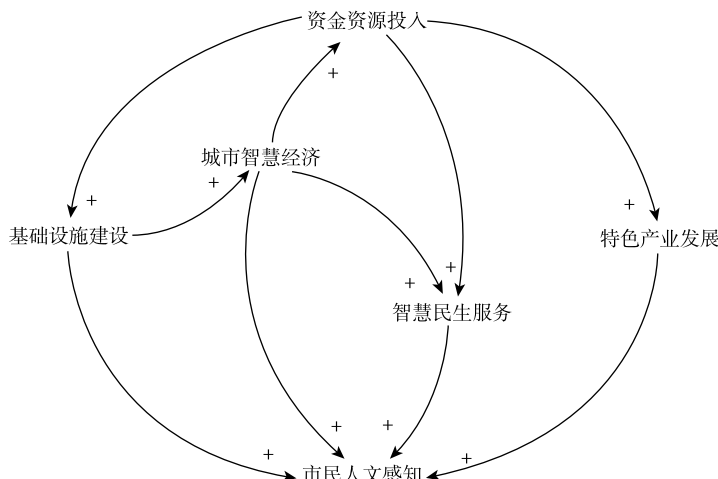


图2 准则层评价维度关系图

3.2 基础设施建设维度具体指标构建

基础设施建设维度主要通过网络宽带、监控传感以及数据共享平台的硬件建设，评估城市数字化信息管理体系是否有序运行，以保证智慧城市各项功能实现。基础设施建设的内容在不同地区有较强的相似性，因此该维度下的具体指标主要参考以往的研究进行构建。基础设施建设的二级指标从技术理性视角进行分解，分为网络基础设施和数据共享，分别代表硬件设施、软件设施，反映智慧电网的建设水平、宽带网络普及水平、三网融合发展水平，这三个角度综合体现智慧城市的智慧感知能力。具体见表3。

表3 民族地区智慧城市基础设施建设评价指标

一级指标	二级指标	三级指标
基础设施建设	网络基础设施	城市住宅光纤覆盖率
		公共场所无线局域网覆盖率
		重要场所监控覆盖率
		互联网用户普及率
		移动电话普及率
		5G 基站数量
	数据共享	“互联网+” 共享平台数量
		大数据中心数量
		云计算中心数量

3.3 资金资源投入维度具体指标构建

资金资源投入是利用内在与外在资源和环境为智慧城市提供发展空间。由于在人力资源方面，青海民族地区对人才的吸引力较小，存在队伍薄弱、人才稀缺的问题，而人才又是地方发展不可或缺的一项资源，因此设置了人才基地建设、人才引进政策吸引力、人力资源流动指数三项指标来反映人力资源引进情况。研究经费投入能够反映城市对科技研发的重视程度，同时也是反映城市创新能力的重

要指标。智慧应用在智慧城市建设中承担着重要作用,如“云藏”搜索引擎是最大的藏文信息来源和资源共享中心;青海“智慧民政”建设工程是青海省重要的民政大数据应用平台且已纳入《青海省“十四五”省级政务信息化规划》;“东数西算”是指将东部算力需求有序引导到西部,优化数据中心建设布局,促进东西部协同联动,青海作为主要承载地主动融入“东数西算”国家布局,此类项目的资金投入可以很大程度上反映青海地区对智慧应用的投入程度。具体见表4。

表4 民族地区智慧城市资金资源投入评价指标

一级指标	二级指标	三级指标
资金资源投入	人力资源引进	人才基地建设
		人才引进政策吸引度
		人力资源流动指数
	研究经费投入	研究与试验发展(R&D)经费比重
		全年专利授权数
		社会资本投资
		应用研究经费比例
	智慧应用建设投入	政府信息化投入
		“东数西算”产业总体投入
		“智慧民政”建设工程投入
		“云藏”搜索引擎项目建设投入

3.4 智慧民生服务维度具体指标构建

智慧民生服务主要目标导向是为居民提供多层次、全覆盖、人性化的民生服务,达到居民生活现代化、智慧化的目标,以促进公共服务均等化,达到满足市民需求的根本目的。从智慧化的内涵出发,指标设置以“优政惠民”为目标导向,基本覆盖了市民的生活需求,从政府治理能力、民生服务便捷度、能源环境保护力度三方面体现政府从管理向服务的职能转变。考虑到多民族聚居地区的特点,添加了“智慧统战民族宗教事务服务平台建设”“民族聚居社区信息服务系统使用率”“远程医疗覆盖率”“少数民族学生入学率”的指标,以期对民族地区智慧民生服务体系化、标准化、集约化程度进行评价。具体见表5。

表5 民族地区智慧城市智慧民生服务评价指标

一级指标	二级指标	三级指标
智慧民生服务	智慧政务	行政单位信息化系统数量
		政府网站点击量
		行政审批网上办理率
		智慧统战民族宗教事务服务平台建设
	智慧社区	民族聚居社区信息服务系统使用率
		社区安全监控安装率
		智慧社区平台覆盖率

续表

一级指标	二级指标	三级指标
智慧民生服务	智慧医疗	网上预约挂号的医疗机构比例
		电子病历应用水平
		远程医疗覆盖率
	智慧教育	网络教学比率
		智慧教育系统覆盖率
		少数民族学生入学率
	智慧交通	交通智慧云平台建设
		公共交通客运量
		电子收费系统覆盖率
		交通事故反应能力
	智慧环保	环境空气质量达标率
		城市碳排放率
		污水处理率
		智能垃圾处理
		城市建成区绿色覆盖率
	智慧能源	万元 GDP 能耗
建筑物智能节能系统覆盖率		
新能源汽车使用量		

3.5 城市智慧经济维度具体指标构建

城市智慧经济是随着城市的智慧化建设改造，城市治理效率提升，成本下降，损失减少，风险降低，数据的收集、处理、分析能力增强，城市运营水平提升，这些变化不仅赋能城市建设，同时也重塑城市经济，集聚内生动力，不断增强地区竞争力^[7]。此维度的具体指标结合数字政府、数字经济方面的评估体系和地区相关政策报告建立，数字经济的发展是智慧城市建设具有代表性的成效，通过 11 项指标反映城市经济发展、企业智慧化转型、产业发展升级的现状。其中“中心城镇首位度”指标的设定主要考量到民族地区经济社会发展总体滞后，且城乡发展不平衡等问题，地区经济发展离不开中心城市的辐射作用。具体见表 6。

表 6 民族地区智慧城市城市智慧经济评价指标

一级指标	二级指标	三级指标
城市智慧经济	城市竞争力	国民生产总值
		人均 GDP
		居民人均可支配收入
		全年进出口总值

续表

一级指标	二级指标	三级指标
城市智慧经济	城市竞争力	居民消费价格总指数上涨
		全年消费品零售总额
		中心城镇首位度
	智慧产业	工业与信息化融合程度
		物联网产业规模
		高新技术产业占比
		第三产业产值占比
		信息服务业增加率
	智慧经济	企业信息化系统使用率
		企业网站建设率
		电子商务交易额占比

3.6 特色产业发展维度具体指标构建

特色产业发展是体现民族地区发展特点的重要维度，指挖掘民族地区特色亮点产业优势，反映本地特色，带动传统产业转型升级，推动特色产业与互联网融合发展及智慧城市区域经济多样化发展。国务院 2016 年印发的《“十三五”促进民族地区和人口较少民族发展规划》中明确提出，加快发展民族特色产业。充分发挥民族地区自然人文资源比较优势，大力发展特色农牧业及其加工业。打造一批民族特色旅游品牌，支持民族医药及关联产业发展，扶持民族贸易和民族特需商品生产。由此可见，特色产业经济是驱动民族地区智慧城市发展的重要指标，需研究开发城市独有的特色项目和特色模式，侧重于智慧城市发展可持续性，推动城市特色产业建设。

特色产业发展维度的指标构建以国家和相关政策文件中对民族特色优势产业的界定和发展规划为主要参考。该维度的考察主要涉及两个方面：一方面是传统优势产业的转型升级，通过支柱产业升级和农牧业产业转型来体现；另一方面是未来的可持续发展潜力^[6]，结合青海的资源优势，通过清洁能源产业发展及少数民族特色产业发展来体现。根据比较优势原则，青海地区在气候上具有“冷凉性”的特点，具有发展高原特色畜牧业和特色种植业的自然生态，农业、畜牧业的发展已然形成了优势特色产业集群，为地区一二三产业提供重要支撑，其年产值的行业占比指标具有代表性；青海作为藏医药产业原料主要产地之一，其藏医药年产值占全国藏医药年产值的 40%以上，是青海具有少数民族特点的特色产业之一；青海在改革开放以来充分利用地区资源优势，构筑了电力、盐湖化工、石油天然气、有色金属四大支柱产业，对青海的经济发展起到了明显的支撑带动作用；青海在实现绿色低碳转型方面先行先试，将清洁能源优势转化为产业优势，清洁能源产业发展迅猛，即将成为下一个新支柱产业，是极具代表性的特色产业发展考量指标。具体见表 7。

表 7 民族地区智慧城市特色产业发展评价指标

一级指标	二级指标	三级指标
特色产业发展	少数民族特色产业	畜牧业产值行业占比
		藏医药产值行业占比
		民族食品产业占比

续表

一级指标	二级指标	三级指标
特色产业发展	少数民族特色产业	旅游产业占比
	支柱产业升级	有色金属加工业产值
		盐湖资源开发利用率
		石油天然气储备量
		电网年发电量
	清洁能源规模	可再生能源综合利用率
		全年清洁能源产出电量
		地面光伏电站数量
		家庭空气源热泵建设率
		生物质能利用率
	农牧业智慧转型	智慧农业系统建设
		农情监测数据上传率
		农产品年交易额
		农牧区居民家庭恩格尔系数
		农业数字化平台人员培训
标准化农牧业生产技术推广		

3.7 市民人文感知维度具体指标构建

市民人文感知是智慧城市软环境建设的重要考量因素。城市居民和城市组织构成两大城市群体，智慧城市建设遵从共建共享原则，市民不仅是建设者，还是最大的体验者。市民的文化水平反映市民的智慧化水平，直接影响着城市的智慧化程度；智慧城市建设对市民生活体验带来的提升通过宜居城市的相应指标体现；市民生活信息化水平体现智慧城市智慧民生服务等硬指标对与市民生活息息相关的软环境带来的影响^[8]。文化是人造的第二自然，各民族在长期历史发展进程中逐渐形成丰富多彩的民族文化，民族地区的人文感知对人有潜移默化的影响，从市民文化素养、少数民族市民人文感知和市民生活信息化水平三个方面来反映。政治增权是指民族地区的利益和诉求具有广泛的表达渠道^[9]，对于维护少数民族居民各项权利有着重要意义，“少数民族市民普通话水平”和“少数民族高校毕业生就业率”指标从少数民族市民生活便利性和少数民族青年人的社会感知层面进行评价。具体见表8。

表8 民族地区智慧城市市民人文感知评价指标

一级指标	二级指标	三级指标
市民人文感知	市民文化素养	本科及以上学历人口比例
		公共图书馆藏书量
		高校、科研院所数量
		少数民族高校毕业生就业率
	少数民族市民人文感知	政治增权感知
		少数民族市民普通话水平
		少数民族高校毕业生就业率
	市民生活信息化水平	网络购物消费占比
		双语智慧应用普及率

4 民族地区智慧城市评价指标权重确定及模糊综合评价

通过对 89 篇智慧城市评价研究相关文献的赋权方法的分析, 本文选取层次分析法对具体指标进行权重的确定(图 3)。综合考虑数据获取难度和地区发展水平, 本文选取青海省西宁市作为研究对象。西宁市智慧城市建设水平的评价维度与具体指标权重说明了其重要程度, 权重大的指标代表了建设发展的方向和重点, 也是后续提升研究的基础。

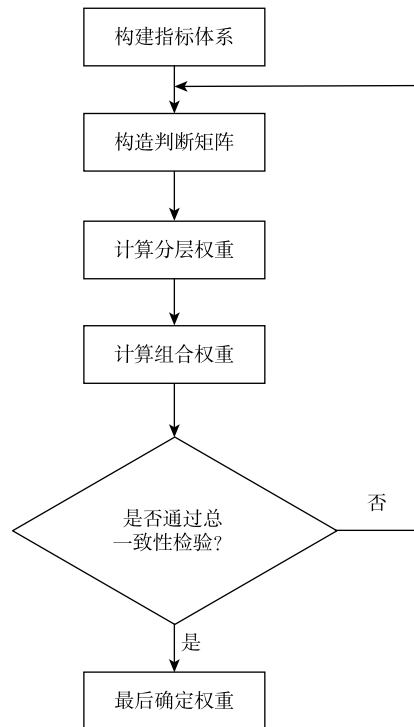


图 3 层次分析法流程图

4.1 基于层次分析法的指标权重确定

层次分析法是对定性问题进行定量分析的一种多准则决策方法, 将专家对客观现实的主观判断和分析者的客观判断结果直接而有效地结合起来, 将一层次元素两两比较的重要性进行定量描述。而后, 利用数学方法计算反映每一层次元素的相对重要性次序的权值, 通过所有层次之间的总排序计算所有元素的相对权重并进行排序^[10]。Saaty 教授为此方法创始人。运用专家经验将指标定量化并确定重要性的方式增大了此方法的使用范围, 使其尤其适用于指标数据匮乏的情况。层次分析法确定权重的流程见图 3, 具体计算步骤见附录 1。由于表 3~表 8 中所列的部分指标在量化和数据收集方面存在某些障碍, 故进行了舍弃。西宁市智慧城市建设水平评价指标权重见表 9。

表 9 西宁市智慧城市建设水平评价指标权重

目标层	准则层	权重	指标层	相对权重	绝对权重
民族地区智慧城市建设影响因素指标体系	基础设施建设	0.083	城市住宅光纤覆盖率	0.082	0.007
			公共场所无线局域网覆盖率	0.047	0.004
			重要场所监控覆盖率	0.085	0.007

续表

目标层	准则层	权重	指标层	相对权重	绝对权重
民族地区智慧城市建设影响因素指标体系	基础设施建设	0.083	5G 基站数量	0.225	0.019
			互联网用户普及率	0.227	0.019
			移动电话普及率	0.333	0.028
	资金资源投入	0.089	研究与试验发展 (R&D) 经费比重	0.493	0.044
			全年专利授权数	0.196	0.017
			应用研究经费比例	0.311	0.028
	智慧民生服务	0.255	行政单位信息化系统数量	0.057	0.015
			行政审批网上办理率	0.113	0.029
			政府网站点击量	0.104	0.027
			智慧社区平台覆盖率	0.058	0.017
			社区安全监控安装率	0.068	0.017
			电子病历应用水平	0.096	0.024
			网络教学比率	0.098	0.025
			环境空气质量达标率	0.035	0.009
			污水处理率	0.200	0.051
			城市建成区绿化覆盖率	0.220	0.056
	城市智慧经济	0.150	新能源汽车使用量	0.047	0.012
			人均 GDP	0.130	0.020
			居民人均可支配收入	0.149	0.022
			全年进出口总值	0.086	0.013
			居民消费价格总指数上涨	0.245	0.037
			全年消费品零售总额	0.095	0.014
			第三产业产值占比	0.165	0.023
	特色产业发展	0.273	信息服务业增加率	0.130	0.020
			畜牧业产值行业占比	0.079	0.022
			藏医药产值行业占比	0.082	0.022
			旅游产业占比	0.044	0.012
			全年清洁能源产出电量	0.228	0.062
可再生能源综合利用率			0.166	0.045	
地面光伏电站数量			0.090	0.025	
市民人文感知	0.250	农产品年交易额	0.311	0.085	
		本科及以上学历人口比例	0.146	0.037	
		公共图书馆藏书量	0.093	0.023	
		少数民族高校毕业生就业率	0.490	0.123	
			高校、科研院所数量	0.271	0.068

在青海省八市州中，这一权重设置及权重确定方法适用于西宁市、海东市、海西蒙古族藏族自治州格尔木市、玉树藏族自治州、海南藏族自治州贵德县。西宁市作为青海省省会，形成了“3+X”“7

个一”民生工程总体建设框架，在基础平台搭建、相关资源整合开发方面已经较为成熟；海东市在建设高速的信息基础设施的基础上，推广更系统高效的网络化管理系统，建立了“物联、数联、智联”三位一体的新型城域物联专网，已形成较完善的数字治理体系；玉树藏族自治州在城市智慧化管理、精细化推进方面颇有成效，建成了青海省藏区唯一的高原智慧城市；格尔木市、贵德县、共和县是 2014 年青海省首批列入国家智慧城市试点的地区，格尔木侧重优势产业的拉动与牵引，建设青藏高原区域性中心城市，形成海西州最具辐射力的增长极；贵德县建成全国首个藏汉双语系统新型智慧城市建设样板，成为民族地区县域智慧城市建设的标杆。这些地区的智慧城市各方面建设已取得一定成果，大数据平台、智慧民生服务平台建设等方面都取得了阶段性成效，因此均适用于以上的权重确定方法。

4.2 智慧城市建设水平模糊综合评价

模糊综合评价法是运用专家对指标打分从而将指标数据转化为分值的方法得到评价维度和总目标的权重向量，将评价体系分解为不同的因素集，划分数字区间以表示不同的评级并对不同评价等级的含义进行界定，对数据进行隶属度函数计算，构建出各维度的隶属度模糊矩阵，结合指标权重计算出各维度的集权向量，进而得出各指标的具体分值（表 10）。具体步骤见附录 2。

表 10 智慧城市建设水平评价指标得分

准则层	分值	指标层	分值
基础设施建设	83.834 2	城市住宅光纤覆盖率	92.00
		公共场所无线局域网覆盖率	68.80
		重要场所监控覆盖率	72.80
		5G 基站数量	61.60
		互联网用户普及率	88.80
		移动电话普及率	98.40
资金资源投入	36.468 0	研究与试验发展（R&D）经费比重	40.80
		全年专利授权数	35.20
		应用研究经费比例	30.40
智慧民生服务	71.006 1	行政单位信息化系统数量	54.40
		行政审批网上办理率	52.80
		政府网站点击量	50.83
		智慧社区平台覆盖率	93.60
		社区安全监控安装率	56.36
		电子病历应用水平	91.82
		网络教学比率	60.00
		环境空气质量达标率	84.80
		污水处理率	84.00
		城市建成区绿化覆盖率	82.40
		新能源汽车使用量	34.40
城市智慧经济	49.388 8	人均 GDP	40.00
		居民人均可支配收入	45.60
		全年进出口总值	30.40
		居民消费价格总指数上涨	64.00
		全年消费品零售总额	46.40
		第三产业产值占比	42.40
		信息服务业增加率	59.20

续表

准则层	分值	指标层	分值
特色产业发展	86.342 8	畜牧业产值行业占比	85.60
		藏医药产值行业占比	93.60
		旅游产业占比	80.80
		全年清洁能源产出电量	84.80
		可再生能源综合利用率	86.36
		地面光伏电站数量	84.00
		农产品年交易额	87.20
市民人文感知	49.497 6	本科及以上学历人口比例	58.40
		公共图书馆藏书量	64.00
		少数民族高校毕业生就业率	52.00
		高校、科研院所数量	35.20

各一级指标得分为：基础设施建设 83.834 2 分；资金资源投入 36.468 0 分；智慧民生服务 71.006 1 分；城市智慧经济 49.388 8 分；特色产业发展 86.342 8 分；市民人文感知 49.497 6 分。可见西宁市智慧城市建设在特色产业发展和基础设施建设方面处于优秀水平；智慧民生服务处于良好水平；城市智慧经济和市民人文感知处于中等水平；资金资源投入处于较差水平。

5 结论

从区域视角来看，由于特殊的自然地理环境和基础设施建设水平较低等现实因素，我国东西部智慧城市建设进程不一致，中东部城市在新型智慧城市建设上整体先行，青海地区无论城市发展速度还是发展层次在全国都处于较低发展水平。东部发达地区的智慧城市建设往往是在城镇化发展较为成熟的基础上进行信息化建设，而以青海为代表的民族地区智慧城市建设面临的是城镇化、信息化、智慧化“三化”同时进行，这也给城市治理和公共服务带来了更大的挑战。因此，城镇化发展及其与信息化融合程度也要纳入民族地区智慧城市的评价内容中来，需设置相应的三级评价指标，从城市技术创新、产业升级和资源配置优化进行综合评价^[11]。

青海地区智慧城市评价过程中也存在一些与其他民族地区城市相似的共性问题。青海省内大部分城市的智慧城市还处于建设初期，中间性指标和后置性指标不能够完全反映这些城市的智慧城市建设效果，然而目前较为成熟的评价体系通常后置性指标过多，更适合处于智慧城市建设成熟期的水平评价。因此，民族地区的智慧城市指标体系中具体指标的设置不仅要对结果性成效进行评价，对过程性成效也要同样重视^[12]。根据不同城市的建设差异性，需要在民族地区智慧城市评价指标体系的基础上进行调整，城市信息化程度只能一定程度上反映基础设施建设水平，但惠民服务才是智慧城市建设的风向标，评价体系需遵循以人为本的核心理念，以技术为手段，把提高市民生活品质作为落脚点进行构建。

青海的智慧城市建设尚未形成成熟的评价指标体系，且缺乏充足的实践经验。本文运用层次分析法和模糊综合评价的方法对此问题进行研究，建立了适用于青海少数民族地区智慧城市建设的评价指标体系。由于目前青海地区相关数据收集具有一定难度，故研究有所局限，未来随着数据可得性的增强，可以进一步进行智慧城市跨学科、智慧城市体系、智慧城市仿真模拟、智慧城市影响因素及动力机制研究，以及新时代智慧城市发展路径的探索。

参 考 文 献

- [1] 赵波. 挑战与突破: 少数民族地区特色文化城市建设的路径研究[J]. 贵州民族研究, 2016, 37(6): 51-54.
- [2] 朱海龙, 张志雄. 中国智慧化建设区域差异研究[J]. 经济地理, 2021, 41(8): 54-61, 80.
- [3] 住房和城乡建设部办公厅. 关于公布国家智慧城市 2014 年度试点名单的通知[EB/OL]. https://www.mohurd.gov.cn/gongkai/zhengce/zhengcefilelib/201504/20150410_220653.html, 2015-04-10.
- [4] 邓贤峰. “智慧城市”评价指标体系研究[J]. 发展研究, 2010, (12): 111-116.
- [5] 李贤毅, 邓晓宇. 智慧城市评价指标体系研究[J]. 电信网技术, 2011, (10): 43-47.
- [6] 穆标, 甄武警. 以需求为导向的智慧城市建设路径研究[J]. 中国信息化, 2022, (2): 85-86.
- [7] 张西增, 王新南. 智慧城市发展战略与国内外实践研究[J]. 现代商贸工业, 2013, 25(13): 5-7.
- [8] 崔璐, 杨凯瑞. 智慧城市评价指标体系构建[J]. 统计与决策, 2018, 34(6): 33-38.
- [9] 陈铭, 王乾晨, 张晓海, 等. “智慧城市”评价指标体系研究——以“智慧南京”建设为例[J]. 城市发展研究, 2011, 18(5): 84-89.
- [10] 何琴. 基于 AHP 的智慧城市建设水平评价模型及实证[J]. 统计与决策, 2019, 35(19): 64-67.
- [11] 国家发展和改革委员会, 工业和信息化部, 住房和城乡建设部, 等. 关于印发促进智慧城市健康发展的指导意见的通知[J]. 中华人民共和国国务院公报, 2015, (2): 61-66.
- [12] 庄广新, 方可, 王妍. 新型智慧城市评价指标体系研究[J]. 信息技术与标准化, 2021, (3): 66-71.

Research on the Evaluation of Smart City Construction Level in Ethnic Regions —Take Qinghai as an Example

ZHANG Xingnian, TANG Shiyao

(College of Politics and Public Management, QingHai Minzu University, Xining 810007, China)

Abstract As an urban governance model driven by innovative elements such as information, technology and knowledge, smart cities have far-reaching significance for economic development and social transformation in ethnic areas. From the perspective of system theory, this paper makes statistical analysis, screening and optimization on the evaluation and research indicators of smart cities in previous studies, and constructs an evaluation index system that can reflect the level of smart city construction in ethnic areas. Through the analysis and carding of the relationship between the indicators, it preliminarily forms the basis of quantitative and qualitative analysis on the factors affecting the development of smart cities in ethnic areas. It is expected to provide reference basis for the comprehensive and sustainable development of smart cities in ethnic areas.

Keywords Ethnic regions, Smart cities, Evaluation system

作者简介

张兴年(1973—),男,青海民族大学政治与公共管理学院政治学博士、教授,主要从事青海藏区稳定与发展研究。

唐诗瑶(1997—),女,青海民族大学政治与公共管理学院城市管理专业硕士研究生,研究方向为城市管理、新型城镇化, E-mail: 924528546@qq.com。

附录 1：层次分析法确定权重

根据可操作性原则及西宁市相关数据的获取情况，使指标设置体现西宁市的城市发展特点，对民族地区智慧城市建设水平评价指标体系的具体指标进行筛选和优化（附表 1）。

附表 1 西宁市智慧城市建设水平评价指标体系

目标层	准则层	指标层	单位
民族地区智慧城市建设影响因素 指标体系	基础设施建设	城市住宅光纤覆盖率	%
		公共场所无线局域网覆盖率	%
		重要场所监控覆盖率	%
		5G 基站数量	个/万人
		互联网用户普及率	%
		移动电话普及率	部/百人
	资金资源投入	研究与试验发展（R&D）经费比重	%
		全年专利授权数	项
		应用研究经费比例	%
	智慧民生服务	行政单位信息化系统数量	个
		行政审批网上办理率	%
		政府网站点击量	万次
		智慧社区平台覆盖率	%
		社区安全监控安装率	%
		电子病历应用水平	级
		网络教学比率	%
		环境空气质量达标率	%
		污水处理率	%
		城市建成区绿化覆盖率	%
	新能源汽车使用量	万辆	
	城市智慧经济	人均 GDP	万元/人
		居民人均可支配收入	万元
		全年进出口总值	亿元
		居民消费价格指数上涨	%
		全年消费品零售总额	亿元
		第三产业产值占比	%
		信息服务业增加率	%

续表

目标层	准则层	指标层	单位
民族地区智慧城市建设影响因素 指标体系	特色产业发展	畜牧业产值行业占比	%
		藏医药产值行业占比	%
		旅游产业占比	%
		全年清洁能源产出电量	亿千瓦时
		可再生能源综合利用率	%
		地面光伏电站数量	座
		农产品年交易额	亿元
	市民人文感知	本科及以上学历人口比例	%
		公共图书馆藏书量	万册(件)
		少数民族高校毕业生就业率	%
		高校、科研院所数量	所

前文构建的民族地区智慧城市建设水平评价指标体系分为了目标层、准则层、指标层，将整个评价体系设为判断矩阵 A ，基础设施建设设为 A_1 、资金资源投入设为 A_2 、智慧民生服务设为 A_3 、城市智慧经济设为 A_4 、特色产业发展设为 A_5 、市民人文感知设为 A_6 。以此结构为基础设计专家打分表，以邮件形式发送给青海高校从事相关研究的西宁市大数据服务管理局相关专家及负责人，通过计算几何平均数将打分结果形成判断矩阵。

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1/3 & 1/2 & 1/3 & 1/2 \\ 1 & 1 & 1/2 & 1/2 & 1/3 & 1/2 \\ 3 & 2 & 1 & 2 & 1 & 2 \\ 2 & 2 & 1/2 & 1 & 1/2 & 1 \\ 3 & 3 & 1 & 2 & 1 & 2 \\ 2 & 2 & 1/2 & 1 & 1/2 & 1 \end{pmatrix} \quad A_1 = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 1 & 1/3 & 1/3 & 1/4 \\ 1/2 & 1 & 1/2 & 1/5 & 1/4 & 1/6 \\ 1 & 2 & 1 & 1/3 & 1/2 & 1/5 \\ 3 & 5 & 3 & 1 & 1 & 1/2 \\ 3 & 4 & 2 & 1 & 1 & 1 \\ 4 & 6 & 5 & 2 & 1 & 1 \end{pmatrix} \quad A_2 = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 2 \\ 1/2 & 1 & 1/2 \\ 1/2 & 2 & 1 \end{pmatrix}$$

$$A_3 = \begin{pmatrix} 1 & 1/2 & 1/2 & 1 & 1 & 1/2 & 3 & 1/4 & 1/5 & 2 & 1/3 \\ 2 & 1 & 1 & 2 & 1 & 1 & 4 & 1/2 & 1/2 & 3 & 1 \\ 2 & 1 & 1 & 2 & 1 & 1 & 4 & 1/2 & 1/3 & 1 & 2 \\ 1 & 1/2 & 1/2 & 1 & 1 & 1/2 & 4 & 1/4 & 1/5 & 2 & 1/3 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 2 & 1/3 & 1/4 & 1 & 1/2 \\ 2 & 1 & 1 & 2 & 1 & 1 & 1 & 1/2 & 1/2 & 3 & 1 \\ 1/3 & 1/4 & 1/4 & 1/3 & 1/2 & 1 & 1 & 1/5 & 1/4 & 1 & 1/3 \\ 4 & 2 & 2 & 4 & 3 & 2 & 5 & 1 & 1 & 1 & 2 \\ 5 & 2 & 3 & 5 & 4 & 2 & 4 & 1 & 1 & 1 & 2 \\ 1/2 & 1/3 & 1 & 1/2 & 1 & 1/3 & 1 & 1/4 & 1/2 & 1/2 & 1 \end{pmatrix}$$

$$A_4 = \begin{pmatrix} 2 & 1 & 1/3 & 1/2 & 1/3 & 1/2 \\ 2 & 1 & 1/2 & 1/2 & 1/3 & 1/2 \\ 3 & 2 & 1 & 2 & 1 & 2 \\ 2 & 2 & 1/2 & 1 & 1/2 & 1 \\ 3 & 3 & 1 & 2 & 1 & 2 \\ 2 & 2 & 1/2 & 1 & 1/2 & 1 \end{pmatrix} \quad A_5 = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 3 & 1/2 & 1 & 1/2 & 1 \\ 1 & 1 & 2 & 1/2 & 2 & 1 & 1 \\ 1/3 & 1/2 & 1 & 1/4 & 1/2 & 1 & 2 \\ 2 & 2 & 4 & 1 & 2 & 1 & 2 \\ 1 & 1/2 & 2 & 1/2 & 1 & 1/2 & 1/3 \\ 2 & 1 & 1 & 1 & 2 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1/2 & 1/2 & 3 & 1 & 1 \end{pmatrix}$$

$$A_6 = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 1/4 & 1/2 \\ 1/2 & 1 & 1/4 & 1/3 \\ 4 & 4 & 1 & 2 \\ 2 & 3 & 1/2 & 1 \end{pmatrix}$$

根据公式 $\bar{w}_i = \sqrt[n]{M_i}$ 对每一个横向向量乘积开 n 次方 (n 为阶数)，将乘积与开方结果分别相除，得出特征向量，进行归一化计算。层次单排序即每个判断矩阵的最大特征值 λ_{\max} 对应的特征向量 ω 经过归一后，对相应指标进行排序，排序依据为对上一层次指标的相对重要程度。根据层次分析法和最大特征根法原理，分别计算特征值及特征向量，再进行一致性检验，公式为 $CR=CI/RI$ ，一致性比率 CR 可以验证权重分配的合理性，若 CR 值 < 0.01 ，则通过一致性检验，结果可取。其中 CI 的计算公式为 $CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1}$ ，见附表 2。

附表 2 层次单排序及一致性检验结果

判断矩阵	λ_{\max}	归一化特征向量	CI	RI	CR	一致性检验结果
A	6.072	(0.083 0.089 0.255 0.150 0.273 0.150) ^T	0.014	1.26	0.011	通过
A_1	6.085	(0.082 0.047 0.085 0.225 0.227 0.333) ^T	0.017	1.26	0.013	通过
A_2	11.936	(0.493 0.196 0.311) ^T	0.093	0.52	0.061	通过
A_3	3.054	(0.057 0.113 0.104 0.058 0.068 0.098 0.035 0.200 0.220 0.047) ^T	0.027	0.49	0.052	通过
A_4	7.599	(0.130 0.149 0.086 0.245 0.095 0.165 0.130) ^T	0.099	1.36	0.073	通过
A_5	7.246	(0.079 0.082 0.044 0.228 0.166 0.090 0.311) ^T	0.041	1.36	0.030	通过
A_6	4.046	(0.146 0.093 0.490 0.271) ^T	0.015	0.89	0.017	通过

根据公式 $\omega = \bar{\omega}_i / \sum_{i=1}^n \bar{\omega}_i$ 计算指标的相对权重（指标对于准则层的权重）和绝对权重（指标对于目标层的权重）。

附录 2：智慧城市建设水平的模糊综合评价

基于模糊综合评价法，本文对于西宁市智慧城市建设水平的评价分为以下几个步骤。

1. 评价对象的因素论域确定

目标层以 U 表示，设 p 个评价指标，则有 $U = \{U_1, U_2, \dots, U_p\}$ 。 $U_1, U_2, U_3, U_4, U_5, U_6$ 为准则层各维度， $U_{11}, U_{12}, U_{13}, U_{14}, U_{15}, U_{16}$ 等为指标层各指标，具体如下所示：

$U = \{U_1, U_2, U_3, U_4, U_5, U_6\} = \{\text{基础设施建设, 资金资源投入, 智慧民生服务, 城市智慧经济, 特色产业发展, 市民人文感知}\}$

$U_1 = \{U_{11}, U_{12}, U_{13}, U_{14}, U_{15}, U_{16}\} = \{\text{城市住宅光纤覆盖率, 公共场所无线局域网覆盖率, 重要场所监控覆盖率, 5G 基站数量, 互联网用户普及率, 移动电话普及率}\}$

$U_2 = \{U_{21}, U_{22}, U_{23}\} = \{\text{研究与试验发展 (R\&D) 经费比重, 全年专利授权数, 应用研究经费比例}\}$

$U_3 = \{U_{31}, U_{32}, U_{33}, U_{34}, U_{35}, U_{36}, U_{37}, U_{38}, U_{39}, U_{310}, U_{311}\} = \{\text{行政单位信息化系统数量, 行政审批网上办理率, 政府网站点击量, 智慧社区平台覆盖率, 社区安全监控安装率, 电子病历应用水平, 网络教学比率, 环境空气质量达标率, 污水处理率, 城市建成区绿化覆盖率, 新能源汽车使用量}\}$

$U_4 = \{U_{41}, U_{42}, U_{43}, U_{44}, U_{45}, U_{46}, U_{47}\} = \{\text{人均 GDP, 居民人均可支配年收入, 全年进出口总值, 居民消费价格总指数上涨, 全年消费品零售总额, 第三产业产值占比, 信息服务业增加率}\}$

$U_5 = \{U_{51}, U_{52}, U_{53}, U_{54}, U_{55}, U_{56}, U_{57}\} = \{\text{畜牧业产值行业占比, 藏医药产值行业占比, 旅游产业占比, 全年清洁能源产出电量, 可再生能源综合利用率, 地面光伏电站数量, 农产品年交易额}\}$

$U_6 = \{U_{61}, U_{62}, U_{63}, U_{64}\} = \{\text{本科及以上学历人口比例, 公共图书馆藏书量, 少数民族高校毕业生就业率, 高校、科研院所数量}\}$

2. 评价等级及权重确定

在模糊综合评价中, 确定评价因素的权向量 $W = \{a_1, a_2, \dots, a_n\}$ 。采用层次分析法对具体指标进行赋权的方法和步骤在附录中已做出详细说明。根据各指标权重可进一步确定评价指标间的相对重要性次序, 从而确定权系数, 并且在合成之前归一化。模糊元素权重计算结果如下:

$$W = \{0.082\ 9, 0.089\ 0, 0.279\ 5, 0.150\ 0, 0.273\ 0, 0.250\ 0\}$$

$$W_1 = \{0.082\ 1, 0.047\ 0, 0.085\ 1, 0.225\ 2, 0.227\ 2, 0.333\ 3\}$$

$$W_2 = \{0.493\ 0, 0.196\ 0, 0.311\ 0\}$$

$$W_3 = \{0.052\ 0, 0.103\ 1, 0.094\ 9, 0.052\ 9, 0.062\ 0, 0.087\ 6, 0.089\ 4, 0.031\ 9, 0.182\ 5, 0.200\ 7, 0.042\ 9\}$$

$$W_4 = \{0.130\ 0, 0.149\ 0, 0.086\ 0, 0.245\ 0, 0.095\ 0, 0.165\ 0, 0.130\ 0\}$$

$$W_5 = \{0.079\ 0, 0.082\ 0, 0.044\ 0, 0.228\ 0, 0.166\ 0, 0.090\ 0, 0.311\ 0\}$$

$$W_6 = \{0.146\ 0, 0.093\ 0, 0.490\ 0, 0.271\ 0\}$$

评语集及对应分值为: $L = \{\text{差, 较差, 中等, 良好, 优秀}\} = \{20, 40, 60, 80, 100\}$ 。其中评价等级用 L 表示, 分为 20、40、60、80、100 五个等级, 分别表示差、较差、中等、良好、优秀。设评价等级论域 $V = \{V_1, V_2, \dots, V_m\}$, 每一个等级可对应一个模糊子集, 即等级集合。

3. 建立隶属度矩阵

在构造了等级模糊子集后, 要逐个对被评事物从每个因素 $u_i (i=1, 2, \dots, p)$ 进行量化, 即确定从单因素来看被评事物对等级模糊子集的隶属度 ($R|u_i$)。通过调查问卷得到每个人对该指标各等级的打分情况, 以每个评语等级的打分人数和专家总人数的比重为隶属度, 从而建立单因素模糊综合评判矩阵。

单元素隶属度矩阵 ($R|u_i$) = $(r_{i1}, r_{i2}, \dots, r_{im})$, 对于单元素的每个等级的隶属度有 $r_{ij} = C_{ij}/c$ 。其中, C_{ij} 表示第 i 个指标选择 v_j 等级的人数, c 表示参与评价的专家总人数。

对于 p 个评价指标分别计算隶属度, 进而得到总体模糊关系矩阵。其中, 第 i 行第 j 列元素 r_{ij} , 表示某个被评事物 u_i 从因素来看对 v_j 等级模糊子集的隶属度。

$$R = \begin{bmatrix} R|u_1 \\ R|u_2 \\ \vdots \\ R|u_p \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \cdots & r_{1m} \\ r_{21} & r_{22} & \cdots & r_{2m} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ r_{p1} & r_{p2} & \cdots & r_{pm} \end{bmatrix}$$

采用三角形隶属函数, 得到指标的模糊隶属度, 结果见附表 3。

附表 3 评价指标模糊隶属度

指标层	评价等级				
	差	较差	中等	良好	优秀
城市住宅光纤覆盖率	0.000 0	0.000 0	0.080 0	0.240 0	0.680 0
公共场所无线局域网覆盖率	0.000 0	0.160 0	0.280 0	0.520 0	0.040 0
重要场所监控覆盖率	0.000 0	0.040 0	0.400 0	0.440 0	0.120 0
5G 基站数量	0.080 0	0.200 0	0.400 0	0.200 0	0.120 0
互联网用户普及率	0.000 0	0.000 0	0.120 0	0.320 0	0.560 0
移动电话普及率	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.080 0	0.920 0
研究与试验发展 (R&D) 经费比重	0.200 0	0.560 0	0.240 0	0.000 0	0.000 0
全年专利授权数	0.360 0	0.520 0	0.120 0	0.000 0	0.000 0
应用研究经费比例	0.640 0	0.200 0	0.160 0	0.000 0	0.000 0
行政单位信息化系统数量	0.120 0	0.200 0	0.520 0	0.160 0	0.000 0
行政审批网上办理率	0.080 0	0.360 0	0.440 0	0.080 0	0.040 0
政府网站点击量	0.125 0	0.333 3	0.458 3	0.041 7	0.041 7
智慧社区平台覆盖率	0.000 0	0.000 0	0.040 0	0.240 0	0.720 0
社会安全监控安装率	0.000 0	0.227 3	0.727 3	0.045 5	0.000 0
电子病历应用水平	0.000 0	0.000 0	0.136 4	0.136 4	0.727 3
网络教学比率	0.040 0	0.160 0	0.560 0	0.240 0	0.000 0
环境空气质量达标率	0.000 0	0.000 0	0.120 0	0.520 0	0.360 0
污水处理率	0.000 0	0.000 0	0.160 0	0.480 0	0.360 0
城市建成区绿化覆盖率	0.000 0	0.080 0	0.120 0	0.400 0	0.400 0
新能源汽车使用量	0.520 0	0.240 0	0.240 0	0.000 0	0.000 0
人均 GDP	0.240 0	0.560 0	0.160 0	0.040 0	0.000 0
居民人均可支配收入	0.240 0	0.280 0	0.440 0	0.040 0	0.000 0
全年进出口总值	0.600 0	0.280 0	0.120 0	0.000 0	0.000 0
居民消费价格总指数上涨	0.080 0	0.160 0	0.360 0	0.280 0	0.120 0
全年消费品零售总额	0.280 0	0.320 0	0.240 0	0.120 0	0.040 0
第三产业产值占比	0.200 0	0.520 0	0.240 0	0.040 0	0.000 0

续表

指标层	评价等级				
	差	较差	中等	良好	优秀
信息服务业增加率	0.000 0	0.240 0	0.560 0	0.200 0	0.000 0
畜牧业产值行业占比	0.000 0	0.000 0	0.200 0	0.320 0	0.480 0
藏医药产值行业占比	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.320 0	0.680 0
旅游产业占比	0.000 0	0.000 0	0.200 0	0.560 0	0.240 0
全年清洁能源产出电量	0.000 0	0.000 0	0.240 0	0.280 0	0.480 0
可再生能源综合利用率	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.681 8	0.318 2
地面光伏电站数量	0.000 0	0.000 0	0.200 0	0.400 0	0.400 0
农产品年交易额	0.000 0	0.000 0	0.080 0	0.480 0	0.440 0
少数民族高校毕业生就业率	0.000 0	0.360 0	0.360 0	0.280 0	0.000 0
公共图书馆藏书量	0.000 0	0.160 0	0.480 0	0.360 0	0.000 0
本科及以上学历人口比例	0.040 0	0.520 0	0.240 0	0.200 0	0.000 0
高校、科研院所数量	0.480 0	0.280 0	0.240 0	0.000 0	0.000 0

将 W 与各被评事物的总体模糊关系矩阵 R 进行合成, 得到各被评事物的模糊综合评价向量 B 即

$$B = W \times R = (a_1, a_2, \dots, a_p) \times \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1m} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2m} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ r_{p1} & r_{p2} & \dots & r_{pm} \end{bmatrix} = (b_1, b_2, \dots, b_m)$$

其中, b_j 表示被评事物从整体上看对 v_j 层次等级模糊子集的隶属程度。各维度权重用 $W_{v1} \sim W_{v6}$ 表示, 利用公式 $B = W \times R$ 计算出各维度模糊评价向量, 用 $B_1 \sim B_6$ 表示。

$$B_1 = [0.018 0, 0.056 0, 0.171 1, 0.226 0, 0.528 8]$$

$$B_2 = [0.368 2, 0.440 2, 0.191 6, 0.000 0, 0.000 0]$$

$$B_3 = [0.052 2, 0.133 9, 0.292 6, 0.253 9, 0.267 4]$$

$$B_4 = [0.197 8, 0.325 2, 0.320 1, 0.123 8, 0.033 2]$$

$$B_5 = [0.000 0, 0.000 0, 0.122 2, 0.438 5, 0.439 3]$$

$$B_6 = [0.149 7, 0.398 1, 0.279 8, 0.172 4, 0.000 0]$$

得到 U 对应的隶属度矩阵为

附表 4 准则层隶属度

U	差	较差	中等	良好	优秀
基础设施建设	0.018 0	0.056 0	0.171 1	0.226 0	0.528 8
资金资源投入	0.368 2	0.440 2	0.191 6	0.000 0	0.000 0
智慧民生服务	0.052 2	0.133 9	0.292 6	0.253 9	0.267 4
城市智慧经济	0.197 8	0.325 2	0.320 1	0.123 8	0.033 2
特色产业发展	0.000 0	0.000 0	0.122 2	0.438 5	0.439 3
市民人文感知	0.149 7	0.398 1	0.279 8	0.172 4	0.000 0

4. 二级模糊综合评价

模糊综合评价方法在实际运用中遵循最大隶属度原则，但在某些情况下适配度低，信息损失严重，甚至得出不合理的评价结果。本文使用加权平均求隶属等级的方法，对于多个被评事物可以依据其等级位置进行排序。

通过公式 $X = WU \times RU$ 得出 $X = [0.1159, 0.2296, 0.2643, 0.2711, 0.2435]$ 。令等级分值 $Y = [20, 40, 60, 80, 100]^T$ ，可得到最终评价得分 $Z = X \times Y = 73.396$ 。由此可得到样本整体水平处于中等和良好之间，更接近于良好。按照同样的方法，也可以得到各一级指标得分：基础设施建设 83.8342 分；资金投入 36.4680 分；智慧民生服务 71.0061 分；城市智慧经济 49.3888 分；特色产业发展 86.3428 分；市民人文感知 49.4976 分。

按照同样的方法，也可以得到各项具体指标得分。