

智慧城市评估体系的研究与构建*

郭曦榕^{1,2}, 吴险峰³

(1. 北京大学地球与空间科学学院遥感所, 北京 100871; 2. 成都信息工程学院, 四川 成都 610041;
3. 四川行政学院计算机工程教研部, 四川 成都 610072)

摘要:智慧城市是一项复杂的系统工程, 不仅需要规划、建设、运营管理, 而且还需要评估、优化调整等环节来保证智慧城市建设的前瞻性、合理性、有效性和高效性。针对目前国内智慧城市建设过程中存在盲目建设、实际效果不显著等问题, 在研究智慧城市组成诸要素及其关系的基础上, 对智慧城市的评估体系进行理论探索, 提出了构建以智慧城市评价指标体系、评估方法和优化策略为核心的智慧城市评估体系的方法, 并通过实例证明该方法的可行性。

关键词:智慧城市; 要素; 评估体系; 评价指标; 指标值; 指标权重

中图分类号: TP393

文献标志码: A

doi: 10.3969/j.issn.1007-130X.2013.09.028

Research and construction of smart city evaluation system

GUO Xi-rong^{1,2}, WU Xian-feng³

(1. School of Earth and Space Science, Peking University, Beijing 100871;

2. Chengdu University of Information Technology, Chengdu 610041;

3. Computer Engineering Department, Sichuan Administration College, Chengdu 610072, China)

Abstract: Smart city is a complex systematic engineering. It not only needs planning, constructing, managing and running, but also requires evaluating, optimizing and adjusting, in order to keep the smart city construction prospective, reasonable and effective. According the problems such as the blind construction and the unsatisfied results during the process of the smart city construction, we carry on the theoretical exploration about smart city evaluation system based on studying the indexes included in smart city and relation among them, and further propose the method of the smart city evaluation system. The core of the method is the smart city evaluation indexes system, evaluation method and optimization strategy. At last, the feasibility of the method is proved by an example.

Key words: smart city; factor; evaluation system; evaluation index; index value; index weight

1 引言

智慧化是未来城市发展的基本趋势, 也是城市数字化向更高层次的发展。智慧城市能够提高人与物、人与人、物与物之间交互的精确性、高效性和直观性, 实现虚拟空间和现实空间的同步互动, 同时依据海量信息能够挖掘出城市各组成系统间的

联系、规律和趋势, 提出行之有效的决策、方法和行动。目前, 美国、瑞典、爱尔兰、德国、法国, 以及亚洲的中国、新加坡、日本、韩国等很多国家已经开始了智慧城市的建设。我国的智慧城市建设刚刚起步, 许多城市都在积极开展智慧城市建设, 随着 2012 年 4 月中国工程院将北京、西安、杭州、武汉、宁波五大城市确立为“中国智慧城市”试点城市, 以及“两化融合”、“五化并举”、“三网融合”等战略部

* 收稿日期: 2012-08-27; 修回日期: 2012-11-13

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(61071121)

通讯地址: 610041 四川省成都市人民南路四段九号中国科学院成都山地灾害与环境研究所 吴险峰

Address: China Institute of Mountain Hazards and Environment, CAS, 9, Block 4, Renmin Rd South, Chengdu 610041, Sichuan, P. R. China

署的实施,利用物联网、云计算、宽带网络技术等最新技术推进智慧城市建设与发展将成为我国城市信息化建设的主要内容。

智慧城市作为一项复杂的系统工程,不仅需要规划、建设、运营管理等环节而且需要评估、优化调整等环节,从而实现智慧城市建设全过程的监管,保证智慧城市建设的前瞻性、合理性、有效性和高效性。随着我国智慧城市建设项目的相继启动,一些研究机构也针对智慧城市建设的评估开展了研究,并根据各自的视角制定了相应的智慧城市评估指标体系。但是,由于智慧城市建设的复杂性和长期性,使得目前对智慧城市建设的评估研究仅停留在建立评价指标体系对智慧城市建设进行定性评估的层面,尚未形成一个涵盖规划、建设、管理决策、运营诸环节的完整的、动态的、定量的闭环评估体系。本文以智慧城市的内涵为立足点,针对目前我国智慧城市建设中存在的问题,在研究智慧城市组成诸要素及其关系的基础上,研究并构建以智慧城市评价指标体系、评估方法和优化策略为核心的智慧城市评估体系。

2 智慧城市的定义

智慧城市在从概念走向应用的过程中,社会各界及相关学者从不同的角度对智慧城市进行了不同的定义,其中具有代表性的是从企业、科研和政府管理的视角对智慧城市的定义。例如:

IBM 公司认为智慧城市是其提出的“智慧地球”概念在城市区域的引伸,并将智慧城市定义为:可以充分利用所有今天可用的互联化信息,从而更好地理解和控制城市运营,并优化有限资源的使用情况的城市。

两院院士李德仁认为:智慧城市是在数字城市的基础上,通过物联网将现实世界与虚拟数字世界进行有效的融合,建立一个可视、可量测、可感知、可控制的智能化城市管理运营机制,以感知现实世界中人和物的各种状态和变化,并由云计算中心完成其海量和复杂的计算与控制,为城市管理和公众提供各种智能化的服务。简而言之,智慧城市就是数字城市、物联网与云计算三者的结合体,它是智慧地球的重要组成部分^[1]。

中国电子信息产业发展研究院赵刚认为:智慧城市就是城市基础部件被赋予智能,通过网络实现互联互通,在此基础上,城市所有事物、流程、运行方式都更深入地智能化,从而促进民众生活便利与

经济发展,提升政府效率,增强城市竞争力、实现城市可持续发展先进的城市发展理念^[2]。

综上所述,智慧城市应具备全面感知、充分互联、有效整合,协同共享、开放应用的特征,因此本文认为“智慧城市是通过互联网将分散在物理世界中的智能传感器连接起来,实现对现实城市的物理实体无处不在的全面感知;利用云计算实现海量感知信息与空间信息的智能化处理、计算和分析,实现城市的数字化空间与实体空间的同步融合,并根据城市的各种需求(如政务、环境、公共安全、民生等)采用不同的智能化策略做出响应和决策支持”。

3 智慧城市的组成要素

我国著名系统学家钱学森从系统的观点,把城市概括为:以人为主体的,以空间和自然环境的合理利用为前提,以积聚经济效益和社会效益为目的,集约人口、经济、科技、文化的空间地域大系统。而智慧城市应以物理上客观存在的城市为基础,体现城市以人为本、智能运行的理念。因此,智慧城市的组成要素不仅要考虑城市的组成要素,同时也要考虑城市能够实现智能运行的要素。

目前,对智慧城市的组成要素存在不同的划分方法,可具有代表性地分别概括为“三要素”、“四要素”和“五要素”。其中,“三要素”是指环境、信息与运营;“四要素”是指人、土地、信息和资本;“五要素”是指城市部件、信息网络、业务应用平台、海量数据和劳动者。这三类划分方法中,“三要素”法不够全面,没有包含城市主体——人这一要素;“四要素”法的土地和资本要素没有充分体现智慧城市的丰富内涵;“五要素”法过多强调了信息要素,而忽略了智慧城市的运营。

本文以真实城市的构成要素及其相互关系为基础,结合智慧城市的内涵与应用服务,提出智慧城市的四个组成要素,即:人、环境、信息和产业。

(1)要素“人”。人不仅是城市的主体,也是智慧城市最终服务的目标。人既是智慧城市中数据、信息和知识的使用者,也是数据、信息和知识的采集者、发布者和制造者。

(2)要素“环境”。环境是指城市智慧化建设和发展的空间,包括自然环境、社会环境和人文环境。

(3)要素“信息”。信息是智慧城市智慧化运行的基础,包括与信息的采集、处理、发布、传播、应用、运营等相关的硬件基础设施(网络基础设施、终端、存储设备等)、软件基础设施(开发环境、基础软

件等)和各类应用系统等。

(4)要素“产业”。产业是连接智慧城市各组成部分的纽带,是带动智慧城市智能化运行的链条,包括与城市智能化运行相关的所有产业领域。

4 智慧城市评估体系的组成框架

智慧城市评估体系是指涵盖智慧城市各组成要素的、能够对智慧城市建设情况进行全过程的定性和定量评估的原则、标准、方法、流程、技术、结果发布、政策保障等。概括起来,主要包括智慧城市评估指标确立原则、智慧城市评价指标体系、评估方法、评估反馈机制、政策保障、评估组织机构保障六个部分,其组成架构如图1所示。

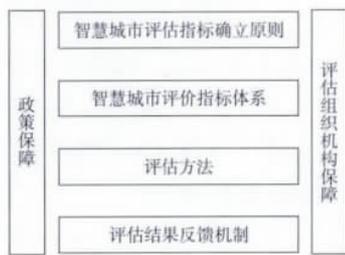


Figure 1 Framework of smart city evaluation system

图1 智慧城市评估体系框架

5 智慧城市评估体系的构建

5.1 智慧城市评估体系的构建原则

(1)客观性原则。保证评估体系的客观公正,不人为地为达到指定的目标而构建评估体系,保证数据来源的可靠性、准确性和评估方法的科学性。

(2)系统性原则。评估体系的各个部分以及评价指标体系中各层次的内部或指标之间,应建立一种清晰的相互连锁关系,使其具备普遍性,以便能进行横向对比和按同一标准进行统计评估,制定决策进行及时修正。

(3)有效性原则。所构建的评估体系必须与所评估对象的内涵与结构相符合,能够从本质上真正反映城市的智慧化水平。

(4)可比性原则。评估内容都确定且可以比较,每个指标的含义、量化方法和依据、时间和适用范围均需明确,以确保评价结果能够进行横向与纵向比较,以便更好地了解 and 把握不同城市(或者同一城市在不同发展阶段)信息化的实际水平和变化趋势。

(5)可持续性原则。评估体系既要满足对智慧

城市的现状(即城市基础设施先进度和智慧化应用状况)的评估,又要满足对城市推进智慧化发展过程的评估,评估指标既要有静态指标,也要有动态指标,不仅可以反映城市智慧化的现状,也可以反映城市智慧化的未来趋势,同时,指标应具有开放性和可调整性,应能够根据城市所处的不同发展阶段对评估指标进行适当调整。

5.2 智慧城市评价指标体系的构建

智慧城市评价指标体系由结构和评价标准两部分组成。其中“结构”是评估方对智慧城市的系统认识,这种认识与评估视角的主题相关联,形式上指标体系的结构一般分2~3层次(即有一~三级指标),底层是具体的评价性指标,而上层是对智慧城市的某一领域的一种系统分解。确立智慧城市评价指标体系要以智慧城市评估体系的构建原则为前提,以智慧城市的内涵、特征、组成要素、建设目标和建设模式为基础,对影响智慧城市的建设效果的因素进行整合、分类、分级,按照金字塔形状构建层次型评价指标体系。通常,金字塔的“塔尖”是评估目标,即智慧城市建设的效果;塔尖下的层数根据评估要素间隶属关系和并列关系进行分层,分别为一级指标、二级指标等,越靠近塔基指标级数越高;位于“塔基”的指标是评价指标体系的最小单位。由于对智慧城市建设影响因素的整合、分类方法和侧重点各不同,所以构建的智慧城市评价指标体系也存在差异,目前国内外采用的智慧城市评价体系主要有以下几种:

(1)欧盟的智慧城市评价指标体系。该体系由六个评估要素组成,即经济(Economy)、人口(People)、政务(Governance)、移动性(Mobility)、环境(Environment)和生活(Life),6个要素进一步划分为33个一级指标、74个二级指标。其中,经济要素、人口要素和生活要素分别分为7个一级指标;政务要素、移动性要素和环境要素分别分为四个一级指标。

(2)IBM公司的智慧城市评价指标体系。IBM公司的评价指标体系分为智慧城市网络互联领域、城市智慧产业领域、城市智慧服务领域和城市智慧人文领域四个评估要素。其中,网络互联领域和城市智慧人文领域分别包括五个指标项;城市智慧产业领域包括七个指标项;城市智慧服务领域包括四个指标项。该指标体系由四个评估要素和21个评价指标构成。

(3)CSIP的智慧城市评价指标体系。软件与

集成电路促进中心(CSIP)的评价指标体系分为智慧设施、智慧应用、智慧产业和智慧保障四个评估要素,并将其作为一级指标,在此基础上对一级评价指标进行细化分层和再分类,设置了18个二级指标和58个测评要点(三级指标)。

(4)贝尔信公司的智慧城市评价指标体系。贝尔信公司的指标体系分为智慧城市基础设施、智慧城市公共管理和服务、智慧城市信息服务经济发展、智慧城市人文科学素养、智慧城市市民主观感知等五个维度,包括19个二级指标、64个三级指标。

(5)其他。湖北邮电规划设计有限公司将智慧城市评价指标体系总体划分为泛在网络、智慧应用、公共支撑平台和价值实现四个维度。其中,泛在网络维度包括3个二级指标、10个三级指标;智慧应用维度包括10个二级指标、27个三级指标;公共支撑平台维度包括3个二级指标;价值实现维度包括3个二级指标、12个三级指标;该指标体系共包括19个二级指标、57个三级指标。

此外,由于智慧城市建设没有统一的标准和模式,各城市需要按照各自的特点具体分析,结合本城市的实际情况制定智慧城市的发展目标和设计智慧城市的评价指标体系。

5.3 智慧城市的评估方法

智慧城市的评估是在已经确立了智慧城市评价指标体系的前提下,以信息化评估理论和方法为依据对智慧城市的建设与发展进行评估。由于智慧城市是一项立足实际、面向未来的工程,需要更能直观反映被评估对象在信息技术应用发展上的水平的评价方法,因此综合指标评估法是目前智慧城市评估的主流方法,通常采用综合指数的形式进行测度。

综合指标评估法的核心由评估指标、指标的处理方法和综合指数的测算模型三部分构成。具体表现为建立评价指标体系的方式、指标数据标准化处理方法和综合指数测算的定权方法。

(1)数据处理方法。数据处理的方法与指标数据类型有关,常用的方法是对客观的统计数据(或主观的评分)处理。由于综合指数是按照测算模型将评价指标数据最终合成一个指数,所以为了便于拟合要对不同量纲的指标(包括主观评分)进行统一测度量纲。基本方法是用效益指标对指标进行无量纲化处理,所谓效益型即表示指标值越大越有利于系统正向发展,用分段函数表示为:

$$U_i = \begin{cases} 0, & u_i \leq a_i \\ \frac{u_i - a_i}{b_i - a_i}, & a_i \leq u_i \leq b_i \\ 1, & u_i \geq b_i \end{cases}$$

其中, U 是统一测度量纲后的指数, U_i 是指标值, $u_i \in [a_i, b_i]$ 。

(2)综合指数模型。综合指数模型的关键是确定指标权重的方法,如:主成分分析法、灰色测度法和神经网络法等。智慧城市的综合评估指数模型一般采用逐项分层加权的指数求和方法,即:智慧城市评估总指数为:

$$H = \sum_{i=1}^n W_i \left(\sum_{j=1}^m W_{ij} * U_{ij} \right)$$

其中, H 为智慧城市发展水平评价总指数的得分, n 为智慧城市发展水平构成的分领域要素个数, m 为智慧城市发展水平第*i*个构成要素的评价指标个数, U_{ij} 为第*i*个构成要素的第*j*项指标标准化后的值, W_i 和 W_{ij} 为对应构成要素和指标的权重。

5.4 评估结果反馈机制

智慧城市的评估结果反馈机制是指根据评估结果,对指标评价体系中各项指标的得分值进行逐项分析,根据分值的高低,找出参评智慧城市建设中的薄弱环节,提出相应改进方法和策略并应用于下一阶段智慧城市建设的 workflows。同理,也可以根据指标的得分值总结归纳出智慧城市建设中的可借鉴、可推广的经验和方法,用于提升智慧城市建设的水平。

5.5 评估保障

评估保障是指保证智慧城市建设、管理和运营顺利进行并能不断完善的政策、标准规范以及安全保障机制,包括智慧城市建设过程中需要的组织机构保障和政策保障。具体是指建立或指定专业评估机构、建立定期评估的制度、验收制度,并建立监督机制保障智慧城市建设过程中出现的问题能够及时修正整改。

6 智慧城市评估的实现

智慧城市的评估通常由专门的机构或部门组织实施,评估的流程分为:制定智慧城市评价指标体系、选用评估指数模型、数据收集与处理、权重确定、计算评估结果、评估结果可视化展示和评估结果分析等几个部分。

本文采用贝尔信公司的智慧城市评价指标体系,通过基于专家打分的模糊层次分析法对攀枝花

市智慧城市发展水平进行评估。具体步骤为:

(1)评价指标体系定义。将智慧城市评价指标体系的一级指标、二级指标和三级指标分别划分为准则层、因素层和措施层,评估的结果为目标层。其中,目标层指标为最终评估指数指标,准则层每个一级指标分别对应若干个二级指标,以此类推,因素层每个二级指标又分别对应若干个三级指标,措施层三级指标由具体评估项组成。通常评估项为专家评审表中对应的评估项。本文采用的评价指标体系下设5个一级指标、19个二级指标和64个三级指标,其层次结构如图2所示。

本文将指标 F 定义为:

$F = \{ \langle Value, Weight \rangle | Value, Weight \in [0, 1] \}$ 其值由指标值和权重值两部分组成,其中 $Value$ 表示指标值,其取值范围为 $[0, 1]$; $Weight$ 表示权重值,权重是一个指标相对于另一个指标的重要性程度,取值范围为 $[0, 1]$ 。 $Value$ 和 $Weight$ 称为指标的域,定义引用运算符“.”,则“指标. $Value$ ”和“指标. $Weight$ ”分别为该指标的指标值和权重值。智慧城市评估结果 Z 的取值含义如表1所示。

Table 1 Evaluation result meaning of smart city

表1 智慧城市评估结果含义

取值范围	智慧化程度
[0,0.1]	很低
(0.1,0.2]	低
(0.2,0.4]	较低
(0.4,0.6]	中等
(0.6,0.8]	较高
(0.8,0.9]	高
(0.9,1]	很高

指标间相对重要性取值的具体含义如表2所示。

Table 2 Meaning of relative importance among factors

表2 指标相对重要性取值的含义

取值	含义
0.1	极不重要
0.2	很不重要
0.3	明显不重要
0.4	稍微不重要
0.5	同等重要
0.6	稍微重要
0.7	明显重要
0.8	很重要
0.9	极端重要

(2)措施层指标值收集与计算。措施层三级指标通常以专家打分表或问卷调查表的形式发放给专家进行打分,打分表或问卷需给出每个问题对应的满分分数。评估时根据收集回来问卷样本的打分情况和份数进行措施层指标值计算,通常采用去掉最高分和最低分,其余得分值的平均值作为措施层各指标的指标值。

(3)因素层指标值收集。根据措施层三级指标的计算结果,按照指标评价体系中与二级指标的对应关系进行因素层指标值归类,并将每个三级指标的权重设定为相同权重,即权重值为1。然后对措施层指标的得分进行归一化处理(指标得分加权/指标满分),保证措施层指标的指标值取值在 $[0, 1]$,即措施层指标的指标值=该指标的实际得分/该指标的应得满分。

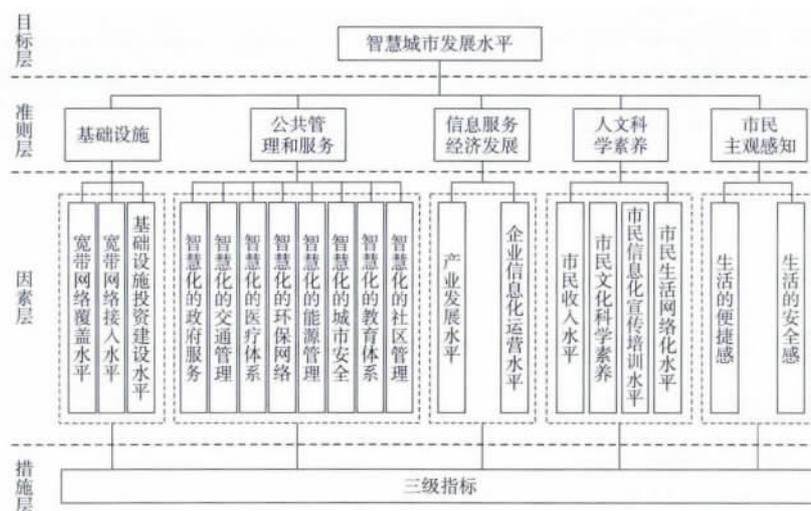


Figure 2 Evaluation factor system of smart city

图2 智慧城市评价指标体系

(4)因素层指标的权重值计算。分别定义因素层各指标的措施层指标相对重要性评分表。按照该评分表构造判断矩阵 M , 根据判断矩阵通过方根法计算各因素层指标对应的措施层指标的权重值。设判断矩阵的元素为 a_{ij} , $1 \leq i, j \leq N$ ($N=1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8$), 则权重计算公式为:

$$Z_{nk}.Weight = \frac{\left(\prod_{j=1}^N a_{kj}\right)^{\frac{1}{N}}}{\sum_{i=1}^N \left(\prod_{i=1}^N a_{ij}\right)^{\frac{1}{N}}} \quad (1)$$

其中, $n=1, 2, 3, 4, 5; k=1, 2, 3, \dots, N$ 。

(5)准则层指标的计算。因素层指标的指标值由其下层指标综合而来,它是措施层指标的指标值加权和,如下所示:

$$Z_i.Value = \sum_{j=1}^N Z_{i,j}.Weight \times Z_{i,j}.Value \quad (2)$$

其中, $i=1, 2, 3, 4, 5; N=2, 3, 4, 5, 6, 7, 8$ 。

按照步骤(3)的方法计算准则层指标的权重值。

(6)目标层评估结果计算。根据各个指标的综合影响,经过上述得到了基础设施、公共管理和服务、信息服务经济发展、人文科学素养和市民主观感知等准则层指标的评价值和权重值,它们综合了对智慧城市发展诸方面的评估,智慧城市发展评估值 Z 即为这五个准则层指标评价值的加权和:

$$Z = \sum_{i=1}^5 Z_i.Weight \times Z_i.Value \quad (3)$$

(7)评估结果。将调查数据按照步骤(3)到步骤(5)的流程进行计算,得到准则层各指标的指标值和权重值,如表3和表4所示。

Table 3 Index values of factor level index

表3 因素层各指标的指标值

因素层指标名称	指标值	因素层指标名称	指标值
宽带网络覆盖水平	0.824	智慧化的社区管理	0.821
宽带网络接入水平	0.661	产业发展水平	0.676
基础设施投资建设水平	0.803	企业信息化运营水平	0.608
智慧化的政府服务	0.768	市民收入水平	0.504
智慧化的交通	0.415	市民文化科学素养	0.832
智慧化的医疗体系	0.244	市民信息化宣传培训水平	0.612
智慧化的环保网络	0.287	市民生活网络化水平	0.753
智慧化的能源管理	0.688	生活便捷感	0.623
智慧化的城市安全	0.816	生活安全感	0.804
智慧化的教育体系	0.783		

Table 4 Weight values of factor level index

表4 因素层各指标的权重值

因素层指标名称	权重值	因素层指标名称	权重值
宽带网络覆盖水平	0.4530	智慧化的社区管理	0.0586
宽带网络接入水平	0.3100	产业发展水平	0.6044
基础设施投资建设水平	0.2370	企业信息化运营水平	0.3956
智慧化的政府服务	0.1963	市民收入水平	0.2775
智慧化的交通	0.1275	市民文化科学素养	0.3301
智慧化的医疗体系	0.0978	市民信息化宣传培训水平	0.1834
智慧化的环保网络	0.1090	市民生活网络化水平	0.2090
智慧化的能源管理	0.1367	生活便捷感	0.3333
智慧化的城市安全	0.1869	生活安全感	0.6667
智慧化的教育体系	0.0902		

7 评估实例

本文以攀枝花市的智慧城市建设为例,采用上述指标评估方法对其建设现状进行评估。此次评估共发放50份专家评审表并全部回收作为样本数据,收集的数据均有效。采用本文第6节步骤(2)中的方法对各样本值进行计算,得到措施层的各指标值,然后按照第6节步骤(3)中的方法计算得到因素层各指标的指标值。经计算因素层各指标值如表3所示。

按照表2分别构建与准则层各指标对应的因素层指标相对重要性矩阵,并按照公式(1)计算因素层各指标权重值,得到各指标的权重如表4所示。

按照公式(2)计算准则层各指标的指标值,计算得到的结果如表5所示。

Table 5 Index values of criteria level index

表5 准则层指标的指标值

准则层指标名称	指标值
基础设施	0.7685
公共管理和服务	0.6224
信息服务经济发展	0.6491
人文科学素养	0.6841
市民主观感知	0.7436

同理,根据表2构建准则层指标相对重要性矩阵,并按照公式(1)计算准则层各指标的权重值,得到的结果如表6所示。

最后,根据公式(3)计算得到评估值,本文根据采用的样本最后得到的评估为0.6954,近似于0.7。准则层指标值分布如图3所示;准则层权重分

布如图 4 所示。

Table 6 Weight values of criteria level index

准则层指标名称	权重值
基础设施	0.265 0
公共管理与服务	0.218 5
信息服务经济发展	0.236 2
人文科学素养	0.100 7
市民主观感知	0.179 6

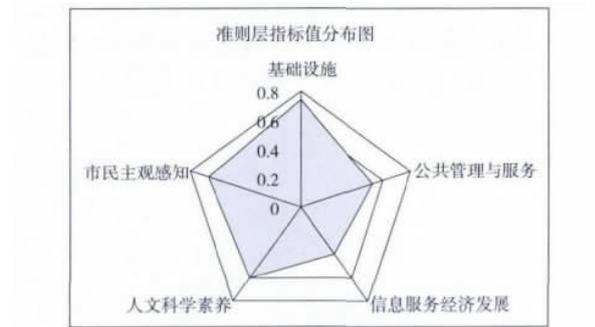


Figure 3 Distribution curve of criteria level index value

图 3 准则层指标值分布图

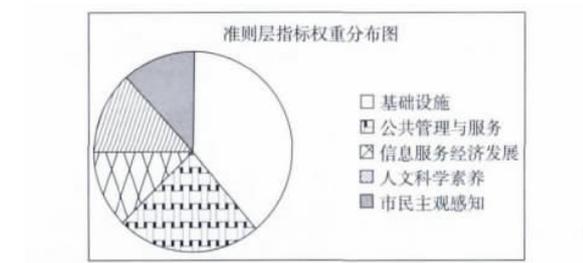


Figure 4 Distribution curve of criteria level index weight

图 4 准则层指标权重分布图

该评估结果表明攀枝花市的智慧城市发展目前已经从中等发展水平开始步入较高的发展水平。由于攀枝花市是我国最早开始数字城市建设的城市,因此在基础设施、公共管理服务以及人文科学素养方面为智慧城市的建设发展奠定了良好的基础,这与评估结果相吻合。同样攀枝花市由于今年才开始发放“市民卡”,所以市民的主观感知相对薄弱,同时由于攀枝花市智慧化产业目前处于启动阶段,影响了信息服务经济发展,这与评估结果也是一致的。

8 结束语

本文提出的智慧城市评估体系是一个开放体系,在实际应用中需要根据城市的智慧化发展战略、发展目标以及各自的特点建立相应的评价指标体系和选用相应的评估方法,最终得到与实际情况

相一致的、科学、准确和客观的评估结果,为制定和调整相关智慧城市的发展决策和策略提供可信程度较高的参考依据。

参考文献:

- [1] Li De-ren, Shao Zhen-feng, Yang Xiao-min. Theory and practice from digital city to smart city[J]. Geospatial Information, 2011, 9(6):1-5. (in Chinese)
- [2] Zhao Gang. Theoretical thinking of smart city[J]. China Information Times, 2012(5):20-22. (in Chinese)
- [3] Li Xian-yi, Deng Xiao-yu. Research on smart city evaluation system[J]. Telecommunications Network Technology, 2011(10):43-47. (in Chinese)
- [4] Li De-ren. Smart City Technology and its typical application [J]. Construction Science and Technology, 2009(21):26-29 (in Chinese)
- [5] Giffinger R, Gudrun H. Smart cities ranking: An effective instrument for the positioning of cities? [J]. Architecture, City, and Environment, 2010, 4(12):7-26.
- [6] Chen Ming, Wang Qian-chen, Zhang Xiao-hai, et al. Study on the system of evaluation for wisdom city construction——Nanjing as the case [J]. Urban Studies, 2011, 18(5):84-85. (in Chinese)
- [7] Peng Ji-dong. The research of the mode of smart city construction at home and abroad [D]. Changchun: Jilin University, 2012. (in Chinese)

附中文参考文献:

- [1] 李德仁, 邵振峰, 杨小敏. 从数字城市到智慧城市的理论与实践 [J]. 地理空间信息, 2011, 9(6):1-5.
- [2] 赵刚. 关于智慧城市的理论思考 [J]. 中国信息界, 2012(5):20-22.
- [3] 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.
- [4] 李德仁. 数字城市技术及其典型应用 [J]. 建设科技, 2009(21):26-29.
- [6] 陈铭, 王乾晨, 张晓海, 等. “智慧城市”评价指标体系研究——以南京市为例 [J]. 城市发展研究, 2011, 18(5):84-85.
- [7] 彭继东. 国内外智慧城市建设模式研究 [D]. 长春: 吉林大学, 2012.

作者简介:



郭曦榕 (1971-), 女, 内蒙古包头人, 博士后, 讲师, 研究方向为空间信息技术。

E-mail: gxr@pku.edu.cn

GUO Xi-rong, born in 1971, Post PhD, lecturer, her research interest includes spatial information technology.