
四川省智慧城市发展水平和路径研究

——基于自组织特征映射模型和社会网络技术的分析^{*1}

卢奕 卢东 谢至 聂姣姣

(四川师范大学商学院, 四川成都 610101)

【摘要】:智慧城市建设是一个综合性区域信息化发展过程,是在城市化与信息化融合等背景下,围绕改善民生、增强企业竞争力来促进城市可持续发展。基于 2005—2014 年智慧城市发展的相关数据,采用自组织特征映射模型与社会网络分析法对四川省 8 个城市的发展水平与发展路径进行了对比研究。研究发现,四川省智慧城市发展具有中心城市示范、特色城市协同的特点。最后,对四川乃至我国智慧城市的发展提出建设性意见。

【关键词】:智慧城市; 可持续发展; 自组织特征映射模型; 社会网络分析法

【中图分类号】:F299. 21**【文献标志码】:**A**【文章编号】:**1005—8141(2017)07—0843—06

近年来,随着我国城市化进程的快速推进,资本和劳动力向中心城市迅速流动,使大城市的“聚集效应”越来越明显,导致城市出现严重的环境污染、人口比例失衡等问题,严重影响了城市的建设和发展^[1]。面对这一问题,未来的城市需依靠信息技术提高和城市的区域创新来实现具有智能化和包容性的持久性发展^[2]。

随着智慧城市在全国范围内的快速推进,各个地区都加大了建设力度,地级及以上城市成为发展的主力军。近年来,四川省也在大力扶持智慧城市的发展,但发展中存在着一些问题,主要表现在:①四川省位于我国大陆西部,相对于东部地区,交通通达度低、经济发展相对落后、整体居民的文化素质水平低于东部发达地区,因此智慧城市发展的基础条件相对薄弱。②普遍存在“信息孤岛”现象,在智慧城市建设覆盖的诸多领域内缺乏统一的标准,不同系统之间很难完成信息的互联互通。针对以上问题,我们需要全面认识试点城市建设的发展现状,构建有效智慧城市发展的指标体系,探索适合城市资源禀赋的智慧城市发展路径和模式。

本文在构建智慧城市评价指标的基础上,运用自组织映射模型和社会网络分析对四川省智慧城市的发展水平和发展路径进行分析,总结经验,指出未来发展方向。首先,对全球主要国家的部分智慧城市的发展经验进行了初步分析研究,了解现阶段智慧城市的研究发展状况;其次,对四川省 2005—2014 年 8 个城市的社会经济发展数据进行收集与整理,建立基于通信技术、

¹ 收稿日期:2017—05—11; 修订日期:2017—06—28

基金项目:四川省教育厅科研重点项目“四川省智慧城市发展水平比较研究”(编号:16SA0014);教育部人文社会科学研究青年基金项目(编号:15XJC790008);四川省属高校科研创新团队资助项目(编号:15TD0004)资助。

第一作者简介:卢奕(1997—),女,江西省鹰潭人,本科,研究方向为市场营销。

通讯作者简介:卢东(1975—),男,四川省乐至人,博士,副教授,硕士生导师,研究领域为商业伦理、消费者行为、旅游营销。

商业发展、公共服务、人力资本和环境五个维度的智慧城市评价指标，再利用自组织映射模型与社会网络分析法衡量各城市的智慧城市发展水平，描述 10 年间的城市发展模式及其变化趋势，分析各城市的智慧城市特点，并基于各城市的特点进行差异化定位。通过对四川省智慧城市发展进行研究，可最大限度地了解影响城市发展的重要因素，指明未来各城市建设的重点和方向；第三，根据自身城市的文化环境、经济环境、政治环境和历史环境，为四川省智慧城市的建设规划和制度规划提供政策参考，从科技、信息、社会、制度不同层面进行创新，探索符合自身特色的智慧城市发展道路^[3]。

1 文献回顾

1. 1 智慧城市的定义

随着现代科技的发展，居民的生活水平已有了显著提高，现代城市基本已将城市居民、社会服务、能源系统、通讯系统、交通系统、水系统和商业连接为一个整体，形成了一个智能生态系统^[4]。作为当代城市建设理念的发展和更新，智慧城市建设是指城市建设的智慧化或智能化，面对这一“城市建设”的新理念，需要把研究视域从传统意义上的地理、行政城市扩展到具有更丰富内涵的空间。

Belissent 将智慧城市定义为一个能充分使用通讯交流技术，使自身基础设施构造和服务变得更加灵敏和有效，并能进行互动的城市^[5]。本文认为，智慧城市建设是具有综合性、区域性的信息化发展，是在信息技术发展、城市化加剧的背景下围绕改善人民生活、提高企业竞争力的发展。而智慧城市则是以物联网、云计算为技术基础，与城市现有信息化基础相结合，再加上先进的服务观念所形成的城市信息网络和信息共享智能平台。

1. 2 国内外智慧城市的发展现状

智慧城市作为可持续发展的重要手段，受到各国政府的高度重视，各国分别制定了符合本国国情的政策以推动智慧城市的发展。从全球角度来看，欧洲将智慧城市制定为一种政策，目的是将城市转型为以“创新”为核心的绿色智慧城市，着重关注通讯技术的作用，促进城市的可持续发展；北美则关注城市的理性增长，意味着城市应该在提高土地利用率的同时控制城市扩张、保护生态环境、促进城乡结合发展和提高生活水平^[6]。亚洲国家的城市则更关注先进技术的应用：例如，新加坡土地有限，发展支柱式技术如智能交通设施控制来满足人们的流动性需求；韩国的 Ucity，即通过建立公共信息交流平台以及碎片化的网络接入，消费者可使用智能化医疗、智能化教育、智能化监控等项目^[7]。

在我国，智慧城市的原始理念可追溯到数据城市。2000 年后数据城市在我国兴起，当时的数据城市重点关注于制定相关政策来促进高科技的发展。2006 年，国家测绘地理信息局开发了“数据城市与地理信息框架项目”，并在不同城市发展地理信息公众平台，江兴、钱江、太原、威海、德阳等城市都已完成了该项目，并且使用该平台来支助城市计划、公众安全、公众健康、商业、环境和旅游业发展。2013 年，我国科技部、国家标准化管理委员会公开的智慧城市试点清单中包括 37 个城市、50 个地区和 3 个城镇。一年后，100 多个地区也先后被列入智慧城市试点清单。虽然智慧城市试点工作在不断扩大，但目前我国的智慧城市发展水平还不均衡。《中国智慧城市发展水平评估报告》指出，全国智慧城市处于不同的发展水平，其中北京、上海、广州、深圳等地成为发展的领跑者^[8]。

与国外城市 and 我国沿海城市相比，四川省的智慧城市发展水平处于初级阶段，因此需要借鉴国内外标杆城市的发展经验。北京、上海、杭州、苏州、天津等发达城市形成的集群网络构架为四川省智慧城市的发展树立了标杆。为了推动全省智慧城市建设和发展，四川省发布了《关于加快西部信息网络枢纽建设的指导意见》，加快了“智慧城市，光网四川”的建设工作。“智慧城市，光网四川”建设工作以智慧产业、智慧政务与智慧民生三大板块，14 个项目为核心，大力推动四川从西部的信息中心向中西部的信息中心升级。

1. 3 智慧城市的相关研究

关于智慧城市的发展水平,国外学者开展了大量研究。Caragliu 的一项关于欧洲智慧城市表现的评估研究报告主要通过欧洲城市的资本因素、人力资本因素和社会资本因素,包括人口、教育、环境、文化、娱乐、社会、经济效益等方面,对欧洲城市的智慧水平进行了研究(数据来源于欧盟城市审计数据库)^[9]。文中提出用三重螺旋模型来分析智慧城市的表现,涉及到的指标包括公众信息管理、综合性城市资源管理以及为智慧城市的设计和管理而制定的通讯技术方案。在此之后,Caragliu 又以人力资本、人口密度、产业结构、基础设施和城市吸引力作为城市的智慧指标评估了欧盟的 94 个城市,并探讨了国家政策对评价指标所产生的影响^[10]。Kourtiti 则采取了三种不同研究方法评估城市的智慧水平:通过对比性研究对 9 个欧洲城市进行了比较,更加清晰地呈现了这 9 个目标城市在 1999—2002 年和 2003—2006 年的发展历程;通过主成分分析法确定智慧城市评价的主要指标,包括就业信息、通讯技术、人口状况、电子政务、本地政府、基础设施等;采取自组织映射分析法对不同城市的智慧水平进行定位^[5]。

综上所述,现有文献对智慧城市的发展水平进行了研究,但这些研究仅基于智慧城市评价指标对其发展水平进行评价,忽略了智慧城市发展过程中城市间的相互影响作用。在我国,政府政策对城市的发展起着相当大的影响,因此标杆型城市的智慧城市建设对其他城市的发展有着更强的示范作用。本研究运用自组织映射模型,采集智慧城市评价指标的相关数据,分析四川省代表性城市的智慧发展水平和过去 10 年(2005—2014 年)的发展路径,进一步采用社会网络技术分析在智慧城市发展中城市间的相互影响。

2 方法与数据

2. 1 方法

SOM 自组织映射模型:SOM 自组织映射模型算法是一种无导师的聚类法,它自动模拟人大脑中不同区域的神经细胞作用的不同特点。即不同区域具有不同的响应特征,通过寻找最优参考矢量集合来对输入模式集合进行分类。在保持原始拓扑结构不变的基础上,对输入方式进行自组织学习,将分类结果在竞争层表示出来。高维空间的向量经过特征抽取后可在低维空间更加清晰地表达,方便研究者探索到更多的数据和数据集间的关系^[11]。自组织映射模型的原理是通过对原始数据的分析,学习其规律性与原始数据的关系,并且更具有信息适应度的调整网络,使网络响应与原始数据相适应。通过此过程后形成相似的向量,使网络层中互相靠近的神经元对与其相似的输入向量产生反映^[11]。自组织映射模型的优点为即时学习,网络存在自稳定性,可识别出向量空间中最有价值的信息。根据需要训练的样本维数、数量建立网络,设置初始权值。其过程如下:

向量归一化:将当前输入模式向量 X 和竞争层中每个神经元相对的向量进行归一化处理,假设输入空间是 m 维,则输入向量可表示为:

$$X_i = [X_1, X_2, \dots, X_m] \dots\dots\dots (1)$$

当网络获取输入模式向量时,竞争层所有神经元相对的权向量均与其相似性进行比较,将与其最相似的内权向量判为获胜神经元。 j 的权值记为:

$$W_j = [W_1, W_2, \dots, W_m] \dots\dots\dots (2)$$

寻找获胜神经元:通过计算得出映射层的权值向量和输入向量的距离,并对比出与权值向量距离最小的神经元,与其进行比

较，将距离最小的神经元定为胜出神经元，则 X 的 BMU(最佳匹配单元) 记为 $i(X)$ ：

$$i(X) = \operatorname{argmin} |X - W_j| \quad (j = 1, 2, \dots, m) \quad \dots\dots (3)$$

网络输出与权重调整:位于其邻接的神经元和胜出神经元通过下式调整：

$$W_{i(t+1)} = W_{i(t)} + hci_{(t)} [X_i - W_i] \quad \dots\dots\dots (4)$$

式中 $(t+1)$ 表示循环往复的下一步计算， $hci_{(t)}$ 表示在信号激活状态下最佳匹配单元如何与邻接神经元进行调整。一旦训练过程结束，由两种方法可核对通过自组织映射法训练后的数据信息，首先将网络输出数据与原始样本参数进行对比，然后在每步计算中使用 BMU 来连接原始数据。

由于 SOM 自组织映射能在维持拓扑结构稳定的条件下将高维空间的样本模式有序地映射在低维输出层上，无论输入空间有多少维，都能在 SOM 输出层的某个区域得到响应，通过特征抽取后在低维空间展现的向量更清晰明了。

社会网络分析法:社会网络分析法通过形成参与者交往关系的模型，描绘群体关系的结构图，并研究它对群体的功能、群内个体之间的影响。此类研究关系结构的分析方法是基于人类学、社会学、信息科学等众多领域发展起来的^[6]。社会网络分析是根据集群组织中个体的形成模型，分析这类关系与个体行为间的交互作用，一般采用网络图和邻接矩阵来描述多个个体间的复杂关系。本研究采用个体网络分析法来研究四川省智慧城市间的关系和相互影响作用^[11]，将原始数据整理为关系矩阵，包含不同时期的试点城市所有指标对应的数据。随机变量 Y 与 W 满足以下关系， ε 为误差。

$$Y = \alpha WY + \beta X + \varepsilon \quad \dots\dots\dots (5)$$

式中，因变量向量 Y 是由于单个属性变化结果的变量构成； W 是各因变量之间的影响矩阵； α 是因变量之间相关程度的参数； X 是有关个体属性变量组成的自变量矩阵，这里的随机误差 ε 与 X 之间彼此独立。

在观察由社群图和矩阵所突显的关系数据特性的基础上，采用 UCINET 软件对其进行描述性统计，如网络密度、凝聚子群分析等，对发展不同阶段的试点城市进行比较，呈现城市间的相互影响力。

2. 2 指标与数据来源

相关指标:一般情况下，不同城市在各个方面的发展均有所差异，因此城市发展水平需要从不同维度进行分析，如经济水平、商业发展、生活便利性等。本次研究选取了四川省 8 个具有代表性的城市，从四川省各城市的统计年鉴和信息网站收集了大量有关智慧城市表现特征指标的相关数据分析 2005—2014 年各城市的智慧发展水平，主要目标城市为成都、绵阳、德阳、宜宾、乐山、巴中、攀枝花、泸州。

由于目前没有相对标准的智慧城市概念和相关的测量指标，为了能更准确地对智慧城市进行评价并较清晰地展示城市群网络，我们建立了能较全面反映城市智慧特征的指标。在城市的智慧特征上，不同学者提出了不同的观点:Zapater 认为，智慧城市往往在经济、人口、政府、环境、迁移率和生活水平上表现良好^[12]；Lombardi 提出，智慧城市应该在经济、迁移率、环境、人口、生活水平和电子政府方面更加智能化^[13]；Kourtit 从多方面探讨了欧洲智慧城市的指标，包括人口、社会、经济、教育、

环境、交通、文化、信息社会、公民参与率等^[14]；Allwinkle 提到解决有关智慧城市居民、交通、通讯、商业、能源、水资源、城市服务等方面的问题^[2]；Chourabi 归纳了影响智慧城市发展的 8 个因素：经济、技术、政府、组织管理、政策背景、公共社区、建筑结构和自然环境 [9]；Lu 等从通讯、商业、环境、人力资本和公共服务 5 个维度对中国智慧城市发展水平进行了比较研究^[15]。他们所选取的智慧城市指标能够较好地反映我国智慧城市发展水平，因此本研究也借鉴 Lu 的研究成果。

依据 Lu 的研究，智慧城市评价指标包括通讯、商业、环境、人力资本和公共服务 5 个维度^[15]。本文将进一步根据这 5 个维度对四川的 8 个目标城市进行分析。由于我国大多数城市包括四川省在内的城市发展受政府政策的推动和影响，因此需要进一步研究每个维度中的具体指标。

目标城市的五大维度和相应的指标为(表 1)：①通讯技术。任何城市的智慧性都基于信息通讯技术，早期试点城市的通讯基础设施在世界范围都内具有一定影响力(如移动技术、连接设备和网络平台)。本研究主要采用互联网用户和移动手机用户两个指标。②商业发展。虽然智慧城市并不只是寻求经济增长，但不可否认的是经济的可持续发展和知识技术是智慧城市的两个重要组成部分。因此，我们使用人均 GDP 和第三产业占比来评价城市的商业表现。选择人均 GDP 作为研究指标是因为 GDP 总量不能反映公众利益，选择第三产业占比作为研究指标是因为服务产业能展示出四川省的商业创新能力。③人力资源。人力资源问题如信息消费、终身学习、文化设施等都是智慧城市的重要组成部分。一个智慧城市应该能吸引高学历的专业人士，并且也是文化多样性的象征。这些由智慧城市提供的综合性知识密集型活动应该提倡知识分享、鼓励创新。本研究采用第三产业就业占比和以前学者经常使用的公共图书馆藏书量(册/100 人)作为指标来展示信息消费和终身的学习程度。④环境问题。环境问题与城市发展有关。本研究使用居民用水量、城乡居民耗电量和人均绿化率来测算智慧城市的环境因素，这些指标也为以前的研究者采用。⑤公共服务。公共服务主要反映智慧城市发展水平。智慧城市的公共服务表现为两个方面：一是科技和教育投入是智慧城市发展的重要构成部分，二是现有研究表明智慧城市应该能合理分配城市基础设施资源。本研究采用三个指标来衡量公共服务水平，分别为科技投入(万元)、人均道路面积(m²)、教育投入(万元)。

表 1 智慧城市评估指标

维度	指标
通讯技术	互联网用户、手机用户(家庭)
商业发展	第三产业 GDP 占比、人均 GDP
公共服务	科技投入、教育投入、人均道路面积
人力资源	第三产业就业占比、公共图书馆藏书量
环境问题	居民用水量、城镇居民耗电量、人均绿化面积

3 四川省城市智慧发展水平与路径分析

本文选取成都、绵阳、德阳、宜宾、乐山、巴中、攀枝花、泸州等 8 个代表性城市来分析四川省智慧城市发展水平和发展路径。所有数据均来自这些城市统计局 2005—2014 年发布的统计年鉴资料，其中部分数据来自于工业、农业、第三产业、教育文化年鉴。

3. 1 自组织映射模型分析

采用 SOM 自组织映射模型法研究 2005—2014 年四川省代表性城市的智慧发展水平。自组织映射模型中的训练参数见表 2。

表2 自组织映射模型分析中的技术参数

α 最大值	10	学习率最小值	0.01
α 最小值	2	循环	100
下降率	0.1	X 神经数	20
学习率最大值	0.1	Y 神经数	20

自组织映射模型将展示四川省智慧城市在 2005—2009 年和 2010—2014 年两个五年发展期间的水平变化(图 1 和图 2)。

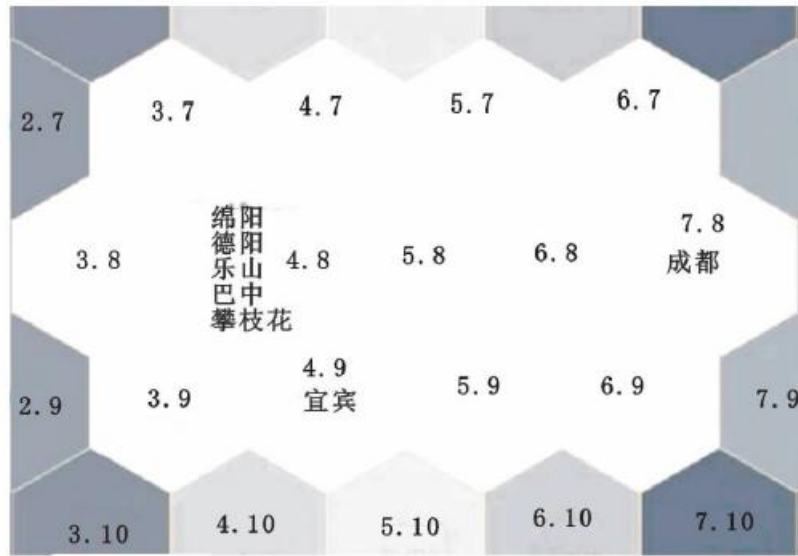


图1 2005—2009 年四川省目标城市智慧发展水平



图2 2010—2014 年四川省目标城市智慧发展水平

从图 1 可见 2005—2014 年四川省智慧城市的发展水平以及两个五年期间的变化。自组织映射模型是由颜色不同深浅的六边

形区块组成，由浅至深。颜色越深，智慧城市的排名越靠前。从图 1 可见，早期(2005—2009 年)，绵阳、乐山和成都在智慧城市发展水平上低于德阳、宜宾、巴中、攀枝花和泸州。但是通过对比图 1 和图 2 可清晰地发现，成都市由图 1 的浅色区块快速移动到图 2 的深色区块，说明成都市在智慧城市水平上非常迅猛；绵阳和乐山从图 1 的浅色区块移动到图 2 的较深色区块，与德阳、巴中、攀枝花的水平相同，说明绵阳和乐山的智慧城市水平有了一定的提高；德阳、巴中和攀枝花则仍保持在图的右边，位置和区块颜色并没有发生变化，说明这些城市的智慧水平停滞不前；宜宾所在的区块位置虽然发生了改变，但是区块颜色深浅并没有变化，因此其智慧城市水平没有提高。从图 2 可见，近期(2010—2014 年)全省具有代表性的智慧城市发展水平状况。成都市已处在深色区块，超过全省其他城市，成为智慧城市发展水平的领头羊。

3. 2 社会网络分析法分析

自组织映射技术虽然能直观呈现各城市的智慧城市发展水平，但并不能展现这些城市发展模式异同及其变化趋势。本文进一步采取社会网络技术来分析全省代表城市的智慧城市发展模式是否存在相似之处，以及近十年间的变化趋势。2005—2009 年、2010—2014 年这两个阶段四川省的智慧城市子群分析结果分别见图 3 和图 4。每个图包含了 3 个子群。从图 3 可见，早期(2005—2009 年)，成都和德阳都有着各自的智慧城市发展模式。绵阳、巴中、泸州、宜宾、攀枝花和乐山聚类为一个子群，表明这些城市在智慧城市发展模式上有着相似之处，但这三类子群相距较远，说明各自有着鲜明的特点。近期(2010—2014 年)，成都、乐山、绵阳和攀枝花聚类为一个子群，泸州和宜宾聚类为一个子群，巴中和德阳则聚类为一个子群(图 4)。从图 4 可见，成都市在智慧城市发展水平上后来居上，位于全省前列，起着很强的示范效应，吸引着乐山、绵阳和攀枝花这些城市效仿；由于泸州和宜宾的产业特征相似(如白酒)、地理位置相近(长江沿岸)，因此在智慧城市发展上有着共同的特征；巴中和德阳虽然同在一个子群，但两者之间相距较远，说明两座城市在智慧城市发展上虽然有着一定的共性，但在发展模式上具有各自的特点。

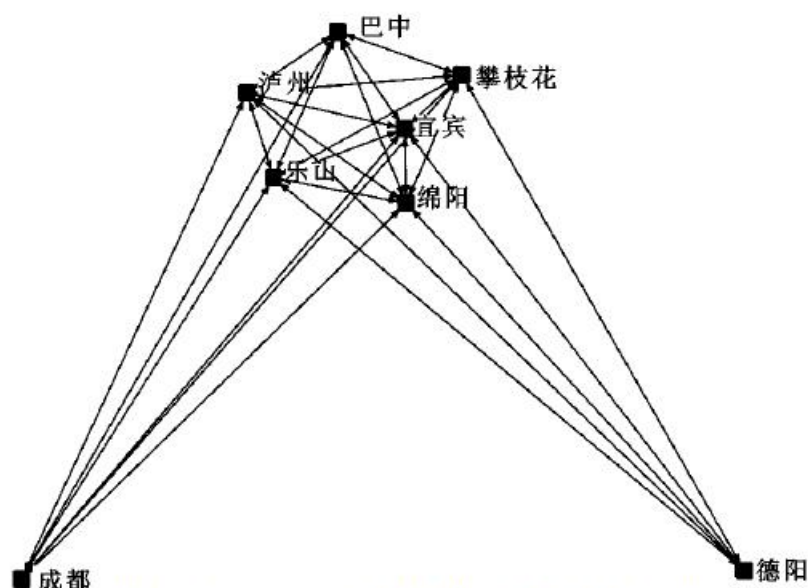


图 3 2005—2009 年四川省智慧城市集群网络

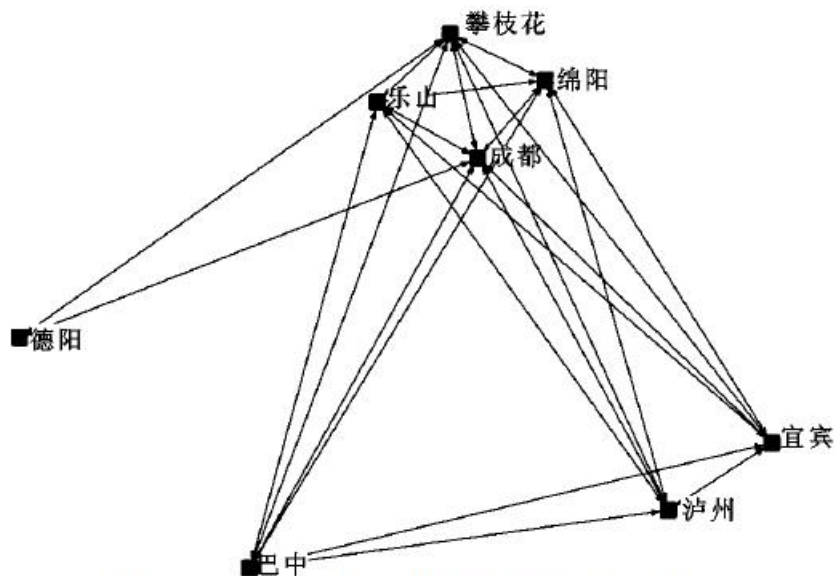


图4 2010—2014 年四川省智慧城市集群网络

4 结论与建议

本文基于通讯技术、商业发展、人力资源、环境问题和公共服务 5 个维度的相关指标，运用自组织映射模型分析法、社会网络分析法分析了四川省智慧城市的智慧发展水平、发展模式和相互影响力。研究结果表明：2005—2014 年，成都市的智慧水平发展迅速，绵阳和乐山也有一定程度的提高，但其他城市发展相对缓慢；先进城市的智慧发展具有示范效应，成都市的智慧发展带动和吸引了攀枝花、绵阳和乐山的发展，这些城市的智慧发展具有一定的共性；产业特征和地理位置相似的城市在智慧城市发展模式上也具有一定程度的相似性，泸州和宜宾在智慧城市的发展上相互协同、相互促进，形成了具有鲜明地方特征的智慧城市发展模式。

在智慧城市发展模式上，我们建议一方面要通过推广试点城市的智慧发展经验，全面推进全国的智慧城市建设；另一方面为了避免智慧城市的同质化发展，各个城市还需结合本地城市的资源禀赋，实现智慧城市的地方化特色。实际上，我国第一批试点城市名单的公布就意味着政府部门已经认识到试点城市的发展经验对全面建设智慧城市的重要意义，因此我国有关部门应高效率地推动试点城市的发展，通过对试点城市发展模式的探索、总结，提炼经验教训，以此建立创新的城镇化发展模式，推动其他城市的发展。2016 年国家住建部、发改委、财政部联合发布的《关于开展特色小镇培育工作的通知》中明确要求，在 2020 年前要培育出 1000 个特点鲜明、具有发展动力的特色小镇，这就要求各省市在建设智慧城市时应结合地方特色，因地制宜、因地制宜，形成具有鲜明特色的地方经济文化，走特色协同化发展道路，避免智慧城市的雷同发展。

参考文献：

- [1] Abdoullaev A. Keynote: A Smart World: A Development Model for Intelligent Cities [C]. Proceedings of the 11th IEEE International Conference on Computer and Information Technology (CIT), 2011.
- [2] Allwinkle S, Cruickshank P. Creating Smart — Er Cities: An Overview [J]. Journal of Urban Technology, 2011, 18(2) : 1 — 16.
- [3] 辜胜阻, 杨建武, 刘江日. 当前我国智慧城市建设中的问题与对策 [J]. 中国软科学, 2013, (1) : 6 — 12.

-
- [4] Berry CR, Glaeser EL. The Divergence of Human Capital Levels Across Cities [J]. *Papers in Regional Science*, 2005, 84(3) : 407 — 444.
- [5] Bélissent J. Getting Clever About Smart Cities: New Opportunities Require New Business Models[M]. Cambridge, MA, USA. Forrester Research. Inc. , 2010.
- [6] Hollands RG. Will the Real Smart City Please Stand Up? Intelligent, Progressive or Entrepreneurial? [J]. *City*, 2008, 12(3) : 303 — 320.
- [7] Deakin M, Al Waer H. From Intelligent to Smart Cities [J]. *Intelligent Buildings International*, 2011, 3(3) : 140 — 152.
- [8] 贺小花. 2013 我国智慧城市试点建设现状分析 [J]. *中国公共安全(学术版)*, 2014, (Z1) : 92 — 98.
- [9] Caragliu A, Del Bo C, Nijkamp P. Smart Cities in Europe [J]. *Journal of Urban Technology*, 2011, 18(2) : 65 — 82.
- [10] Caragliu A, Del Bo C. Smartness and European Urban Performance: Assessing the Local Impacts of Smart Urban Attributes [J]. *Innovation: The European Journal of Social Science Research*, 2012, 25(2) : 97 — 113.
- [11] Torres L, Pina V, Acerete B. E — government Developments on Delivering Public Services among Eu Cities [J]. *Government Information Quarterly*, 2005, 22(2) : 217 — 238.
- [12] Marina Z, Cesar S, Ayala JL, et al. Ubiquitous Green Computing Techniques for High Demand Applications in Smart Environments [J]. *Sensors*, 2012, 12(8) : 10659 — 10677.
- [13] Patrizia L, Silvia G, Hend F, et al. Modelling the Smart City Performance [J]. *Innovation: The European Journal of Social Science Research*, 2012, 25(2) : 137 — 149.
- [14] Kourtiti K, Nijkamp P, Arribas D. Smart Cities in Perspective——A Comparative European Study by Means of Self — organizing Maps [J]. *Innovation: The European Journal of Social Science Research*, 2012, 25(2) : 229 — 246.
- [15] Lu D, Tian Y, Liu VY, et al. The Performance of the Smart Cities in China——A Comparative Study by Means of Self — organizing Maps and Social Networks Analysis [J]. *Sustainability*, 2015, 7 (6) : 7604 — 7621.