



Research  
iCity & Big Data—Article

## 智能城市评价指标体系 (City IQ Evaluation System): 研制过程与应用

吴志强<sup>a,\*</sup>, 潘云鹤<sup>b</sup>, 叶启明<sup>a</sup>, 孔翎聿<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Tongji University, Shanghai 200092, China

<sup>b</sup> Chinese Academy of Engineering, Beijing 100088, China

### ARTICLE INFO

#### Article history:

Received 3 May 2016

Revised 25 May 2016

Accepted 6 June 2016

Available online 30 June 2016

#### 关键词

智能城市  
评价体系  
开放数据  
城市生命  
智能度

### 摘要

本文对全球 38 组现有的智能城市评价指标体系进行了系统的梳理分析后, 依据体系建构、方法与指标选取等方面的特点, 详细剖析了 38 组现有系统的二级指标和三级指标, 以此归类分析后, 确定智能城市评价指标体系 (City IQ Evaluation System) 的通用基础。通过聚类分析, 得到 5 个维度。依托中国工程院、德国工程院、瑞典皇家工程院、住房和城乡建设部规划管理中心、国务院发展研究中心等在内的共 14 个单位的 275 位专家, 通过指标筛选、指标调整和数据标准化处理, 完成了 City IQ Evaluation System-1.0 基础版本的研制。并通过对指标数据源更普适、开放、动态的调整, 得到了改进后的 City IQ Evaluation System-2.0 版本, 引入 IQ 测评的偏差测智法得到了 City IQ Evaluation System-3.0 版本。研究团队基于 City IQ Evaluation System 对全球 41 个智能城市进行多轮测评。综合来看, City IQ Evaluation System 系列评价指标体系的特点包括: 以智能生命体理论作支撑, 以更普适、开放、动态的数据源形成指标, 并以 IQ 测评的思想和方法提升 City IQ Evaluation System 的灵敏性和准确性。

© 2016 THE AUTHORS. Published by Elsevier LTD on behalf of Chinese Academy of Engineering and Higher Education Press Limited Company. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

## 1. 全球智能城市评价指标体系

### 1.1. 现有智能城市评价体系剖析

作为全球智能城市发展的评价标准, 智能城市评价指标体系的建立并没有全球的标准[1], 其研制目标、主体、应用对象具有多元性。目前, 全球共 38 组独立的智能城市评价指标体系, 主要分布于东亚、欧洲、北美洲以及大洋洲等区域。这 38 组独立的智能城市评价指标体系的研制主体包含 20 个高校研究团队、8 个政府部门、10 个企业或协会, 时间跨度为 1995—2015 年, 见表 1[2–23]。由于部分系统目前还在不断更新, 如 TU Wien 体系[2]、ICF 评价指标体系[3]等。

从指标体系的架构来看, 在现有可查证的 38 组评价指标体系中, 三级指标都可量化。在 38 组中, 具有完整的一级、二级和三级指标的评价指标体系只有 17 组。这 17 组中只有龚炳铮指标体系[24]和中国智慧工程研究会指标体系[25]的二级指标可量化, 所以在实际操作中, 一个体系的二级指标的评价结果与其三级指标的评价结果存在自相矛盾的问题。38 组评价指标体系中有 17 组只存在一级指标和三级指标; IBM 评价指标体系和 NSCI 评价指标体系这两组较为特殊, 为矩阵式评价体系[26]。

指标体系中的维度内容反映了指标体系所重点关注的要素[27], 也带有一定的价值导向性。一个相关的定量研究关注了 2013 年以前的 20 组评价指标, 得到了在

\* Corresponding author.

E-mail address: [wus@tongji.edu.cn](mailto:wus@tongji.edu.cn)

表1 全球38组智慧城市评价指标体系分析

No.	ICES	Year	Sponsor	Research team	Research approach	Number of primary indicators	Content of primary indicators	Number of secondary indicators	Number of tertiary indicators
1	Australian System	2004	State government	Australian government	AHP	8	Technical dimension, Internet use, access level, infrastructure dimension, use, cose, e-commerce, e-governance	0	29
2	Japanese System	2005	State government	Japanese government	AHP	5	ICT expense rate, ICT quality, ICT mobility, ICT popularization, ICT construction	0	10
3	Nanjing System	2010	Local government	Xianfeng Deng	AHP	4	Internet field, industrial field, service field, humanity and culture field	0	24
4	Hubei System	2011	Local government	Xianyi Li, Boya Cheng	AHP	4	Ubiquitous network, intelligent application, public support platform, value recognition	19	57
5	Ningbo System	2012	Local government	Dedao Gu, Wen Qiao	AHP	7	Intelligent class, intelligent infrastructure, intelligent governance, intelligent livelihood, intelligent economy, intelligent environment, intelligent planning and construction	21	48
6	Shanghai Pudong System	2012	Local government	Shanghai Pudong Smart City Research Institute	AHP	5	Infrastructure, public management and service, information service for economic development, humanity and science attainment, citizen awareness	18	37
7	National Pilot Intelligent City Indicator System	2012	Professional administrative department	Ministry of Housing and Urban-Rural Development (MoHURD)	AHP	4	Security system and infrastructure, intelligent construction and livability, coordination and service management, intelligent industry and economy	11	59
8	Ministry of Industry and Information Technology System	2013	Professional administrative department	Ministry of Industry and Information Technology (MIIT)	AHP	3	Intelligent preparation, intelligent management, intelligent service	9	45
9	Richard Florida System	2002	Academic team	Richard Florida	AHP	3	Residents' innovation potential, collective intelligence, environmental intelligence	3	3
10	TU Wien System	2007	Academic team	Rudolf Giffinger	AHP	6	Intelligent economy, intelligent population, intelligent governance, intelligent mobility, intelligent environment, intelligent living	31	74
11	Lazarou System	2007	Academic team	George Cristian Lazarou	AHP	4	Intelligent economy, intelligent governance, intelligent environment, intelligent energy and mobility	0	18
12	Donato Toppeta System	2010	Academic team	Donato Toppeta	AHP	6	Economy 2.0, human resource and social capital development, e-democracy/government 2.0/intelligent government, information mobility and intelligent transportation system, eco-system, life quantity and sustainability	0	11
13	MAO Yanhua System	2012	Academic team	Yanhua Mao	AHP	7	Intelligent class, intelligent infrastructure, intelligent governance, intelligent livelihood, intelligent economy, intelligent environment, intelligent planning and construction	23	42
14	LU Yanping Information Industry Competitiveness System	2012	Academic team	Yanping Lu, Ping Hu	AHP	3	Comprehensive economy, technological innovation, environmental support	9	24
15	LI Jian System	2012	Academic team	Jian Li, Chunmei Zhang	AHP	3	Application performance, information infrastructure, practical application effect	3	—
16	Karima Kourtit System	2012	Academic team	Karima Kourtit	AHP	3	Prosperous commerce and social-cultural attraction, labor and municipal facility capacity, high-end e-service usage	0	11
17	Patrizia Lombardi System	2012	Academic team	Patrizia Lombardi	SDA	6	Universities, knowledge, industry, market, government, learning	0	6
18	GUO Xirong System	2013	Academic team	Xirong Guo, Xianfeng Wu	AHP	5	Infrastructure, public management and service, information service for economic development, humanity and science attainment, citizen subjective experiencing	19	—
19	HUANG Shaohui Evaluation System	2013	Academic team	Shaohui Huang, Xizhao Zhou	SDA	4	Infrastructure network, public administration and service, industry and economic development, humanity and science attainment	0	51

No.	ICES	Year	Sponsor	Research team	Research approach	Number of primary indicators	Content of primary indicators	Number of secondary indicators	Number of trinary indicators
20	LIU Xiaoyin System	2013	Academic team	Xiaoyin Liu, Shurong Zheng	MCA	4	Information infrastructure, public supporting platform, city competitiveness, value realization	0	19
21	WANG Zhenyuan System	2013	Academic team	Zhenyuan Wang, Yongjia Duan	AHP	3	Intelligent infrastructure, public administration application, public service application	0	47
22	ZHOU Ji DPSIR Model	2013	Academic team	Ji Zhou	FCE	5	Driving, pressure, state, impacts, responses	0	37
23	CHANG Wenhui System	2014	Academic team	Wenhui Chang	AHP	5	Municipal governance capacity, city operation capacity, eco-management, personal service, enterprise service	26	—
24	XIANG Yong System	2014	Academic team	Yong Xiang, Hong Ren	ANP+TOPSIS	5	Infrastructure, public management and service, information service for economic development, humanity and science attainment, citizen objective experienting	19	60
25	GONG Bingzheng System	2015	Academic team	Bingzheng Gong	AHP	3	Construction environment, construction performance, economic benefits	11	33
26	LIU Weiyue System	2015	Academic team	Weiyue Liu, Hailong Wang, Kaige Liu	TOPSIS	4	Urban management, innovation and intelligence, environment protection and culture, livability and livelihood	0	10
27	ZOU Kai System	2015	Academic team	Kai Zou, Minglin Bao	GRA-BP	5	Economic development potential, social development potential, public services potential, scientific and technological innovation potential, information infrastructure	0	21
28	XIAO Yongjun System	2015	Academic team	Yongjun Xiao	MCA	4	Information infrastructure, technological innovation, city development competitiveness, industrial structure	0	19
29	ICF System	2001	Professional association	Intelligent Community Forum (ICF) Institute	AHP	4	Broadband, innovation, digital inclusion, marketing and advocacy	18	14
30	World Economic Forum System	2001	Professional association	World Economic Forum	AHP	3	Environment sub-index, preparedness index, usage sub-index	9	68
31	Group of Seven System	2002	Professional association	Group of Seven	AHP	4	Environment, readiness, application, impact	12	116
32	Sustainable Global City Association System	2002	Professional association	Sustainable Global City Association	AHP	7	Compact land use, green building, green transportation, ecological protection and cultivation, energy conservation and use, municipal facilities, intelligent interconnection	0	110
33	China Wisdom Engineering Association (CWEA) System	2011	Professional association	China Wisdom Engineering Association	AHP	3	Happiness indicator, management indicator, social responsibility indicator	22	86
34	Korea Computerization Agency System	1995	Enterprise	Korea Computerization Agency	AHP	4	Computer, Internet, telecom, radio and broadcast	0	6
35	IBM Evaluation Matrix	2010	Enterprise	IBM Corporation	AHP	7	Transportation, communication, water, energy, city service, citizens, commerce	0	64
36	IDC Smart City Index	2011	Enterprise	Int'l Digital Corporation	AHP	5	Government, buildings, transportation, energy, environment and service	23	94
37	GMTECH Evaluation System	2014	Enterprise	GMTECH Corporation	AHP	6	Infrastructure, governance, livelihood, industry, population class, environment	15	39
38	NSCI System	2010	Enterprise	Ericsson Corporation	AHP	6	Society, economy, environment, infrastructure, affordability, application	15	—

Table by City IQ research team, 2013, 2014, 2015. Source: Refs. [2–23].

ICT: information and communications technology; AHP: analytic hierarchy process; SDA: structural decomposition analysis; MCA: multi-criteria analysis; FCE: fuzzy comprehensive evaluation; ANP: analytic network process; TOPSIS: technique for order preference by similarity to an ideal solution; GRA: grey relational analysis; BP: back propagation.

评价维度中关注排前三位的内容分别是智慧基础设施建设、智慧政府和智慧市民[28]。从维度的设置来看, 本研究关注的38组指标体系, 还有关于智慧的经济产业、智慧的环境(也是维度中的重要内容), 都与智能城市的实践密切相关[29]。

从指标体系研制方法上看, 具有完整的三个层级的指标体系, 大多采用了常规的主观赋值的方式, 如AHP、Delphi和专家会议方法相结合的方式。这种方式能够较好地利用专家资源和经验[30], 并能结合定性和定量因素整体考虑[31]。而不包含评价标准的指标体系则较多采用客观赋值方法, 如GRA、PCA、TOPSIS和FCE等, 主要是为了赋权重、排除关联较大的指标等的影响[31]。这类方法避免了通过二次分类或量化带来的人为因素干扰, 直接实现了维度到指标的转换与选择。

## 1.2. 智能城市评价指标体系的缺陷及启示

为了给研制City IQ Evaluation System带来实质的帮助, 除了向已有的指标体系学习外, 还重点关注了这些体系中存在的缺陷, 启示后续研制思想、方法与过程。我们分析了这些评价指标体系的缺陷, 从研制主体缺陷、内容设置、方法、指标的数据源与结果四方面进行分析。

### 1.2.1. 评价指标体系的主体缺陷

第一类主体研制缺陷表现为城市政府是研制主体。主要依照其城市的发展水平和标准来研制指标, 使得评价指标体系存在天生的约束性, 普遍适用价值较低, 不能够来评价其他城市。这样的案例如中国的南京、宁波、上海浦东城市评价指标体系。

第二类主体研制缺陷表现为国家政府是研制主体。国家政府通过自上而下的行政力量制定指标, 基本上是遵照其国内的发展情况和价值导向进行研制, 无法进行跨国比较, 没有普适性[28]。这样的案例如研制较早的澳大利亚体系、日本体系等。这一研制主体后来逐渐演变为第三种类型。

第三类主体研制缺陷表现为专业企业和国家的专业行政部门作为研制主体。这种类型的研制主体, 一方面存在着以自我发展为目标利益诉求, 另一方面也沿袭了以本地情况作为评价指标体系研制的基础, 不具有普适性价值。案例如国脉公司评价指标体系、中国智慧工程研究会体系。

而以学术研究团体为主体进行研制的评价指标体系, 往往能够更加客观地从智能城市发展本质入手, 进

行评价指标体系的研制。City IQ Evaluation System立足于本研究团队, 联合了中国工程院、德国工程院和瑞典皇家工程院等在外的国内外14家学术机构的275位专家共同研制, 保证了研制主体的公正性和科学性。这也成为City IQ Evaluation System具有普遍适用价值的前提条件。

### 1.2.2. 指标体系核心思想缺失与维度研制缺陷

从指标体系的内容设置上来看, 存在的主要弊病体现在缺少效益评价、缺乏软件关注。评价维度中对投入指标的衡量较多, 但对智能城市效益、效果进行衡量的指标较少[32]。另外, 缺乏对于智能城市建设中软件部分的关注, 如关注人的要素[32]和关注驱动发展的使用者的角度来评价智慧设施的建设、发展[33]和设施的使用状况等[34]。总的来看, 不少指标体系着眼于过程的客观化, 而忽视了指标体系所需要的核心理念支撑。因此, 在指标体系设计中将平衡各方要素, 综合硬件和软件的建设及反馈。

### 1.2.3. 方法上的缺陷

从方法上来看, 专家群对于指标体系的描述、方法的选取都会影响到指标体系的构成[30]。因此, 虽然较多的指标体系都运用了Delphi和专家会议方法, 但因专家或测评机构影响力较弱、权威性较低[35], 评价结果可能是无效的。

同时, 我们还注意到层次分析法的结果, 能够实现定量和定性指标的共存[31], 但这一方法在使用过程中会产生较难控制的主观干预[30]。因此, 在指标体系的研制过程中既要综合定性和定量方法[36], 也要通过创新流程设计, 充分利用专家资源。

### 1.2.4. 指标选择与数据上的缺陷

从指标的数据源和指标结果方面来看, 这些指标体系在指标数据来源方面反映出以下几点缺陷: 第一, 相同指标但不同对象的数据来源口径不同的问题[37]; 第二, 指标的数据源更新周期较长, 数据不能动态调整[36]; 第三, 政府数据的不可靠性[37]; 第四, 指标数据来源并非一手数据, 真实性存疑[38]。而从指标结果来看, 部分指标体系的结果不是相对数, 缺乏可比性[38]。针对这些缺陷, 在指标体系设计初期, 就应考虑到指标的数据源的可靠性、开放性及实时可获得和测评的需求, 且相同指标需要使用一个口径。而指标结论采用相对数, 使结果更加合理, 且增加了可比性。

## 2. 研制理念、方法与过程

### 2.1. 核心理论：智慧生命体

在本研究所关注的指标体系中，部分智能城市评价指标体系更多基于可持续发展、信息化或生态化理论进行建构，如Patrizia Lombardi依托发展的三螺旋理论、基于智能城市主体建立的指标体系[1]。其余指标体系甚至缺失核心理论支撑，而从技术层面，或从城市的信息化程度表现、硬件建设等方面进行指标体系建构。

我们认为智能城市评价指标体系应根植于智能城市的核心价值、认知与理论，即依据城市进化的哲学思想和所秉持的城市智能化发展趋势价值观[39]，形成“感知-判断-反应-学习”智能城市发展的四个循环阶段，推动城市的持续智能化过程，见图1。

**全面感知：**在感应和传导基础设施及充分的数据和计算支撑下，时刻掌握各城市主体的需求和变化。借助射频识别(RFID)、红外感应器、全球定位系统(GPS)等，通过传感网、通信网、移动互联网等感知城市信息。

**精准判断：**在全面感知的基础上，对城市中发生的任何状态变化所产生的信息，都能及时地进行自动识别、数据筛选、计算判断。

**反应恰当：**基于精准判断而得到的城市发展情景，调动资源和生成预案，实现最少能源、资源、时间、社会心理消耗。

**能够学习：**通过前三个过程，智能城市能够反思学习，不断提升感知，改进决策模型和流程，实现持续进步和更高阶的智能化。

众多学者也都认同这一观点，认为智能城市是自组织、自适应，并具有进化能力的智能生命体[40]。以

自我组织和学习过程为主导的社会创新是智能城市中不可或缺的一部分[2]。基于智能生命体及其重要的四个内涵，我们从指标体系建构原则和方法层面进行了创新。

### 2.2. 创新研制步骤：基础 City IQ Evaluation System-1.0 版本

基于对智能城市以智慧生命体从四个内涵进行测量的原则和目标，本评价指标体系以City IQ Evaluation System命名，并在2013年研制了基础City IQ Evaluation System-1.0版本后，于2014年从普适、开放和动态数据源角度进行调整，得到了改进版本City IQ Evaluation System-2.0。并于2015年对测评结果引入偏差测智法进行标准化工作，得到了改进版本City IQ Evaluation System-3.0。这一部分以介绍City IQ Evaluation System-1.0研制过程为主，从初始指标获取、维度研制、指标遴选、指标调整和数据标准化五个步骤进行分析。

#### 2.2.1. 初始指标环：自三个渠道的基本 220 个指标

为了做到不漏选指标，指标体系研制团队从三个渠道构建指标环，供指标遴选环节使用。这三个渠道包括：专家建议、其他指标体系指标库以及研制团队提议。研究基于广泛的资源建构起了项目专家库：包括中国工程院、德国工程院、瑞典皇家工程院、住房和城乡建设部规划管理中心、国务院发展研究中心等单位在内的共14个单位的275位专家，从中获取了“城市可持续发展智慧监测指标”，共121个指标。从其他指标体系库中，获得了共153个指标。而研制团队新提案指标共38个。将这三个渠道的指标进行汇总、去重和归类，最终形成了包含220个指标的初始指标环，见图2。



图1. 智能城市发展核心理念图。

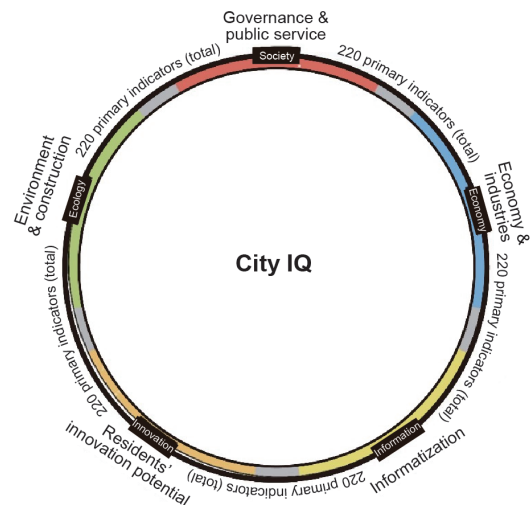


图2. 包含220个指标的初始指标环。

### 2.2.2. 维度：城市智慧度的五个维度

以城市为智慧生命体，作为重要的环节之一，指标体系的维度建设需要兼顾这一体系的表现方式。从传统的测评城市经济、环境和产业[28]，到ICT硬件建设，以及人在这一过程中的支持和互动作用[33]，都能够反映出城市在“感知-判断-反应-学习”这一过程的智慧程度，并能够突出智能城市发展环境、未来趋势、建设运营和本地参与的分目标。

基于对其他评价指标的评价维度设计的分析和专家意见，本指标体系形成了3+2的五个维度(表2)。三个对智能城市环境、经济与管理评价的维度，分别是建设与环境水平、管理与服务水平、经济与产业水平。两个支撑维度，从智能城市硬件条件和软件状态进行评价，分别是信息化水平、居民素养水平。图3展示了五个评价维度的内在逻辑。可以看到，本指标体围绕城市智慧度的测定，将产出要素和投入支撑要素[32]都容纳进来。

### 2.2.3. 指标遴选：智慧测量原则

指标遴选是本指标体系构建中的另一个关键环节。Carli等认为传统的城市智慧评价指标显得无效，只有做到智能计量、监控和管理，才能实现对城市智慧度的评价[41]。De Santis等认为更贴近本地和人的评价方法、动态指标应用等是促进城市智商(IQ)测评发展的关键步骤[42]。

从遴选原则来看，结合不重复性和国际可行性这两个指标应具有的基本条件，及前文已分析的现有指标体系存在的指标缺陷，本指标体系特别强调了参评指标应具有的三个特点：统一口径、动态调整和开放数据。统一口径，要求指标的获得口径需能够提供覆盖所有城市的数据。动态调整，强调了指标口径数据的自我更新要快。开放数据，为避免政府数据发布的不准确、不可比和不确定的可信度[38]，强调了通过网络获得第三方开放数据。定性地从专家会议评分、Delphi法，结合定量分析的数据关联法、模糊评估法，从220个初始指标中遴选出了36个参与评价城市智慧水平的指标，见图4。通过这一步形成了City IQ Evaluation System-1.0版的智能城市评价指标体系。

### 2.2.4. 指标调整

2013—2014年间，对获得的36个指标进行了多次试评。试评选取了上海浦东、宁波、南京、武汉等城市进

行测评。同时，通过中国智能城市建设与推进战略研究项目部，向院士专家发放56份问卷，特别是对各维度间的包含指标和内容进行了平衡。最终从36个指标中得到了最终的20个指标，即每个维度包含5个指标。

表2 City IQ Evaluation System-1.0版本维度与指标

Dimensions	Indicators	Unit	
Environment and construction	Housing area for urban residents per capita	m <sup>2</sup>	
	Built area	km <sup>2</sup>	
	Residential land	m <sup>2</sup> per capita	
	Industrial land	m <sup>2</sup> per capita	
	Green land	m <sup>2</sup> per capita	
	Water pollution index	—	
	Water energy per capita	m <sup>3</sup> per capita	
	Cultivated land per capita	hm <sup>2</sup> per capita	
	Construction land per capita	m <sup>2</sup> per capita	
	Natural ecological land coverage	%	
	Water supply popularization	%	
	Wastewater treatment ratio	%	
	Road-hardening ratio	%	
	Clean energy popularization	%	
Governance and public service	Waste-collection ratio	%	
	Rural migrant workers pension insurance ratio	%	
	Rural migrant workers employment insurance ratio	%	
	Labor dispute settlement rate	%	
	Petition events junction rate	%	
Economy and industries	Gross domestic product (GDP)	million CNY	
	Urban labor productivity	CNY	
	Urban output value	thousand CNY	
	Tertiary industry output/GDP	%	
	Secondary industry output/GDP	%	
Level of information-ization	Land price	CNY·m <sup>-2</sup>	
	Data Internet popular	%	
	Residents' innovation potential	Net migration ratio	%
		Total migration ratio	%
		Demographic structure impact index	—
		Social impact index	—
		Resource environment impact index	—
	Public service impact index	—	
	Labor market employment ratio	%	
	Urban-rural income gap	thousand CNY	
Non-rural population in employed population	%		
Energy consumption per capita	standard coal (ton) per capita		

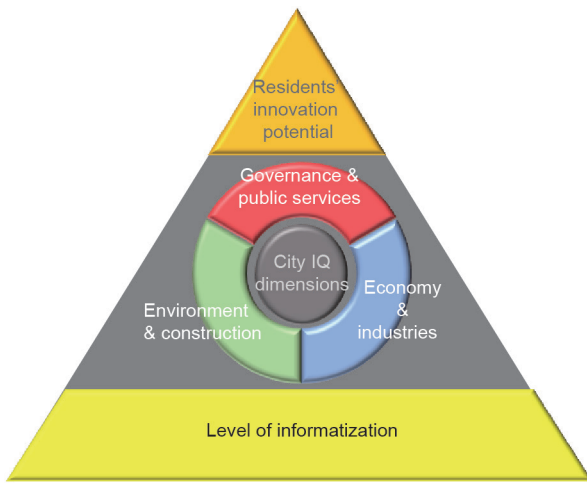


图3. City IQ Evaluation System智能城市评价维度关系图。

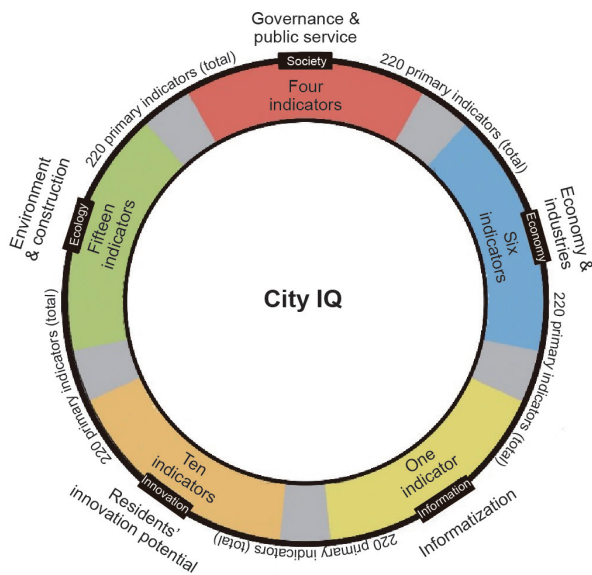


图4. 指标遴选后包含36个指标的City IQ Evaluation System结构。

### 2.2.5. 数据标准化

较多的指标体系同时包含定量测量和通过定性判定转化为定量测量的指标[31]，如在王振源指标体系中，通过定性判定实现级别量化[43]，定性指标量化过程还存在于周骥DPSIR模型[28]、世界经济论坛评价指标体系、住房和城乡建设部指标体系、工业和信息化部指标体系等。本指标体系中的少量指标也采用了类似的处理方式，如突发事件应急响应水平这一指标，以数值100表示有详细的突发事件智能应急水平应用：包括城市政府网站有网上报案系统、应急事件预案、应急事件即时指导等。数值50表示有应用、无具体内容或者部分地区有应用。数值0：较差水平，表示没有应用。

为了实现定量指标和定性指标(能被量化的)的标准化应用，消除指标间不同量纲的影响，使得每一指标

最终取值在0~100的范围内，符合百分制的评分习惯，也可反映各测评城市间同一指标的相对数值，更具可比性[38]。

数据标准化方法如下面的公式所示，本指标体系采用了第二类计算过程，即以本指标中的测评城市获得的最大值为100，其他城市依照与该城市的比值转化为相应的0~100间的值。数据标准化方法的选择是通过多次试验后确定的。

$$\text{第一类: } A_i' = (A_i - A_{\min}) / (A_{\max} - A_{\min})$$

$$\text{第二类: } A_i' = A_i / A_{\max}$$

$$\text{第三类: } A_i' = (A_i - \bar{A}) / \sigma_i, \text{ 其中, } \sigma_i^2 = \sum (A_i - \bar{A})^2 / n$$

在对20项指标进行数据标准化处理后，得到了每一项指标在不同城市的表现，以数值0~100显示。各城市的每一维度总分为所包含的指标数值的平均值。城市智慧度总得分为五个维度总分的平均值。具体标准化处理和计算过程如表3所示。这一计算过程中，从指标到维度，从维度到最终综合得分，均计算平均值，一方面是因为指标体系设计时注意了各维度、指标间的均衡性，另一方面避免再次加权带来的反向作用以及对结果产生的不可比性等后果。

## 3. 面向更普适、开放、动态的数据源：City IQ Evaluation System-2.0 改进版本

### 3.1. City IQ Evaluation System-2.0 的内涵与数据源调整

City IQ Evaluation System-1.0经过多学术团体、专家的通力协作，通过指标遴选和调整，形成了City IQ Evaluation System城市智慧度测评的基础版本。这一包含36个指标的评价指标体系从指标选取、方法等角度都具有合理性。

但在经过初步测试后，发现其中一些指标存在数据获取困难，以及数据质量不理想的问题。同时，离研究团队所希望达到的更具全球普适性价值、动态、开放地测评城市智慧度的要求还存在距离，因此综合指标的数据质量、预评估结果以及专家的第二轮反馈意见，对36个指标进行了明确、删减和修正，形成了本指标体系的20个指标，见表4。

这20个指标均满足了三个重要特点：全球适应性的数据、具有非政府干预的开放数据、及时和动态调整的数据。其中既包含定性测量指标，也包含定量测量指标[36]。

同时，与传统指标相比，这20个指标更加真实、及

表3 数据标准化及指标计算

No. Cities	Total scores	Environment & construction										Governance & public service						Economy & industries						Informatization						Innovative human resource					
		Density of city PM2.5/PM10 monitoring stations	Urban grid management coverage	Ratio of citizens using Intelligent transportation citizen use ratio	Online openness of future city construction plans	Scores of dimension	Online openness of non-confidential governmental documents	Online public participation ratio	Level of citizen using e-health recording	Emergency reacting performance	Scores of dimension	R&D expense/GDP	Urban productivity	Urban production value density	Urban intelligent industry ratio	Scores of dimension	Free WiFi coverage in public space	Average mobile network access	Building automatic system population	Intelligent grid coverage	Scores of dimension	Urban netizen ratio	IT professionals ratio	Population ratio with college education	Expense of e-purchase per capita	Scores of dimension									
1 Ningbo	54.66	21.65	44.36	100	100	66.50	52.75	56.07	50	100	39.96	32.87	76.46	60.48	13.77	45.89	100	33.33	100	100	83.33	23.94	6.99	42.60	75	37.13									
2 Wuhan	46.30	9.97	19.26	100	0	32.31	53.84	29.12	50	100	54.24	26.79	22.49	36.61	25.29	27.79	17	100.00	50	100	62.54	17.85	9.70	100.00	75	50.64									
3 Wenzhou	45.88	38.37	27.29	50	100	53.92	46.65	1.28	50	100	49.48	16.87	66.33	51.75	13.77	37.18	85	37.50	100	0	34.59	100.00	6.05	35.87	75	54.23									
4 Zhuhai	44.83	18.14	14.80	100	100	58.23	95.42	5.97	100	100	75.35	51.43	38.01	32.68	18.11	35.06	20	25.00	0	0	6.30	26.01	26.58	69.20	75	49.20									
5 Taizhou	40.59	100.00	31.94	50	100	70.49	41.70	68.49	50	0	40.05	15.11	80.84	100.00	59.87	63.95	34	4.17	0	0	1.13	11.34	10.59	37.34	50	27.32									
6 Wuxi	39.02	13.58	31.24	100	100	61.21	50.73	56.19	50	0	39.23	30.90	80.60	66.95	59.87	59.58	22	29.17	0	0	7.35	25.77	6.63	28.47	50	27.72									
7 Dezhou	38.22	47.39	35.44	100	0	45.71	44.22	100.00	50	100	73.55	0.92	93.96	80.49	17.79	48.29	1	8.33	0	0	2.09	9.82	6.79	44.33	25	21.48									
8 Zhuzhou	37.85	27.94	7.42	50	100	46.34	30.74	8.14	100	100	59.72	23.78	45.84	35.56	100.00	51.30	10	8.33	50	0	2.11	8.27	9.37	51.59	50	29.81									
9 Dongying	37.65	51.46	26.16	100	0	44.40	32.23	11.00	50	100	48.31	7.27	94.41	72.80	17.79	48.07	1	8.33	50	0	14.58	22.17	19.29	40.08	50	32.89									
10 Weihai	37.26	24.93	15.11	100	100	60.01	36.90	43.61	0	100	45.13	15.97	100.00	48.43	17.79	45.55	4	12.50	0	0	3.13	20.07	3.48	56.32	50	32.47									
11 Jinhua	37.11	53.24	100.00	100	100	88.31	41.17	4.05	0	0	11.30	10.90	75.04	95.49	44.08	49.38	39	12.50	0	0	4.41	22.50	3.57	82.79	50	36.72									
12 Wuhu	36.19	15.42	10.98	100	100	56.60	88.65	1.49	50	0	35.04	100.00	28.49	24.95	59.87	46.64	42	16.67	0	0	3.22	10.50	6.85	38.71	50	32.85									
13 Changzhou	35.95	16.20	30.67	100	100	61.72	37.08	0.11	0	100	34.30	25.34	43.57	57.78	13.79	36.64	7	8.33	0	0	4.27	35.84	6.85	38.71	50	34.12									
14 Langfang	34.79	83.29	34.71	100	100	79.50	32.82	3.17	50	0	21.50	7.20	53.83	72.11	13.79	36.64	7	8.33	0	0	2.10	18.92	15.62	51.92	50	31.91									
15 Zhenjiang	34.64	19.66	17.78	100	100	59.36	49.81	23.77	50	0	30.89	14.82	63.25	57.63	59.87	48.89	24	8.33	0	0	2.14	15.07	3.99	58.57	50	31.91									
16 Ya' an	33.59	0	15.25	0	100	28.81	8.79	5.46	100	100	53.56	2.34	30.91	51.22	25.33	27.45	15	4.17	0	0	1.08	4.54	100.00	98.65	25	57.05									
17 Qinhuangdao	33.27	54.79	16.26	100	100	67.76	41.98	53.04	50	0	36.26	8.20	35.75	33.94	13.79	22.92	3	4.17	0	0	1.05	22.61	6.12	74.68	50	38.35									
18 Tongling	31.66	0	5.35	50	100	38.84	50.77	12.65	50	100	53.36	24.11	34.83	25.36	44.08	32.10	20	4.17	0	0	1.09	13.22	4.98	38.40	75	32.90									
19 Xianyang	29.57	33.51	20.47	100	100	63.49	52.65	0	0	0	13.16	4.08	39.33	55.17	12.23	27.70	30	8.33	0	0	2.16	10.43	9.10	70.74	75	41.32									
20 Handan	29.20	43.17	19.69	100	100	65.71	29.30	3.03	50	0	20.58	4.78	41.11	66.12	13.79	31.45	1	8.33	0	0	2.09	20.10	6.52	28.11	50	26.18									
21 Changzhi	27.71	28.37	21.43	0	100	37.45	100.00	5.18	0	100	51.30	8.89	42.19	52.17	6.70	27.49	3	8.33	0	0	2.09	13.18	12.32	30.42	25	20.23									
22 Nanping	26.08	0	16.54	0	100	29.14	43.66	1.09	0	100	36.19	7.13	49.01	86.73	17.90	40.19	23	8.33	0	0	2.68	19.36	35.06	9.41	25	22.21									
23 Hebi	23.93	0	11.45	0	100	27.86	42.91	33.25	50	100	56.54	7.58	22.45	24.16	29.67	20.97	1	4.17	0	0	1.05	15.01	2.92	10.04	25	13.24									
24 Bengbu	23.60	0	11.71	100	100	52.93	44.25	0.20	0	0	11.11	51.46	21.73	18.59	44.08	33.96	48	4.17	0	0	1.16	8.98	3.11	38.27	25	18.84									
25 Luohe	22.53	0	18.21	100	100	54.55	23.44	6.88	50	0	20.08	5.63	16.61	38.21	29.67	22.53	1	4.17	0	0	1.04	13.94	6.58	11.99	25	14.38									
26 Huainan	21.98	0	5.43	50	100	38.86	74.17	3.12	50	0	31.82	18.95	11.17	20.90	44.08	23.78	47	4.17	0	0	1.16	6.36	2.74	23.11	25	14.30									
27 Wuhai	20.09	0	11.54	0	100	27.88	5.86	0.22	50	100	39.02	23.68	29.64	20.78	6.96	20.26	1	4.17	0	0	1.04	10.34	8.26	5.36	25	12.24									
28 Pingxiang	18.65	0	14.38	0	100	28.60	54.61	8.66	0	0	15.82	7.65	19.92	40.40	60.49	32.12	3	4.17	0	0	1.05	19.69	10.31	7.73	25	15.68									
29 Liupanshui	16.44	0	9.24	0	0	2.31	37.65	0.03	50	100	46.92	6.85	33.75	43.71	13.15	24.36	5	4.17	0	0	1.06	8.79	11.76	9.73	0	7.57									
30 Liaoyuan	13.70	0	7.14	0	100	26.79	23.44	3.82	0	0	6.82	7.78	27.71	29.74	9.92	18.79	2	20.83	0	0	5.21	6.00	0.98	11.52	25	10.88									
31 Lhasa	11.66	35.68	17.26	0	0	13.23	8.79	42.12	0	0	12.73	0	26.66	9.56	5.38	10.40	24	4.17	0	0	1.10	0	41.72	16.53	25	20.81									



表4 City IQ Evaluation System-2.0 版本维度与指标(City IQ Evaluation System研制团队, 2014)

Dimension	Indicator	Unit
Environment & construction	Density of city PM2.5/PM10 monitoring stations	stations·km <sup>-2</sup>
	Urban grid management coverage	%
	Intelligent transportation citizen use ratio	%
	Online openness of future city construction plan	%
Governance & public service	Online openness of non-confidential governmental documents	%
	Online public participation ratio	%
	Level of citizen using e-health recording	%
	Emergency reacting performance	%
Economy & industries	R&D expense/GDP	%
	Urban productivity	thousand CNY
	Urban production value density	thousand CNY·km <sup>-2</sup>
	Urban intelligent industry ratio	%
Informatization	Free WiFi coverage in public space	%
	Average mobile network access	%
	Building automatic system popularization	%
	Intelligent grid coverage	%
Innovative human resource	Urban netizen ratio	%
	IT professionals ratio	%
	Population ratio with college education	%
	Expense of e-purchase per capita	CNY

时地反映智能城市的感知、判断、反应和学习四个内涵, 测量城市智慧度的创新方法。如城市PM2.5/PM10监测点密度, 反映出对空气要素的“感知”水平, 以及城市在应对环境变化议题上的“判断”和“反应”程度。又如, 网上公众参与比例指公众通过网络将诉求传递给决策者, 影响决策的程度, 反映出城市在“感知”民意层面的灵敏的智慧表现。

最终, 结合5个维度和20个指标的City IQ Evaluation System-2.0建构完成, 见图5, 图中显示了这一指标体系的全部内容, 其中, 由外向内圈层依次展示: 220个初选指标、36个筛选指标、20个最终指标、5个维度和1个评价城市智慧度的核心。表4显示了5个维度所包含的20个指标的具体信息。

### 3.2. City IQ Evaluation System-2.0 的全球各智城评价结果

为了测试City IQ Evaluation System-2.0的全球通用性, 在中国33个城市进行测评的基础上, 与33个主要来自欧洲和美国的城市组成全球41个样本城市, 一起进行智慧度测评。其中, 新增的33个欧洲和美国城市均为在世界范围内广泛宣传其智能城市建设理念, 并长期致力智能化建设实践的城市。表5展示了41个城市依照City IQ Evaluation System-2.0测评的结果。图6节选了其中9个城市的智慧表现, 并同过City IQ Evaluation

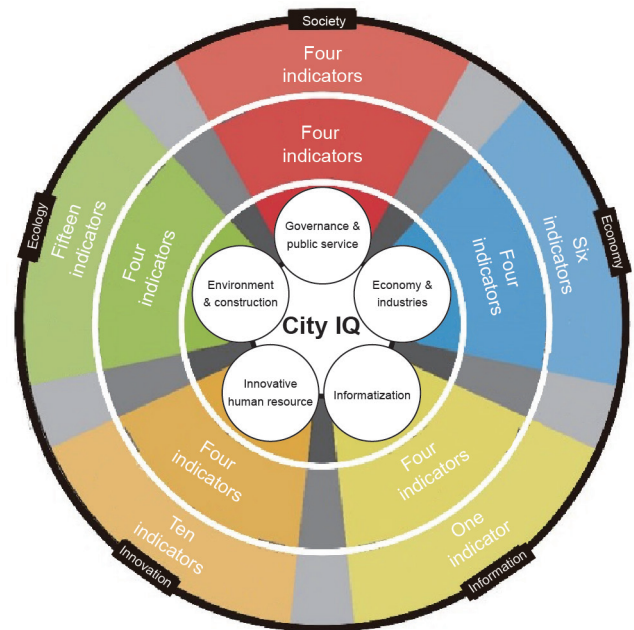


图5. City IQ Evaluation System-2.0 版本维度与指标。

System-2.0分数罗盘对每个维度和指标的得分进行更为直观的可视化。

#### 3.2.1. City IQ Evaluation System-2.0 测评结果

以下是基于City IQ Evaluation System-2.0对全球41个城市的测评结果, 见表5和图6。

表5 全球41个城市依照City IQ Evaluation System-2.0测评的结果

Cities	Total score		Environment & construction		Governance & public service		Economy & industries		Informatization		Innovative human resource	
	Rank	Score	Rank	Score	Rank	Score	Rank	Score	Rank	Score	Rank	Score
London	1	66	13	78	4	72	6	53	4	63	5	62
Amsterdam	2	66	1	98	3	73	5	54	10	57	27	46
Helsinki	3	64	10	85	1	75	8	48	23	48	3	65
Boston	4	64	6	88	2	74	3	60	31	41	14	56
Copenhagen	5	63	8	86	27	51	4	60	5	63	13	56
Vienna	6	61	4	92	15	69	22	36	7	61	25	48
Washington, DC	7	61	24	68	19	62	1	76	24	46	23	54
Seattle	8	60	2	92	33	46	9	47	9	60	18	55
Chicago	9	59	18	76	13	70	17	42	17	52	17	55
San José	10	59	14	77	11	70	24	35	14	54	8	59
Portland	11	58	23	69	10	70	20	39	12	55	10	57
San Diego	12	57	17	76	5	72	28	33	21	50	19	55
Dubuque	13	57	26	63	8	71	34	27	18	50	1	72
Manchester	14	56	12	82	28	48	7	52	36	35	4	64
New York	15	56	22	72	32	46	14	44	8	61	22	55
Barcelona	16	55	20	75	26	54	10	47	2	69	28	32
Detroit	17	53	34	45	12	70	18	41	19	50	11	56
Minneapolis-Saint Paul	18	52	27	63	20	60	15	44	35	39	15	56
Philadelphia	19	52	15	76	31	46	16	43	33	40	21	55
Ningbo	20	52	7	87	6	72	37	23	3	65	37	13
Issy-les-Moulineaux	21	51	38	25	23	58	30	31	1	71	2	72
San Francisco	22	51	25	67	30	47	13	45	32	41	20	55
Lisbon	23	50	28	63	16	67	29	32	6	62	34	24
Cleveland	24	48	35	38	21	59	19	41	20	50	16	55
Birmingham	25	47	37	28	7	71	12	46	40	33	6	60
Århus	26	47	29	63	38	25	11	46	26	45	9	58
Liverpool	27	47	40	20	22	58	2	61	37	34	7	60
Wuhan	28	46	11	82	14	69	35	27	30	42	41	11
Wuxi	29	46	9	85	17	63	23	35	38	33	38	13
Turin	30	45	31	50	18	62	27	34	13	54	32	27
Zhenjiang	31	45	5	90	29	47	25	35	29	43	39	12
Shanghai Pudong	32	45	19	76	9	71	40	19	25	45	35	14
Jinhua	33	45	3	92	35	33	36	26	34	40	29	32
Taizhou	34	43	21	75	24	58	21	37	39	33	36	14
Cologne	35	43	32	50	40	22	26	34	15	53	12	56
Zhuhai	36	42	16	76	25	57	38	22	28	43	40	12
Lyon	37	42	30	53	36	32	33	29	22	48	26	46
Friedrichshafen	38	36	39	25	34	34	32	29	27	43	24	50
Málaga	39	35	36	38	41	18	31	31	11	56	30	32
Santander	40	32	33	50	37	29	39	22	41	31	31	30
Verona	41	26	41	13	39	24	41	12	16	53	33	27

Based on City IQ Evaluation System 2.0 intelligence evaluation results, 2013.

### 3.2.2. City IQ Evaluation System-2.0 结果分析

从全球41个城市智慧度测评的结果来看, 最高分为伦敦66, 最低分为维罗纳26, 相差2.5倍, 体现了SCEIS

的全球适用性和灵敏性。但总体来看, 各城市间的相差情况比预想要低, 证明所选择的41个样本城市确实算是世界智能城市实践中的代表。

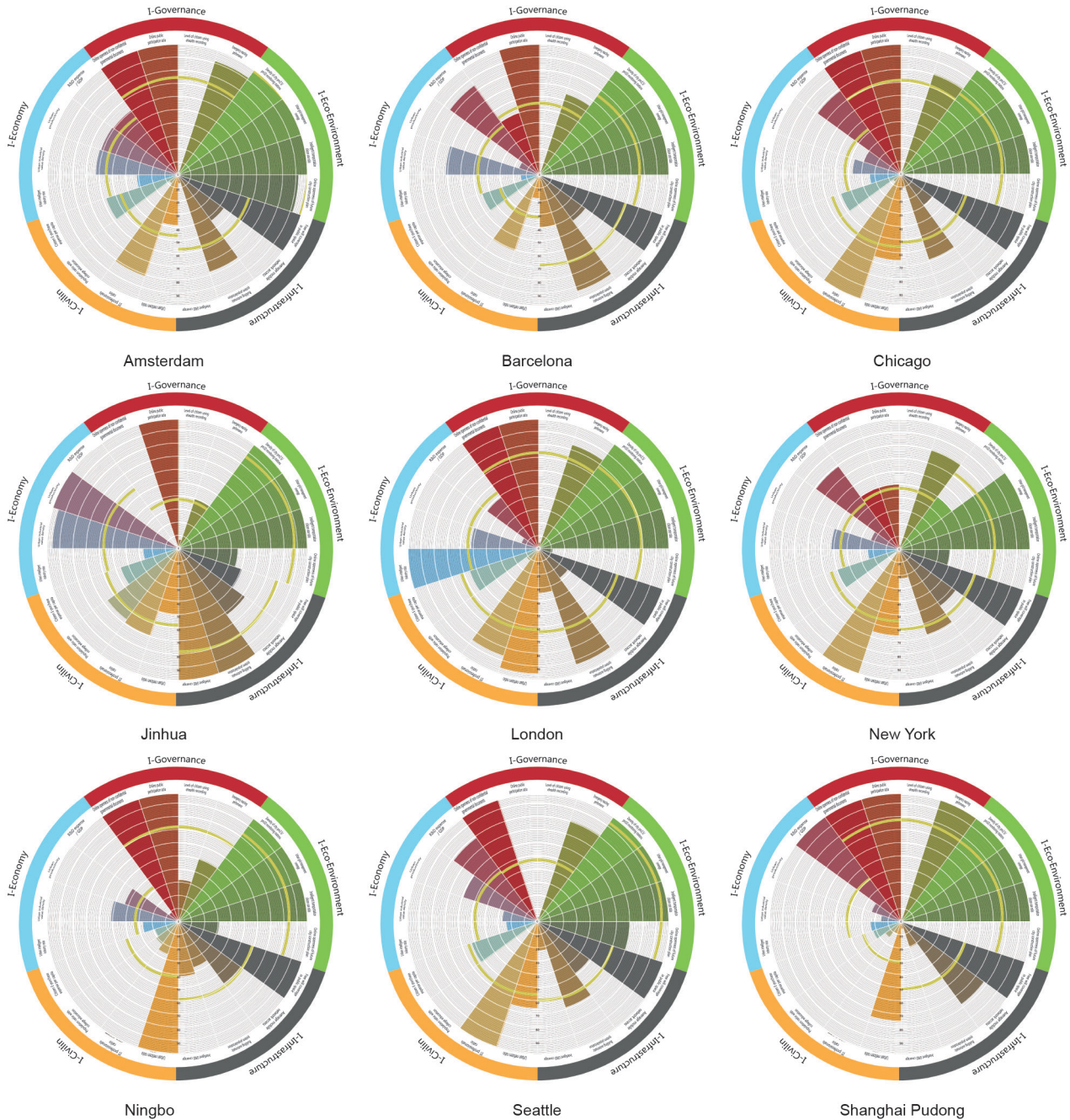


图6. City IQ Evaluation System-2.0智慧度分数罗盘。

综合平均值超过60的高分城市包括伦敦、阿姆斯特丹、赫尔辛基等。这些城市大都作为本国具有明显资源优势的城市，也是较为传统的全球城市区域或大都市区[44]。而维罗纳、桑坦德、马拉加、腓特烈港等城市得分低于40，多因注重发展个别方面，而非全局。例如，腓特烈港市采用以德国电信公司主导、政府配合合作的模式，推广通信技术的应用，发展知识城市[22]，其他方面涉及较少，测评结果的综合得分较低。

建设环境方面，得分最高为阿姆斯特丹98，最低为

意大利维罗纳13，相差达8倍。这一维度的测评结果显示出了三个城市梯队：22个城市得分平均值超过70，12个城市平均值介于49~69，7个城市得分均不到40。

管理服务方面，得分最高为赫尔辛基75，最低为马拉加18，相差将近4倍。管理服务方面排名靠前的城市，多为国家政治、经济、文化等重要的中心城市，如波士顿、阿姆斯特丹、伦敦、上海浦东等，平均值均超过70。而金华、科隆、里昂等城市在公共服务领域的智慧化程度较低，得分不超过40。

经济产业方面, 得分最高为华盛顿特区76, 最低为维罗纳12, 相差6倍多。其他国际城市在智慧经济产业方面区别不明显, 证明了这些城市在智能产业和科研经费方面都位于国际前列。

信息化方面, 得分最高为巴黎伊西莱穆利诺71, 最低为桑坦德31, 相差接近2.3倍。各国首都的平均值排名均在前列, 宁波、无锡、镇江、上海浦东等中国城市的排名也较靠前。说明这些智能城市在硬件设施方面投入大、收效显著。

居民素质方面, 得分最高为美国迪比克72, 最低为湖北武汉11, 相差约7倍。受网民比例、受教育人口比例、人均网购支出金额等指标的影响, 资源优势型城市并没有在这方面有良好的表现。中国城市的排名普遍靠后, 体现出了全球城市在这一指标上还存在较大差异。

## 4. 面向 IQ 测评导向: City IQ Evaluation System-3.0 改进版本

### 4.1. City IQ Evaluation System-3.0 的内涵与偏差测智法引入

从City IQ Evaluation System-2.0针对全球41个智能城市的测评结果中可以看出, 这一评价指标体系具有较高的灵敏性, 其在数据来源方面显示出了这一评价指标体系具有的更加普适、开放和及时动态的特点, 这也是本评价指标体系与其他体系的重大差异, 是对传统城市智慧度测评思想、方法的革新。

但与IQ测评方式相比, City IQ Evaluation System-2.0虽然实现了测评数据的及时动态等特点, 但其结果仍然无法从群体角度反映智慧的整体化发展水平, 与IQ的评价思想与结果存在一定差距, 不能反映城市智能化程度, 如同人的智慧程度不断向上浮动的弗林效应(Flynn effect)[46]。

因此, 在2014年的City IQ Evaluation System-2.0版本的基础上, 研究团队于2015年将IQ评价的思想和数据标准化处理方法引入City IQ Evaluation System的研制中, 以达到将城市作为生命体来测量其智慧发育的初始目标。作为这一次调整的成果, City IQ Evaluation System-3.0改进版本于2015年研制完成, 并投入应用。具体来讲, City IQ Evaluation System-3.0同样设定100分作为标准, 但与City IQ Evaluation System-2.0将同一指标中样本最大值作设为100的IQ比值(ratio IQ)不同, City IQ Evaluation System-3.0引入IQ偏差测评方法, 将

各指标的平均值设定为100进行标准化处理, 即 $A_i' = A_i / A_{\text{mean}}$ , 测评结果也类似IQ测评结果, 见图7。

这一结果进一步符合IQ测评思想和结果表现, 也更加能够客观地反映测试样本城市在城市群体中的智慧度表现。

### 4.2. City IQ Evaluation System-3.0 的全球各智能城市评价结果

同样地, 针对2014年基于City IQ Evaluation System-2.0版本进行城市智慧度测评的41个全球城市, 以City IQ Evaluation System-3.0版本进行了新一轮的测评, 结果如表6所示。图8展示了节选的9个城市基于City IQ Evaluation System-3.0测评结果的分数罗盘。对比表5和表6, 可以发现由于数据标准化的100分基准由样本城市的最大值变为平均数, 表6的各维度得分中出现了分值大于100的结果, 图8同样如此。

#### 4.2.1. City IQ Evaluation System-3.0 测评结果

表6和图8是全球41个城市的City IQ Evaluation System-3.0测评结果。

#### 4.2.2. City IQ Evaluation System-3.0 结果分析

与2014年由City IQ Evaluation System-2.0测评的结果相比, 2015年City IQ Evaluation System-3.0针对全球41个智能城市的测评结果显示出了以下的特点。

第一, City IQ Evaluation System-3.0测评结果基本与City IQ Evaluation System-2.0的测评结果保持总体排名的稳定。在小范围内个别城市略有浮动。较为明显的是泰州上升10名, 华盛顿特区上升5名, 无锡上升4名, 巴黎伊西莱穆利诺下降5名, 金华下降4名等。伦敦保持了

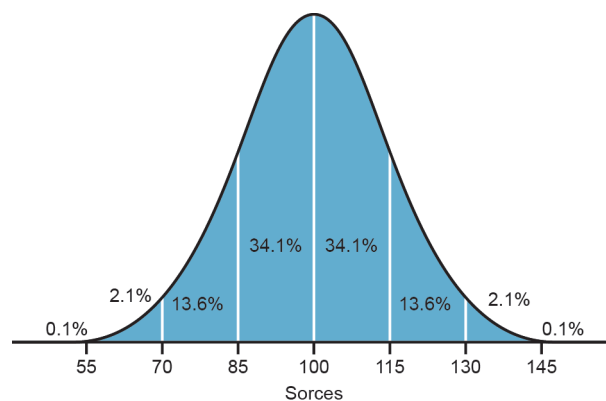


图7. 以100为平均值的IQ测试标准化结果(图片来源: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:IQ\\_distribution.svg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:IQ_distribution.svg)).

表6 全球41个城市的City IQ Evaluation System-3.0测评结果

Cities	Total score		Environment & construction		Governance & public service		Economy & industries		Informatization		Innovative human resource	
	Rank	Score	Rank	Score	Rank	Score	Rank	Score	Rank	Score	Rank	Score
London	1	130	13	118	5	129	6	137	4	133	5	139
Washington, DC	2	129	24	103	20	110	1	194	1	146	23	121
Helsinki	3	129	10	129	2	134	8	122	16	112	3	146
Amsterdam	4	128	1	148	4	131	5	139	19	108	27	103
Boston	5	128	6	134	3	133	3	153	24	89	14	125
Copenhagen	6	122	8	130	27	91	4	153	8	120	13	125
Vienna	7	119	4	140	16	124	22	92	9	119	25	108
Seattle	8	118	2	140	33	82	9	121	7	121	18	124
Chicago	9	118	18	115	14	126	17	109	13	115	17	124
San José	10	115	14	117	12	126	24	89	20	106	8	131
Portland	11	115	23	104	11	126	20	100	11	118	10	128
San Diego	12	113	17	115	6	128	28	85	21	104	19	123
Dubuque	13	111	26	95	9	127	34	70	23	101	1	161
Manchester	14	111	12	125	28	86	7	134	37	69	4	142
New York	15	110	22	109	32	82	14	113	5	133	22	122
Barcelona	16	107	20	114	26	96	10	120	2	138	28	72
Detroit	17	104	34	68	13	126	18	106	22	104	11	127
Minneapolis-Saint Paul	18	104	27	95	21	107	15	112	32	82	15	125
Philadelphia	19	103	15	116	31	83	16	111	30	83	21	122
Ningbo	20	102	7	132	7	128	37	58	3	137	37	30
San Francisco	21	101	25	101	30	84	13	116	31	83	20	123
Cleveland	22	97	35	57	22	106	19	104	15	112	16	124
Lisbon	23	96	28	95	17	120	29	82	6	123	34	53
Taizhou	24	94	21	114	1	148	21	95	39	60	36	30
Wuxi	25	94	9	129	18	113	23	91	25	88	38	28
Issy-les-Moulineaux	26	94	38	38	24	104	30	79	18	108	2	160
Birmingham	27	93	37	43	8	128	12	117	40	60	6	134
Århus	28	91	29	95	37	45	11	118	33	82	9	131
Liverpool	29	91	40	30	23	105	2	157	38	62	7	133
Wuhan	30	91	11	125	15	124	35	69	29	84	41	24
Turin	31	90	31	76	19	111	27	87	10	119	32	61
Zhenjiang	32	89	5	136	29	85	25	89	26	87	39	27
Shanghai Pudong	33	87	19	115	10	126	40	50	27	86	35	32
Cologne	34	84	32	76	39	39	26	88	17	109	12	126
Jinhua	35	82	3	140	40	38	36	68	35	77	29	71
Zhuhai	36	82	16	115	25	102	38	57	28	84	40	27
Lyon	37	77	30	81	35	57	33	75	36	70	26	104
Friedrichshafen	38	70	39	38	34	61	32	75	34	80	24	113
Málaga	39	67	36	57	41	33	31	79	14	113	30	71
Santander	40	63	33	76	36	52	39	56	41	59	31	68
Verona	41	51	41	19	38	44	41	31	12	117	33	61

Based on City IQ Evaluation System 3.0 evaluation results, 2015.

第一名的位置，而最后6个城市名次未变。

第二，全球41个智能城市中，中国城市5个维度接近平均值的水平较低，但在个别指标方面表现突出，呈

现出5个维度的不均衡发展。而欧洲和美国城市基本满足了5个维度均接近平均值，呈现出较为均衡的发展态势。见图9中各分数罗盘的平均值100红线。

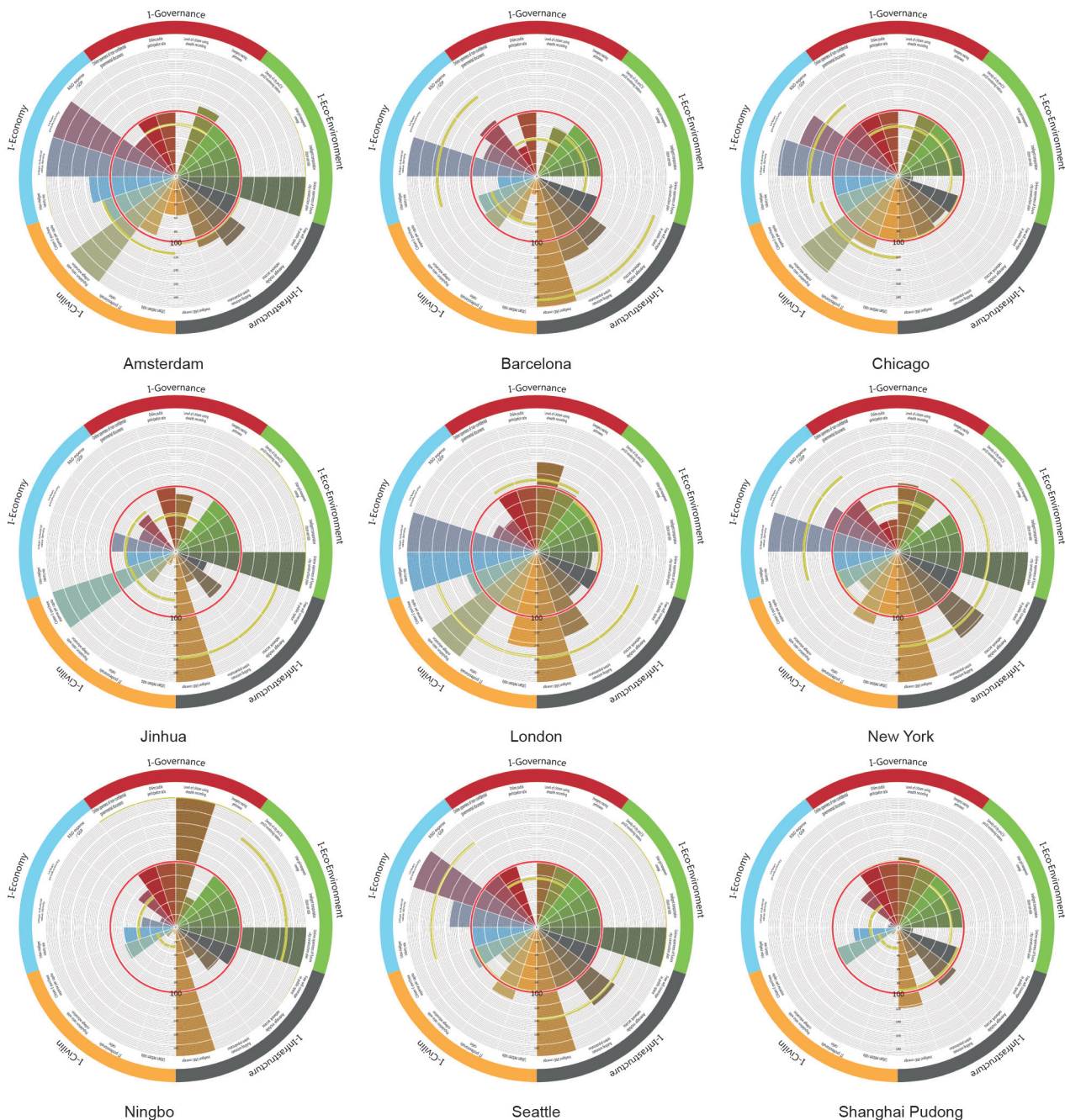


图8. City IQ Evaluation System-3.0智慧度分数罗盘。

第三，总的来看，41个城市在智能城市管理与服务、智能城市建设与环境方面的表现更为突出。而在居民智能素养及智能经济和产业方面的表现较差。

这些结论一方面反映了经过一年的发展，各城市在智能城市建设和经营方面取得不同程度的发展，进步较慢的城市在一些维度中反而相对退步；另一方面，由于数据标准化将值100由原先的样本最大值变为平均值，也能够更加直观地反映发展超出平均水平的城市。

这进一步证明了City IQ Evaluation System-3.0与City

IQ Evaluation System-2.0相比，灵敏度并未减弱，反而更加强调与平均水平的比较优势和劣势。

#### 4.2.3. City IQ Evaluation System-3.0 结果分析

进一步将City IQ Evaluation System-3.0中的五个维度按城市智能所依托的硬件和软件的发育程度分类，建设环境、经济产业、硬件设施的三大方面作为该智能城市的智能生长硬件，取各维度的平均值，管理服务和居民素质作为智能发育软件，同样取维度平均值。综合前一

阶段对全球41个城市的智能测评结果，将其分布于智能生长硬件和智能发育软件坐标系，以100作为生长发育程度的高低分界，同样见图9。

第一组团(左下)：智能硬件与软件生长发育程度都较低。包括大多数中国智能城市以及部分欧洲智能城市。处于该阶段的城市多为选择智能城市某一方面进行建设，且处于智能城市从理念转向实际行动的初级阶段。

第二组团(右下)：智能硬件生长程度高，软件发育程度低。来自中国的城市占据了这一阶段的主要部分。这反映出这些城市在短期内达到的智能基础设施建设的大量投入和成效，但智能管理服务和居民素质并不是在短期能够得到显著提升的。

第三组团(左上)：智能硬件生长程度较低，软件发育程度高。城市以公共服务的智能化优先于基础设施等的硬件智能化建设，诸如在管理、商业、教育等方面均有比其他城市更多的智能化措施和政策的投入。

第四组团(右上)：智能硬件与软件生长发育程度均较高。位于这一象限的城市不仅体现出了在智能基础设

施等硬件方面建设投入的实效，还反映了在智能软件方面所具有的实力，而这种实力较难通过短期的城市建设、政策刺激和投资实现。

## 5. 结论

分析了全球38组ICESs，研究显示现有的ICESs并不完全可靠，因为现有指标评价体系的数据源受到各国统计体系的影响，缺乏全球可比性。这些体系的数据来源均不同程度受各国、各研制机构的背景影响。为了避免评价体系过于主观，本评价体系应该开放公共数据，并致力于实现实时的数据更新，以更精准地反映快速的城市变化。基于此，本评价体系所得到的测评结果显得更具全球可比性和可信度。

(1)智慧生命体的理论支撑。智能城市评价指标体系应当根植于智能城市理论。本研究以智慧生命体理论作为指标体系建立核心思想，围绕将智能城市看作可“感知-判断-反应-学习”四个内涵持续智能化的生命体，相较于基于可持续发展、信息化和可持续等理论建立的指

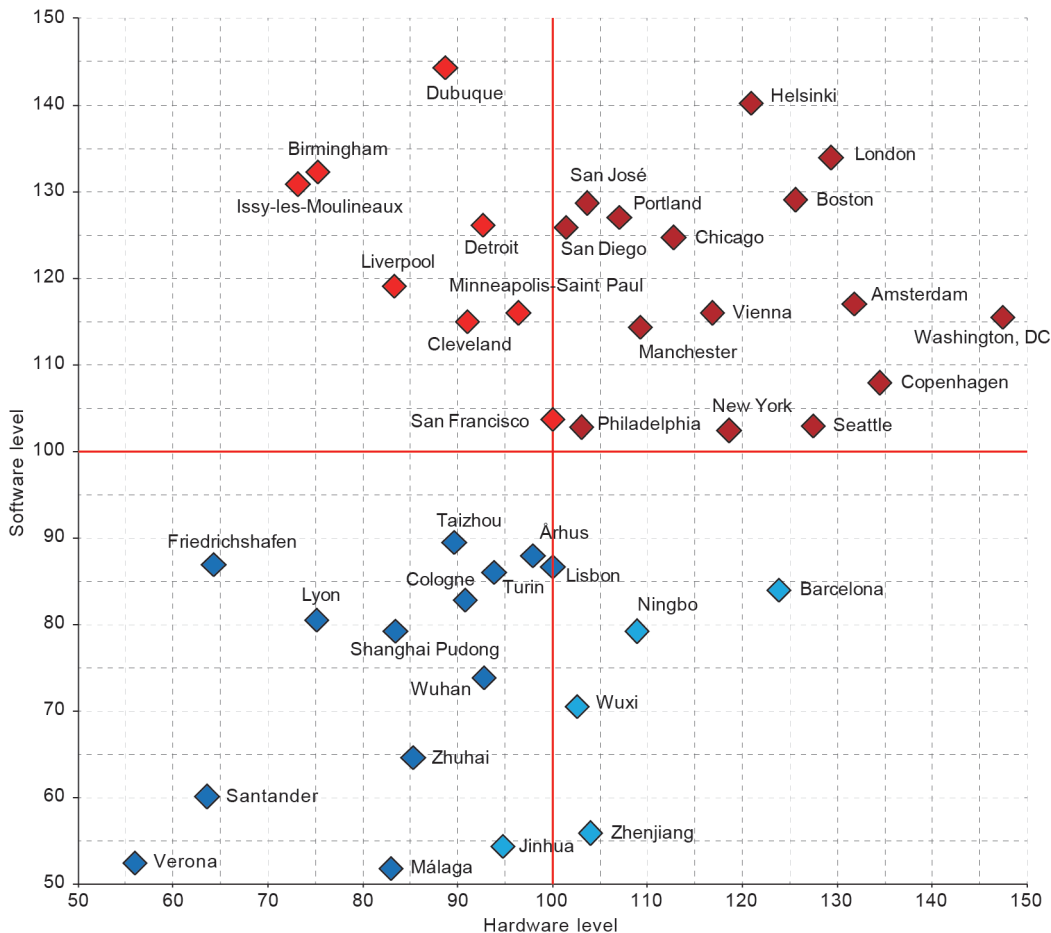


图9. 全球41个智能城市IQ生长发育程度分析(根据ICES智慧度测评结果整理, 2015)。

标体系，或单纯从技术层面衍生出的评价指标体系而言，更具开创意义和价值，也更加周全、可靠。

(2) 普适、开放和动态的指标数据源。在City IQ Evaluation System-1.0符合智能城市评价体系的基本条件、科学性等要素的基础上，City IQ Evaluation System-2.0将指标来源从传统的数据源调整为更具全球普适性、网络开放、及时和动态调整特征的数据源，避免了现有指标体系中数据存在的获取不直接、可信度不高、来源不同口径、无法动态调整等问题。而这也是本评价指标体系区别于其他指标体系的重要特点。

(3) 借鉴IQ测评思想与方法。在最终针对中国国内8个城市以及国际41个城市的智慧度测评中，在指标、维度和综合得分阶段采用了相对值的标准化方法，City IQ Evaluation System-2.0将样本城市指标的最大值设定为标准值，而City IQ Evaluation System-3.0进一步引入IQ测评方法中的偏差测智法，针对数据标准化进行改进，以样本城市各指标的平均值作为100分进行测评。IQ的测评思想和方法的引入强化了将智能城市看作城市生命体这一观念，也更具合理性。测评结果显示出了City IQ Evaluation System系列的较高灵敏性。

当然，City IQ Evaluation System系列评价指标体系后续也将历年更新，不断对指标、指标数据源进行改进和提升，最终为推动智能城市的建设、运用和发展提供更具价值和公信力的测评结果。

## 致谢

City IQ Evaluation System以及本文的完成，需要感谢Dr. XU Xingjing, Prof. CAO Buyang, Prof. LIU Yan, Dr. SHAN Tubin, Mr. KONG Linyu, Ms. ZHANG Weijun, Mr. ZHANG Heng, 赫尔佐格教授, Muler教授, Prof. Dr. Klaus Kornwachs等。感谢来自于中国工程院、德国工程院、瑞典皇家工程院、住房和城乡建设部规划管理中心、国务院发展研究中心等单位的专家、院士提供的宝贵意见和给予本研究Contribution的关注。感谢唐小薇女士的贡献。

感谢中国工程院2015重点项目“中国新型城镇化的智能建设战略研究”(2014-XY-47)和中国工程院课题“智能城市的规划建设与大数据战略”(2014-XX-01)的资助。

## References

[1] Lombardi P, Giordano S, Farouh H, Wael Y. An analytic network model for

- smart cities. In: Proceedings of the International Symposium on the Analytic Hierarchy Process 2011; 2011 Jun 15–18; Sorrento, Italy; 2011.
- [2] Giffinger R, Fertner C, Kramar H, Kalasek R, Pichler-Milanović N, Meijers E. Smart cities—ranking of European medium-sized cities. Final report. Vienna: Vienna University of Technology; 2007 Oct.
- [3] Intelligent Community Indicators [Internet]. New York: Intelligent Community Forum; c2015[cited 2015 Jun 9]. Available from: [http://www.intelligent-community.org/intelligent\\_community\\_indicators](http://www.intelligent-community.org/intelligent_community_indicators).
- [4] Deng X. Research on “smart city” evaluation index systems. Dev Res 2010;(12):111–6. Chinese.
- [5] Li X, Cheng B. Analysis on urban informatization evaluation system in Wuhan. Inform Commun 2008;(3):77–80. Chinese.
- [6] Shanghai: Smart City Evaluation Index System 2.0 [Internet]. Shanghai: Shanghai Pudong New Area People's Government; c2009–10 [updated 2012 Dec 19, cited 2016 Apr 25]. Available from: [http://www.pudong.gov.cn/web-site/html/shpd/pudongNews\\_inform/Info/Detail\\_451178.htm](http://www.pudong.gov.cn/web-site/html/shpd/pudongNews_inform/Info/Detail_451178.htm). Chinese.
- [7] Office of the Ministry of Housing and Urban-Rural Construction of People's Republic of China. Interim provisions of pilot intelligent cities in China. 2012 Nov 22, Chinese.
- [8] Li C, Gu J. A literature review on foreign research in smart city. Softw Ind Eng 2014;(3):50–6. Chinese.
- [9] Toppeta D. The smart city vision: how innovation and ICT can build smart, “livable”, sustainable cities. The Innovation Knowledge Foundation. 2010.
- [10] Mao Y. A research of smart city management mode and evaluation system based on subject-object-process model. Future Dev 2012;35(11):11–6. Chinese.
- [11] Wang B, Hu P, Lu Y. Comprehensive evaluation analysis on the competitive advantage of information industry among all regions in China. Sci Technol Manage Res 2011;21:182–5. Chinese.
- [12] Kourtitita K, Nijkamp P, Arribas D. Smart cities in perspective—a comparative European study by means of self-organizing maps. Innov Eur J Soc Sci Res 2012;25(2):229–46.
- [13] Huang S, Zhou X. Research on smart city evaluation system based on system dynamics. Sci Technol Ind 2013;13(2):86–90. Chinese.
- [14] Liu X, Zheng S. Evaluation of smart city development potential in east region of China. Sci Technol Manage Res 2013;(22):75–9. Chinese.
- [15] Chang W. Research on the structuring of intelligent city evaluation index system [dissertation]. Kaifeng: Henan University; 2014. Chinese.
- [16] Xiang Y, Ren H. The study of smart city evaluation based on the ANP-TOPSIS method. Ind Technol Econ 2014;(4):131–6. Chinese.
- [17] Liu W, Wang H, Liu K, Zhou X. Construction of evaluation system for smart city based on the combination model of entropy-weighting and TOPSIS methods: by taking Beijing, Tianjin and Shanghai as an example. Modern Urban Res 2015;(1):31–6.
- [18] Zou K, Bao M. Evaluation of smart city develop potential based on gray relation theory and BP neural network. Sci Technol Progr Policy 2015;(17):123–8. Chinese.
- [19] Xiao Y, Wang W. The principal component model study on the evaluation of smart city development in China. Ind Econ Rev 2015;(4):37–46. Chinese.
- [20] Li F. Research on regional informatization evaluation index systems in China [dissertation]. Hangzhou: Zhejiang University; 2007. Chinese.
- [21] IDC launches smart city evolution index; opens public voting to identify top smart city projects in Asia/Pacific [Internet]. Framingham: IDC Research, Inc.; c2016 [updated 2015 Jul 30, cited 2016 Apr 20]. Available from: <http://www.idc.com/getdoc.jsp?containerId=prSG25814115>.
- [22] Hatzelhoeffer L, Lynneed KT. Smart city in practice: converting innovative ideas into reality: evaluation of the T-city friedrichshafen. Berlin: Jovis Verlag; 2012.
- [23] File:IQ distribution.svg [Internet]. San Francisco: Wikimedia Foundation, Inc. [updated 2013 Nov 5, cited 2016 May 20]. Available from: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:IQ\\_distribution.svg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:IQ_distribution.svg).
- [24] Gong B. Overview on intelligent city index and evaluation methods. Appl Electron Techniq 2015;41(11):6–8. Chinese.
- [25] Gu D, Qiao W. Study on the construction of evaluation index system of China's smart city. Future Dev 2012;35(10):79–83. Chinese.
- [26] Dirks S, Keeling M, Dencik J. How smart is your city? Helping cities measure progress. Executive report. New York: IBM Global Business Services; 2009.
- [27] Guo X, Wu X. Research and construction of smart city evaluation system. Comput Eng Sci 2013;35(9):167–73. Chinese.
- [28] Zhou J. Research on intelligent city evaluation systems [dissertation]. Wuhan: Huazhong University of Science and Technology; 2013. Chinese.
- [29] Wu Z, Bo Y. A review of recent practices of smart cities in the EU. Urban Plan Forum, 2014;(5):15–22. Chinese.
- [30] Chen Y, Chen G, Li M. Classification and research advancement of comprehensive evaluation methods. J Manage Sci China 2004;7(2):69–79. Chinese.
- [31] Yu X, Fu D. Review on multi-Index comprehensive evaluation methods. Statistics Decisions 2004;(11):119–21. Chinese.
- [32] Gong B. Overview on intelligent city index and evaluation methods. Inform China 2014;(11):38–42.
- [33] Mechant P, Stevens I, Evens T, Verdegem P. E-deliberation 2.0 for smart cities: a critical assessment of two “idea generation” cases. IJEG 2012;1(5):82–98.
- [34] Pan JG, Lin YF, Chuang SY, Kao YC. From governance to service-smart city evaluations in Taiwan. In: Proceedings of 2011 International Joint Conference on Service Sciences; 2011 May 25–27; Taipei, China; 2011. p. 334–7.
- [35] Sun J, Liu YT. Status analysis on intelligent city evaluation systems. Informat



- Constr 2013;(2):30–1. Chinese.
- [36] Li N, Gong K, Yan Y. Research on the evaluation index system of smart city. *Standard Sci* 2014;(10):6–10. Chinese.
- [37] Chen M, Wang QC, Zhang XH, Zhang XW. Study on the system of evaluation for wisdom city construction—Nanjing as the case. *Urban Studies* 2011;(5):84–9.
- [38] Bai M, Gao S. Introduction and comparative study on two intelligent city evaluation indicators in China and abroad. In: *Proceedings of the 9th Conference on Urban Development and Planning*; 2014 Sep 23–24; Tianjin, China; 2014. p. 1–4. Chinese.
- [39] Wu Z, Gan W, Zhang Z, Ye Q. Expo in the 21th century towards a spiritual level of smart ecology. *Time Archit* 2015;(4):20–5. Chinese.
- [40] Shi WY, Li Q. Digital city: the first phase of intelligent city. *Earth Sci Front* 2006;13(3):99–103. Chinese.
- [41] Carli R, Dotoli M, Pellegrino R, Ranieri L. Measuring and managing the smartness of cities: a framework for classifying performance indicators. In: *Proceedings of the 2013 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics*; 2013 Oct 13–16; Manchester, UK; 2013. p. 1288–93.
- [42] De Santis R, Fasano A, Mignolli N, Villa A. Dealing with smartness at local level: experiments and lessons learned. Roma: *Fondazione Giacomo Brodolini*; 2015.
- [43] Wang ZY, Duan YJ. Evaluation indicators of the development level of China's smart cities. *J Yunnan National Univ* 2013;30(6):144–9. Chinese.
- [44] Wang L, Ye QM, Jiang XJ. Strategic planning of Chicago towards a global city region. *Urban Plan Int* 2015;30(4):34–40. Chinese.
- [45] Fletcher RB, Hattie J. *Intelligence and intelligence testing*. Abingdon: Routledge; 2011.
- [46] Lombardi P, Giordano S, Farouh H, Yousef W. Modelling the smart city performance. *Innov Eur J Soc Sci Res* 2012;25(2):137–49.