

基于 TOE 框架的智慧水务建设影响因素评价

张一鸣^{1,2}, 田雨², 蒋云钟²

(1. 天津大学 建筑工程学院, 天津 300072; 2. 中国水利水电科学研究院 流域水循环模拟与调控国家重点实验室, 北京 100038)

摘要: 以 TOE 理论框架(Technology Organization Environment)为基础, 结合智慧水务建设的具体情况, 构建了影响智慧水务建设的 TOE 框架, 并分别分析技术维度、组织维度和环境维度下各因素对智慧水务的建设和发展的影响, 其中技术维度因素包括技术的优越性、复杂性、兼容性、可察性; 组织维度因素包括建设的必要性、需求的迫切性、建设的可行性; 环境维度因素包括支撑保障体系、标准规范体系、信息安全保障。在此基础上利用层次分析法(AHP)对各影响因素的优先级进行研究, 结果显示: 组织维度因素和技术维度因素对智慧水务建设影响最大的两个模块, 分别占指标体系 49% 和 31% 的权重; 各因素中, 智慧水务建设的必要性所占权重最大(25%), 其次是技术优越性(16%)、需求的迫切性(12%) 和建设的可行性(12%)。本研究为智慧水务建设影响因素的定量分析提供了有效的新途径, 评价结果可为水务部门决策和水务业务发展提供重要参考。

关键词: 智慧水务; TOE 框架; 层次分析法; 影响评价

中图分类号: TV213.4 **文献标志码:** A **文章编号:** 1672-1683(2015)05-0980-05

Evaluation of impact factors of smart water construction based on TOE Framework

ZHANG Yim^{1,2}, TIAN Yu², JIANG Yunzhong²

(1. School of Civil Engineering, Tianjin University, Tianjin 300072, China;

2. State Key Laboratory of Simulation and Regulation of Water Cycle in River Basin, China Institute of Water Resources and Hydropower Research, Beijing 100038, China)

Abstract: Based on the TOE theoretical framework (Technology-Organization-Environment) and the specific situation of smart water construction, the TOE framework which affects smart water construction was developed, and the effects of each impact factor on the construction and development of smart water were analyzed from the technical, organizational, and environmental dimensions. The technical dimension factors include the technical superiority, complexity, compatibility, and observability. The organizational dimension factors include the construction necessity, demand urgency, and construction feasibility. The environmental dimension factors include the support system, standard system, and information security. On the basis, analytic hierarchy process (AHP) was used to determine the priority of the impact factors. The results showed that the organizational dimension factors and technical dimension factors have high impacts on smart water construction with the weight of 49% and 31% over the index system respectively. Among the impact factors, construction necessity has the highest weight (25%), followed by technical superiority (16%), demand urgency (12%), and construction feasibility (12%). The research provides an effectively new method for the quantitative analysis of impact factors of smart water construction, and the evaluation results can provide important reference for decision making of water sector and development of water business.

Key words: smart water; TOE framework; analytic hierarchy process; impact assessment

为应对城市化进程中伴随的一系列水安全问题与挑战, 我国多个地区和城市通过水务体制改革, 初步形成城市防洪除涝、集中供水、排水治污、水资源保护、水环境治理等一体

化保障体系^[1]。随着物联网、云计算、移动互联网、大数据分析等技术的兴起, “智慧城市”概念及相关规划炙手可热^[2,3], 作为“智慧城市”组成部分的“智慧水务^[4]”构想也应运而生。

收稿日期: 2014-12-10 修回日期: 2015-08-17 网络出版时间: 2015-09-24

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/13.1334.TV.20150924.2037.018.html>

基金项目: 中国水利水电科学研究院专项“国家智能水网工程框架设计”(资集 1222)

作者简介: 张一鸣(1990), 女, 河南人, 主要从事水利信息化方面研究。E-mail: Zyming714@163.com

智慧水务是指充分利用物联网与云计算等新技术将传统水利与现代信息化技术进行深度融合,以提高水务的管理和服务水平,为水务管理的精细化、智慧化提供信息化技术支撑^[9]。

目前,各城市智慧水务建设的需求性和迫切性越来越强,但在我国智慧水务顶层设计和战略规划还处于初级阶段。本文旨在探究到底是哪些因素、如何影响了智慧水务的建设与实施。为此,利用 Tornatzky 和 Fleischer^[6]提出的 TOE 理论框架,从技术、组织、环境三个维度进行分析,得出影响智慧水务建设的决定性因素,从而为智慧水务建设提供理论依据。

1 影响智慧水务建设的 TOE 理论框架

1.1 TOE 框架构建

TOE 框架借鉴了创新采纳相关理论,将影响组织创新采纳的因素归纳为技术、组织、环境三类。技术因素包括技术的优越性、复杂性、兼容性、可察性;组织因素包括组织规模、组织结构、组织文化、决策支持等;环境因素包括政府政策、标准规范、保障措施等。三者相互联系和制约,共同影响着组织对创新技术的采纳行为和速度^[7]。

智慧水务是水务信息化发展的高级阶段,是解决全球气候变化和城市化进程加快产生的严峻水资源问题的迫切需求,其建设过程涵盖部门较多,涉及水务业务较广,采用的技术先进,需要从战略高度对智慧水务的建设影响因素进行分析^[8]。

本研究借鉴 TOE 理论框架,将智慧水务建设视作一种组织创新行为,从技术维度、组织维度和环境维度 3 个视角,分析影响智慧水务建设的各种具体因素,并提出了针对智慧水务建设的 TOE 影响因素框架,见图 1。

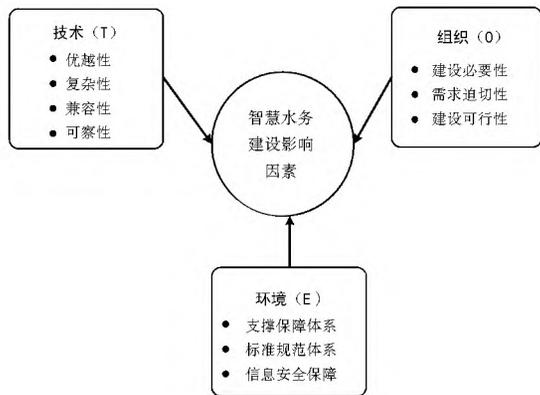


图 1 智慧水务建设影响因素 TOE 框架

Fig. 1 TOE framework of impact factors of smart water construction

1.2 智慧水务建设影响因素分析

1.2.1 技术维度的影响因素

TOE 框架是在创新扩散理论的基础上扩充发展而来的,创新扩散理论对创新属性特征进行有效抽象,认为相对优越性、兼容性、复杂度、可试性、可察性这 5 种特征可以解释 49%~87% 的创新技术采纳行为^[9]。这 5 种技术属性特征被研究者不断证实继而广泛采用,成为评价信息技术的一般性指标。具体到智慧水务建设中,技术维度影响因素舍弃

了可试性指标,这是由于智慧水务建设是一个复杂的系统工程,涉及内容众多,耗资巨大,应对影响因素进行充分分析后再进行试点建设。

(1) 优越性。

优越性是指与传统水务管理技术相比,或与其他技术相比,该技术所能带来的利益程度^[10]。Rogers 认为决策者的决策关键取决于决策者对目标技术有用性的衡量,如果决策者认为目标技术的潜在价值较高,将倾向于接受该技术。基于三网融合、无线宽带互联、云计算、物联网等新技术^[11]的智慧水务信息技术,既能很方便地计量、感知或检测水情以及现存的供排水设施和设备的维护状况,又能很方便地实现跨部门单位、行业领域、系统层级的协同流转应用,以及各层级数据挖掘并支撑智能应用。总体来讲,智慧水务会让管理更科学化和制度化,对于运营单位来说,更加可靠、稳定和方便,同时可以节省运营成本。对于社会公众来说,这种智慧化的管理模式可以让其更方便得更有效得随时随地获取水资源相关讯息,享受涉水事务资源服务。

(2) 复杂性。

复杂性指新技术被认为难以使用的程度,有时也被反义表述为技术明确性^[12]。智慧水务是针对涉水事务综合管理的复杂巨系统,涉及多方面、多层次、多要素资源的整合、集成、开发和利用^[1],更涉及到无线宽带网络、移动互联网、物联网、三网融合、云计算、大数据等新兴信息产品技术的联合应用,对相关技术操作人员的专业要求较高。因此,技术复杂性是阻碍智慧水务建设的负面影响因素之一。

(3) 兼容性。

兼容性既指智慧水务系统与水务管理部门和涉水企业的软硬件设施的兼容,又指与水务管理部门和涉水企业的管理实践、经验、技术能力等的兼容^[13]。建设智慧水务不是简单地替换掉当前的水务业务管理流程中的传统技术,而是把智慧水务系统与水务管理部门和涉水企业原有的系统、数据、平台衔接,进行技术整合、流程重组进而形成新的系统架构,来实现水务业务的智慧管理。

(4) 可察性。

可察性即智慧水务建设后的成果和优势可被用户观察到的程度。智慧水务充分利用新一代信息技术,深入挖掘和广泛运用水务信息资源全面提升水务管理的效率和效能,实现更全面的感知、更主动的服务、更整合的资源、更科学的决策、更自动的控制和更及时的应对,为水务业务由粗放管理向精细管理、被动式管理向主动化服务、静态管理向动态管理、条块管理向协同管理、传统管理向现代管理的转变提供全方位科技支撑。因此,智慧水务建设所带来的优势和便利将在很大程度上改变水务部门、涉水企业和社会公众了解和参与水资源管理的方式。

1.2.2 组织维度的影响因素

针对智慧水务建设影响因素研究,TOE 框架中的组织影响因素包括组织对智慧水务建设的迫切性、必要性和可行性。组织是否选择智慧水务的建设与组织自身特征、内部条件、业务需求等密切相关。

(1) 智慧水务建设的必要性。

水利现代化是水利事业发展的总趋势,也是我国产业优

化升级的关键环节。2011 年的中央 1 号文件明确要求要“推进水利信息化建设”：“提高水资源调控、水利管理和工程运行的信息化水平，以水利信息化带动水利现代化”^[14]。我国水利信息化建设过程中出现了包括数据壁垒大量存在、智能应用程度偏低、业务协同形式简单等技术和体制方面的问题。智慧水务是水务信息化发展的高级阶段，其资源共享、业务协同、智能应用等建设理念能够较好地满足水利信息化在新形势下的发展要求，因此智慧水务将会是水利现代化的必然选择^[1]。

2012 年国务院 3 号文件印发的《关于实行最严格水资源管理制度的意见》对水资源开发利用控制、用水效率控制和水功能区限制纳污控制等都制定了明确的目标，要求对水资源进行量化、科学化、精细化管理，完善的监测系统、全面的监测信息，是执行最严格的水资源管理制度的重要依据^[15]。因此，加紧智慧水务建设以健全水资源管理考核制度、加强数据获取能力、提高水资源监控水平、完善考核指标体系，是使“三条红线”管理切实做到“可操作、可检查、易考核”的迫切需求。

(2) 智慧水务需求的迫切性。

各类水环境问题的日益严重，水安全事故的频繁发生，暴露了传统水务管理中存在的若干弊端：信息化发展不均衡，系统功能不完善；应用系统缺少统筹规划，利用程度低；信息资源分布不均，共享程度低；系统连通性差，数据服务能力不足等等^[16]。所以，水务管理部门和涉水企业等希望尽快利用信息化技术实现水务业务一体化、精细化管理的迫切性越来越强，各地区智慧水务建设的时间紧迫性也越来越强。

(3) 智慧水务建设的可行性。

近年来，水利信息化建设资金持续增加，投资渠道不断拓展，基建投资、财政事业费、水资源费得到合理利用，水利工程建设中也逐步提高了信息化配套建设内容的比例，为智慧水务的建设与发展提供了资金保障。

现代电子、通信、计算机网络、物联网、云计算等科学技术快速发展，以及 3S(GIS, RS, GPS)、信息自动采集、通信与网络、信息存储与管理、软件工程、系统集成、决策支持等信息技术在水利信息化综合体系越来越广泛和深入的应用。突飞猛进的科学技术、日益完善的网络环境、发展壮大的技术队伍、逐步增强的水利信息化建设能力为智慧水务的建设提供了可靠的技术支撑和保障。

1.2.3 环境维度的影响因素

根据 TOE 框架，组织是否采纳智慧水务建设受到外部环境的制约。制度主义认为行为主体受自身所处环境制度制约，完全“独立”的理性决策是不存在的^[13]。制度主义中的“制度”主要是指政策法律、标准规范、支撑保障、信息安全等，针对智慧水务建设而言，标准规范、支撑保障、信息安全是影响水务部门和涉水企业进行智慧建设的重要因素。

(1) 标准规范体系。

按照“统一技术标准、统一运行环境、统一安全保障、统一数据中心和统一门户”的水务一体化管理要求，智慧水务建设需要建立统一的标准规范制度体系，即是支撑智慧水务管理系统建设和运行的基础，实现应用协同和信息共享的需

要，节省项目建设成本、提高项目建设效率的需要，也是系统不断扩充、持续改进和版本升级的需要。

(2) 支撑保障体系。

完善的支撑保障体系是智慧水务建设的坚实基础和强大后盾支撑，智慧水务支撑保障体系包括统一数据体系、传输网络体系、支撑平台体系等部分。统一数据体系建设基于统一标准、统一存储、统一管理、统一服务的原则，实现数据统一集中存储和规范管理，保证数据中心的权威性及可持续发展。传输网络体系建设在纵向上实现了下层监控终端和上层应用支撑平台的连接，横向上实现了各相关部门网络的连通，软硬件资源共享达到“纵向到底、横向到边”目的。支撑平台体系建设为支撑智慧水务上层应用的软硬件环境，基于云计算技术进行设计，以 IaaS 和 PaaS 的形式为智慧水务提供基础支撑。

(3) 信息安全保障。

智慧水务传输网络体系庞大且结构复杂，将面临更加严峻的安全问题，因此需要有更好的防范措施和灾难恢复机制。智慧水务信息安全保障措施可以分为以下几类。

a. 计算安全措施。云数据中心的安全形势取决于成熟度、有效性以及实现基于风险调节的安全控制的完全程度，这些安全控制可以在一层或多层上实现，包括设备（物理安全）、网络基础设施（网络安全）、IT 系统（系统安全），一直到信息和应用（应用安全），更多的控制还包括人员和过程层面的职责分离和变更的管理等。

b. 备系统。采用备份软件、磁带库、虚拟磁带库等对生产核心数据进行备份以保证生产环境与灾备环境数据库实时同步。在生产环境与灾备环境中的应用服务器部署一致的应用程序，从而实现应用级容灾要求。当生产环境遭遇灾害、瘫痪后，可以通过手工更改访问 IP 的方式或者智能 DNS 重定向的方式将访问定向到灾备中心。

c. 灾难恢复预案。主要针对智慧水务建设的核心业务系统在灾难发生时的应急恢复过程、流程和组织。灾难恢复预案是为了规范灾难恢复流程，使得灾难发生后能够快速恢复业务处理系统运行和业务运作；同时可以依据灾难恢复预案对灾难备份中心的恢复能力进行测试和演练。

2 智慧水务建设影响因素的评价

通过以上对智慧水务建设影响因素进行 TOE 理论研究，可以发现智慧水务建设影响因素的评价是一个多层次、多属性、多因素的综合评价问题，且评价指标多为定性指标，大多基于专家意见和个人判断，因此本文选择层次分析法(Analytic Hierarchy Process, 以下简称 AHP)对智慧水务建设影响因素的优先级进行深入研究。

层次分析法(AHP)是美国运筹学家沙旦(T. L. Saaty)提出的一种定性与定量相结合的多目标决策分析方法^[17-18]。其核心是将决策者的经验判断定量化，从而为决策者提供以定量形式表达的决策参考依据，特别适用于多目标因素结构复杂、缺乏必要数据和需要将经验判断量化的情况^[19]。

2.1 建立评价结构模型

为实现从不同方面、不同层次上对智慧水务建设影响做

出科学合理的评价,本文基于智慧水务建设的特点联合TOE框架理论分析,同时结合专家意见,构建了包括技术影响、组织影响、环境影响3大类准则共10个指标的3层分析评价结构(图2)。

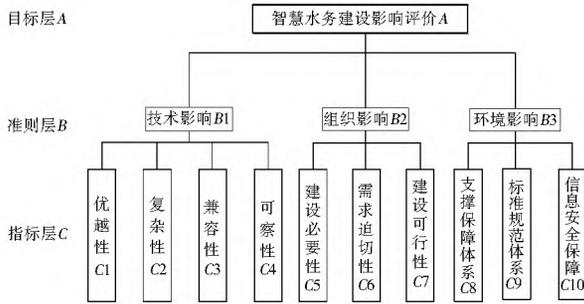


图2 智慧水务建设影响因素的层次评价结构

Fig.2 Hierarchical evaluation structure of impact factors of smart water construction

2.2 构造判断矩阵

经过专家问卷调查和评分,将智慧水务建设影响层次评价结构中各层次元素在相对上一层元素的前提下两两比较,按照 Saaty 标度原则给出各层间的判断矩阵^[14](表1-表4)。

表1 (A-B)判断矩阵

Tab.1 Judgment matrix of (A-B)

影响评价 A	技术 B1	组织 B2	环境 B3
技术 B1	1	1/2	2
组织 B2	2	1	2
环境 B3	1/2	1/2	1

表2 (B1-C)判断矩阵

Tab.2 Judgment matrix of (B1-C)

技术 B1	优越性 C1	复杂性 C2	兼容性 C3	可察性 C4
优越性 C1	1	5	6	3
复杂性 C2	1/5	1	2	1/3
兼容性 C3	1/6	1/2	1	1/5
可察性 C4	1/3	3	5	1

表3 (B2-C)判断矩阵

Tab.3 Judgment matrix of (B2-C)

组织 B2	必要性 C5	迫切性 C6	可行性 C7
必要性 C5	1	2	2
迫切性 C6	1/2	1	1
可行性 C7	1/2	1	1

表4 (B3-C)判断矩阵

Tab.4 Judgment matrix of (B3-C)

环境 B3	支撑保障 C8	标准规范 C9	信息安全 C10
支撑保障 C8	1	5	2
标准规范 C9	1/5	1	1/3
信息安全 C10	1/2	3	1

2.3 层次单排序及其一致性检验^[14,15]

层次单排序是根据判断矩阵计算某一层元素与上一层元素与之有关的元素重要次序的权值。本文采用方根法计算判断矩阵最大特征值及特征向量,由此确定相对权重。

(1) 计算判断矩阵每一行元素的乘积 M 。

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

(2) 计算 M_i 的 n 次方根 W_i 。

$$W_i = \sqrt[n]{M_i} \quad (2)$$

(3) 对向量 $W = [W_1, W_2, \dots, W_n]^T$ 归一化, 得到 w_i 。

$$w_i = W_i / \sum_{i=1}^n W_i \quad (3)$$

得到特征向量 $W = (w_1, w_2, \dots, w_n)^T$, 即为所求特征向量的近似值, 也是各因素的相对权重。

(4) 计算判断矩阵的最大特征根 λ_{max} 。

$$\lambda_{max} = \frac{\sum_{i=1}^n (A W)_i}{n w_i} \quad (4)$$

式中: $(A W)_i$ 为向量 $A W$ 的第 i 个元素。

(5) 进行一致性检验。

计算判断矩阵偏离的一致性指标 CI 为

$$CI = (\lambda_{max} - n) / (n - 1) \quad (5)$$

一致性比例 CR 为

$$CR = CI/RI$$

式中: RI 为平均随机一致性指标, Saaty 给出了 RI 的值, 见表5。

表5 平均随机一致性指标

Tab.5 Mean random consistency index

因素个数	1	2	3	4	5	6	7	8	9
RI 值	0.00	0.00	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45

当 $CR < 0.1$ 时, 认为层次排序结果具有较满意的一致性, 并接受分析结果; 否则, 应对判断矩阵作适当修正。

智慧水务建设影响评价结构的层次单排序计算结果见表6。

表6 层次单排序及一致性检验结果

Tab.6 Single hierarchical sorting and consistency inspection results

判断矩阵	权向量 W	最大特征值 λ_{max}	CI	RI	CR
A-B	(0.3108, 0.4934, 0.1958)	3.0536	0.0268	0.58	0.0462
B1-C	(0.5187, 0.1230, 0.0729, 0.2854)	4.1176	0.0392	0.90	0.0435
B2-C	(0.5000, 0.2500, 0.2500)	3.000	0	0.58	0
B3-C	(0.5816, 0.1095, 0.3090)	3.0037	0.0018	0.58	0.0032

2.4 总层次排序

总层次排序需要把每个层次的结果综合起来得到一个总的权重, 然后进行权重的比较, 最后得到排序的结果见表7。

由层次分析法计算结果来看, 组织因素和技术因素是对智慧水务建设影响最大的两个模块, 分别占指标体系49%和31%的权重; 二级指标的各因素中, 智慧水务建设的必要性所占权重最大, 其次是技术优越性和建设的迫切性、可行性。由此可见, 是否开展智慧水务建设很大程度上取决于组织自身(水务部门和涉水企业)对建设智慧水务的需求、智慧水务建设成功后所能带来的效益以及组织所具备的技术能力。

表 7 总层次排序结果

Tab. 7 Total hierarchical sorting results

(A-B) 权重 (a)	(B-C) 权重 (b)	总权重 (c= a · b)	总层次 排序
技术 B1 (0. 3108)	优越性 C1(0. 5187)	0. 1612	2
	复杂性 C2(0. 1230)	0. 0382	7
	兼容性 C3(0. 0729)	0. 0227	8
	可察性 C4(0. 2854)	0. 0887	5
组织 B2 (0. 4934)	必要性 C5(0. 5000)	0. 2467	1
	迫切性 C6(0. 2500)	0. 1233	3
	可行性 C7(0. 2500)	0. 1233	3
环境 B3 (0. 1958)	支撑保障 C8(0. 5816)	0. 1139	4
	标准规范 C9(0. 1095)	0. 0214	9
	信息安全 C10(0. 3090)	0. 0605	6

3 结语

智慧水务是水务信息化发展的高级阶段,是解决全球气候变化和城市化进程加快产生的严峻水资源问题的迫切需求,其建设过程涵盖部门较多、涉及水务业务众多、采用技术先进,需要从战略的高度对智慧水务的建设影响因素进行分析,据此配置城市水务现有的资源,不断取得水务管理和服务能力的有效提升。

本文创新性地利用 TOE 理论框架模型把影响智慧水务建设的各个因素在技术维度、组织维度和环境维度下进行分类分析,阐明了影响智慧水务建设的各类主客观因素所发挥的作用,并在此基础上利用层次分析法构建了智慧水务建设影响评价指标体系,根据专家意见得到各影响因素所占权重。评价结果表明:组织因素和技术因素是对智慧水务建设影响最大的两个模块,分别占指标体系 49% 和 31% 的权重;各因素中智慧水务建设的必要性所占权重最大,其次是技术优越性和建设的迫切性、可行性因素,即是否开展智慧水务建设很大程度上取决于组织自身(水务部门和涉水企业)对建设智慧水务的需求、智慧水务建设成功后所能带来的效益以及组织所具备的技术能力。

参考文献(References):

- [1] 杨明祥,蒋云钟,田雨,等.智慧水务建设需求探析[J].清华大学学报:自然科学版,2014,54(1):133-136.(YANG Ming xiang, JIANG Yur zhong, TIAN Yu, et al. Demand analysis of smart water resource[J]. J Tsinghua University : Sci & Technol, 2014, 54(1): 133-136. (in Chinese))
- [2] Wang Y, Yang D R, Li P. A cloud storage system for fast large scale data I/O[M]. Advance in Computer Science and Its Application. Springer Berlin Heidelberg, 2014: 1023-1030.
- [3] 杨正洪.智慧城市—大数据、物联网和云计算之应用[M].北京:清华大学出版社,2014.(YANG Zhen ghong. Smart city—the application of big data、Internet of things and cloud computing [M]. Beijing: Tsinghua University press, 2014. (in Chinese))
- [4] 蒋云钟,冶运涛,王浩.智慧流域及其应用前景[J].系统工程理论与实践,2011,31(6):1174-1182.(JIANG Yur zhong, YE Yur tao, WANG Hao. Smart basin and its prospects for application[J]. Systems Engineering Theory & Practice, 2011, 31(6): 1174-1182. (in Chinese))

- [5] 田雨,蒋云钟.大连市水务智慧化依赖度研究[J].中国科技论文,2014,9(11):1190-1193.(TIAN Yu, JIANG Yur zhong. Smart water resource construction on basis of smart dependence index in Dalian city[J]. China Sciencepaper, 2014, 9(11): 1190-1193. (in Chinese))
- [6] Tornatzky L G, F leischer M. The Processes of Technological Innovation[M]. Lexington, Massachusetts: Lexington Books, 1990: 117-148.
- [7] Zettelmeyer F. Expanding to the internet: Pricing and communications strategies when firms compete on multiple channels [J]. Journal of Marketing Research, 2000, 37 (3): 292-308.
- [8] 田雨,杨明祥,蒋云钟.水利信息化发展水平评价指标体系研究[J].南水北调与水利科技,2014,12(1):123-126.(TIAN Yu, YANG Ming xiang, JIANG Yur zhong. Research on evaluation index system of the development level of water resource informatization[J]. South to North Water Transfers and Water Science & Technology, 2014, 12(1): 123-126. (in Chinese))
- [9] Huang Z Y. Toward a deeper understanding of the adoption decision for Inter organizational Information Systems (IOS): An Investigation of Internet ED I (FED I) [dissertation]. Tennessee: University of Memphis, 2003: 54-55.
- [10] Y M Wang, Y S Wang, Y F Yang. Understanding the Determinants of RFID Adoption in the Manufacturing Industry[J]. Technological Forecasting and Social Change, 2010, 77(5).
- [11] 程大章.智慧城市的探索—中国2010年上海世博会感悟[A].城市发展研究—第7届国际绿色建筑与建筑节能大会论文集[C].(CHENG Da zhang. Exploration of smart city—feeling of the Shanghai World Expo 2010 in China[C]. Urban development research—7th International Green Building and Energy Conservation Conference proceedings. (in Chinese))
- [12] C Y Lin, Y H Ho. RFID Technology Adoption and Supply Chain Performance: An Empirical study in China's Logistics Industry[J]. Supply Chain Management: An International Journal, 2009, 14(5): 369-378.
- [13] 刘细文,金学慧.基于TOE框架的企业竞争情报系统采纳影响因素研究[J].图书情报工作,2011,55(6):70-73.(LIU Xi wen, JIN Xue hui. Research on factors affecting enterprise CIS adoption based on TOE[J]. Library and Information Service, 2011, 55(6): 70-73. (in Chinese))
- [14] 2011年中央一号文件(全文)[EB/OL]. [http://www. ce. cn/xwzx/gnsz/szyw/201101/30/t20110130_22183115.shtml](http://www.ce.cn/xwzx/gnsz/szyw/201101/30/t20110130_22183115.shtml). 2011-01-30.
- [15] 国务院关于实行最严格水资源管理制度的意见[EB/OL]. (2012-2016). [http://www. mwr. gov. cn/slxz/slyw/201202/t20120216_313991.html](http://www.mwr.gov.cn/slxz/slyw/201202/t20120216_313991.html).
- [16] 田雨,蒋云钟,杨明祥.智慧水务建设的基础及发展战略[J].中国水利,2014(20):14-17.(TIAN Yu, JIANG Yur zhong, YANG Ming xiang. Foundation and development strategy for wise water affair management[J]. China water resources, 2014(20): 14-17. (in Chinese))
- [17] 编写组.运筹学[M].北京:清华大学出版社,2000. Compile Group. Operational research[M]. Beijing: Tsinghua University press, 2000. (in Chinese)
- [18] 郭亚军.综合评价理论与方法[M].北京:科学出版社,2002. GUO Ya jun. Comprehensive evaluation Theory and Methods [M]. Beijing: Science press, 2002. (in Chinese)
- [19] 吴婷婷,方国华.基于三角模糊数层次分析法的城市防洪工程后评价研究[J].水利经济,2010,28(04):11-14. WU Ting ting, FANG Guohua. Post evaluation of urban flood control projects by use of analytic hierachy process based on triangular fuzzy number[J]. Journal of economics of water resources, 2010, 28(04): 11-14. (in Chinese)