

现代工程造价估算方法

基于智能融合的全生命周期造价估算方法

景晨光 彭永忠 编著

XIANDAI GONGCHENG ZAOJIA GUSUAN FANGFA
JIYU ZHINENG RONGHE DE
QUANSHENGMING ZHOUQI ZAOJIA GUSUAN FANGFA



中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

国家自然科学基金资助

现代工程造价估算方法

——基于智能融合的全生命周期造价估算方法

景晨光 彭永忠 编著

中国铁道出版社

2013年·北京

图书在版编目(CIP)数据

现代工程造价估算方法:基于智能融合的全生命周期造价估算方法/景晨光,彭永忠编著. —北京:

中国铁道出版社,2013.3 (2013.9 重印)

ISBN 978-7-113-16200-9

I. ①现… II. ①景… ②彭… III. ①建筑工程—工程造价—计算方法 IV. ①TU723

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 046831 号

书 名:现代工程造价估算方法

作 者:景晨光 彭永忠

策划编辑:江新锡 陈小刚

责任编辑:陈小刚 电话:010-51873193 电子邮箱:cxgsuccess@163.com

封面设计:郑春鹏

责任校对:龚长江

责任印制:郭向伟

出版发行:中国铁道出版社(100054,北京市西城区右安门西街8号)

网 址:<http://www.tdpress.com>

印 刷:中国铁道出版社印刷厂

版 次:2013年3月第1版 2013年9月第2次印刷

开 本:850 mm×1 168 mm 1/32 印张:4.75 字数:120 千

书 号:ISBN 978-7-113-16200-9

定 价:25.00 元

版权所有 侵权必究

凡购买铁道版图书,如有缺页、倒页、脱页者,请与本社读者服务部联系调换。

电 话:市电(010)51873170,路电(021)73170(发行部)

打击盗版举报电话:市电(010)63549504,路电(021)73187

作者简介



景晨光 中铁第四勘察设计院集团有限公司, 工程经济设计处, 工程师; 吉他手; 硕士研究生, 研究方向: 工程经济与造价管理、非线性复杂系统的分析与建模、人工智能算法与数据挖掘技术, 以及现代吉他演奏技术。



彭永忠 中铁第四勘察设计院集团有限公司, 工程经济设计处总工程师, 教授级高级工程师; 英国皇家工料测量师; 中国工程咨询协会专家; 武汉大学、中南大学导师, 主要研究领域: 工程经济。

序

21 世纪智能科学飞速发展,智能电力、智能农业、智能医疗、智能交通、智能教育等各行各业的智能化大势所趋,工程造价作为工程建设中的重要领域其实施智能化的作用举足轻重,意义深远。

我国目前采用的工程造价管理模式是以定额为计价基础的全过程工程造价管理模式,由前苏联传统定额管理模式发展而来的,比较适应于高度计划经济体制。目前已不能完全适应市场经济和进一步开放市场的需要,要和国际通行惯例接轨有相当大的差距。这种模式表现出明显的不足,即:(1)工程造价管理的重点是实施阶段,而没有把决策、设计阶段的造价管理放在突出的位置。(2)强调建设期建设成本,而对未来的运营和维护成本不予考虑或考虑很少,不能对全生命周期的工程造价进行有效控制与管理。(3)我国目前施行的是静态的工程造价管理方式,无法与工程造价要素市场价格同步,从而不能反映工程的真实价格,且与国外动态工程造价的管理不接轨。

近年来,我国的工程造价管理模式正逐渐从以定额计价为基础的全过程工程造价管理模式向全生命周期造价管理模式过渡。全生命周期造价管理模式实行后使得整个系统更复杂,需要处理的信息激增,在海量的数据中,有些数据对以后的项目有较高的参考价值,有些则是

参考价值小的数据,剩下的则是冗余的噪声数据。而要从这些海量的数据中筛选出有用的数据则是一件艰难的事情,而且很多数据具有实效性、动态性、随机性。随着时间的推移,数据技术的迅速发展以及数据管理的广泛应用,人们积累的数据越来越多,激增的数据背后隐藏着许多重要的信息,人们希望能够对其进行更高层次的分析,以便更好地利用这些数据。针对以上现状在工程造价数据信息中急需要进行有效的数据挖掘,使信息成为知识,再把知识付诸于应用,这使一些传统的数据处理方法感到无能为力,为此就要在工程造价领域寻找新的数据处理的工具。

信息化是智能化的过渡阶段,智能化的迫切需求和发展趋势既是历史的选择也是科技进步的需要,面对各行业智能化发展的大趋势,如何构建工程造价领域的智能化体系成为当前棘手的问题。工程造价的变化是非线性的、随机的、开放的、非平衡态的、突变性的,这样工程造价的预测就会更加复杂。因此,寻找一种既能满足投资估算、设计概算等阶段的精度要求,又能节省时间和工作量,提高工作效率的计算方法其重要性是显而易见。面对当前国内几乎没有可参考的系统的智能造价理论和方法资料,作者站在全生命周期造价的角度,从国内外研究现状出发,在显著性造价基础上,融合多种当前的智能算法,系统地探索智能造价的各种底层数学智能估算模型,并对其进行精度检验,得出了其目前可使用的深度和范围以及不足和限制等结论,初步给出了智能造价的框架理论和技术方法,为工程造价智能化发展打下基础。本书思路清晰、简洁,科学态度严谨、逻辑思维缜密、信息

量大,实为国内研究工程造价智能化较为系统的成果。

作者预见并弥补了这一方面的需求是非常有益与及时的,它将为高校、科研机构等研究人员,建设部门、设计单位、施工单位等领域高级工程师,相关人工智能领域的工作人员以及企业高级决策者等提供一本有价值的参考资料。我曾遍访欧、美、澳等地十余国,深感发展经济、发展科学事业是强国之本;“快马加鞭未下鞍,刺破青天锓未残”,更喜后继有人,后来居上,不断有专著问世,勇攀科学的高峰。故欣然作序。

徐 川

2012年12月26日

前 言

现行工程造价投资估算、决策、控制理论方法的线性、确定性、简单性、滞后性的缺陷,导致投资目标确定误差大(预测不准)和控制可靠性极不稳定(三超问题),引发了现实中一系列的质量、工期、超支等问题,运用智能融合技术、复杂系统动力学和全面造价集成理论等方法寻求有效的造价估算和控制,是解决问题的一个出路。

本书在全生命周期造价(WLC)和显著性理论(CS)的基础上,深入探讨和寻找在不同情况下复杂系统的高精度估算和控制模型,以期提高造价估算和控制的水平,从根本上解决由于造价估算与控制方法的不当所引发的各种不良后果。课题以实际大量已完工程的工程量清单为研究对象,以高速公路造价计算为例,深入分析、研究了公路工程的特点,由粗糙集从客观上提取工程特征,并确定同类工程;在传统的粗糙集基础上给出抗噪声能力强的变精度粗糙集模型(VPRS),进一步深入挖掘类似工程。结合神经网络与粗糙集机器学习估算,通过实例进行分析,证明粗糙集-神经网络和粗糙集机器学习估算方法是有效可行的。将智能计算领域中的两种基本方法——人工神经网络和遗传算法相结合,建立智能融合计算的遗传神经网络造价估算模型,通过仿真试验验证了其稳定性和有效性,在深入研究神经网络的基础之上,建立径向基(RBF)神经网络结构模型,针对其结构特点,应用粒

子群(PSO)智能优化算法对其进行优化,完成了基于智能融合计算的造价估算,通过仿真表明了该方法在全生命显著性造价(WLCS)估算方法中的可行性。将混沌动力系统与神经网络进行结合,融合两种智能算法的优点,在已获价值 EVM 的基础上,利用混沌神经网络对显著性项目的 ACWP(已完工程量实际造价)、BCWP(已完工程量预算造价)进行动态估算,以便在发生偏差之前进行准确度高的估算,分析原因,并给出控制措施。仿真实验表明,该方法的有效、可行的。

本课题的研究,来源于国家自然科学基金项目(70373032)《基于非线性复杂系统理论的政府投资项目全面投资控制方法研究》、国家留学人员科技活动择优资助计划重点项目([2007]20 号)、省高校百人优秀创新人才基金(教科[2007]9 号)《非线性全生命周期显著性投资 WLCS 确定和控制理论和方法研究》等基金的资助。

由于我们水平有限,书中的错误或疏漏在所难免,希望广大读者不吝赐教和指正!我们的意见邮箱是 13044964@sohu.com。

编著者
2012 年 12 月

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 研究背景及研究意义	1
1.2 研究的主要内容	3
1.3 拟解决的关键问题	4
1.4 创新之处	5
1.5 思路和结构安排	6
第 2 章 国内外研究现状	8
2.1 全生命周期造价(WLC)研究现状	8
2.2 显著性成本理论(CS)研究现状	12
2.3 智能融合技术研究现状	14
第 3 章 全生命显著性造价投资确定理论与方法	18
3.1 以全生命周期造价 WLC 理论为基础	19
3.2 运用“显著性成本 CS”模型简化投资确定和控制 程序	25
第 4 章 粗糙集(RS)在 WLCS 中的研究与应用	32
4.1 粗糙集理论(RS)基础	33
4.2 基于 RS 的工程特征提取	38
4.3 RS 在寻找同类工程中的研究与应用	55
4.4 利用变精度粗糙集(VPRS)进一步深入挖掘类似 工程	61
4.5 RS 机器学习在 WLCS 方法中的估算应用	67

4.6 粗集-神经网络(RS-NN)在 WLCS 估算方法中的 研究与应用	75
第5章 WLC 遗传神经网络集成估算方法研究	84
5.1 遗传算法	84
5.2 神经网络与遗传算法的集成	85
5.3 遗传神经网络造价估算模型的建立	86
5.4 实例与仿真	90
5.5 本章小结	98
第6章 基于 PSO 优化算法的 RBF 神经网络 WLCS 估算 方法研究	100
6.1 粒子群(PSO)优化算法	100
6.2 粒子群(PSO)优化 RBF 神经网络	101
6.3 实例与仿真	103
6.4 本章小结	105
第7章 造价投资控制理论与方法研究	106
7.1 用已获价值理论 EVM 监控项目进度	107
7.2 基于混沌-神经网络理论和 CS 理论的 ACWP、 BCWP 估算研究	110
7.3 已完工程 CSI _s 的 GM(1,1)模型预测 ACWP、 BCWP	123
第8章 结论及展望	133
8.1 结论	133
8.2 展望	134
参考文献	135

第1章 绪 论

1.1 研究背景及研究意义

1.1.1 研究背景

2008年,中国中央政府为应对次贷引发的金融危机的蔓延,继续采用了投资扩大内需政策,启动了4万亿元主要集中在铁路、公路、电力等大型基础设施建设(约1.5万亿元)的两年投资计划,同时引发了地方政府高达20万亿元的投资计划。2008年至2010年计划启动的大项目有1000多个,总投资达到8000亿元。如此巨大的投资,其投资决策、管理、建设、运营维护的重要意义可想而知。然而,在投资急剧增长的同时,投资项目管理水平和效率却出现严重不相匹配、滞后的现象。

“三边、两变、三超”现象严重:“三边”(边设计、边施工、边预算)更加严重,三边必然引发“两变”(Ⅰ、Ⅱ类变更设计),“两变”导致“超支”。据统计,20世纪90年代铁路工程90%工程超概,超支幅度达40%以上。“跑冒滴漏”资金浪费和“挪占挤贪”现象严重。据国家审计署2006、2007、2008年度《审计公报》显示:三峡水利枢纽工程“因管理不够严格增加建设成本4.88亿元”;354个水利建设项目中“有109个未按计划建成”,“35.85亿元资金被滞留,12.64亿元被挤占挪用和损失浪费”。“新的豆腐渣(未达到设计质量标准,如新建项目不如老项目)、新马拉松、烂尾工程(项目建成后维修不断)”仍未杜绝。

造成这些现象的原因很多,究其主要原因:(1)造价管理理念仍为全过程造价管理思想,全生命周期造价理念还停留在理论探讨上。(2)现行投资估算、决策、控制理论方法的线性、确定性、简

单性、滞后性等缺陷,导致投资目标确定误差大和控制可靠性极不稳定。因此,从全过程造价思想转变为全生命周期造价思想和寻找复杂系统的高精度估算及控制模型是十分必要的,也是本书要重点研究的两项内容。

1.1.2 研究意义

我国目前采用的工程造价管理体系是以定额为计价基础的全过程造价管理模式,注重前期的建设成本,较少考虑建筑物的后期运营维护成本,但是英国皇家工程研究院的一份报告指出,以现存30年的办公建筑为例,施工成本、维护成本、运行成本之间的比例关系是1:5:200,这足以说明运行维护阶段的成本远远大于施工阶段的成本。由此暴露出传统造价模式的弊端,尤其是在项目的可行性分析阶段、决策阶段,项目的期初方案评价与选择阶段不足之处更为突出。采用全生命周期造价管理,从工程项目全生命周期出发去考虑造价和成本问题,不仅包括以前的决策阶段、设计阶段、实施阶段、竣工验收阶段并且增加了运营维护阶段和报废阶段的研究,从全生命周期成本最低的角度进行工程设计和投资优化,它考虑的时间范围更长,也更合理。指导人们自觉地、全面地从工程项目全生命周期出发,综合考虑项目的建造成本与运营和维护成本,从多个可行性方案中,按照生命周期成本最小化的原则,选择最佳的投资方案,从而实现更为科学合理的投资估算。

此外,工程造价估算与控制是一个非线性复杂系统,全生命周期造价管理模式实行后使得整个系统更为复杂,寻找性能更优的估算与控制算法成为目前急需解决的一项重要问题。本书拟采用智能融合计算,把不同的智能计算方法与技术有机地融合为一体,取长补短,改善当前造价估算与控制方法的不科学、精度低、确定性、简单性、滞后性、计算量大、可靠性差等缺点。以期从根本上解决由于造价估算与控制方法的不当所引发的各种不良后果。

1.2 研究的主要内容

全生命周期造价的思想转变和建立性能更优的造价估算及控制模型是本书研究的重点,本书着眼于项目建设前期的造价估算和建设期的造价控制。舍弃了国内长期以来一直把建设项目投资控制的重点放在施工阶段的事后控制理念,强调运用 WLC 理论进行建设项目可研阶段的投资估算,以寻求 WLC 最低为目标进行投资方案的优选,从而达到建设项目投资的最优化。以全生命周期造价理论和显著性理论为基础,深入研究各种智能计算方法的特点,将智能计算领域中不同的智能优势进行融合与互补。本书主要进行了以下几个方面的工作。

1.2.1 投资估算方法研究

可行性研究阶段和设计阶段是确定项目投资目标和投资设计方案的关键阶段,这一阶段投资估算的准确性对整个建设项目投资经济和社会效益起着至关重要的作用。此阶段也是投资确定信息最不确定、最不充分和最模糊的阶段,寻找有效的适合处理大量的、杂乱无章的、非线性的、强干扰数据(海量数据)的智能融合模型是本课题研究的焦点。主要进行以下内容研究:(1)利用粗糙集对所要研究的数据进行分析,提取出有效的工程特征,并结合显著性理论挖掘同类工程。使用粗糙集对工程数据进行属性的约简,实现降噪处理,有效地去除冗余属性以减少建模计算量。最后,提取出有效的数据,并结合 CS 理论简化投资估算方法和优化估算程序的原理,计算类似工程的显著性项目成本以及显著性因子。(2)同时尝试通过粗糙集-神经网络和粗糙集机器学习对拟建工程的全生命周期造价进行估算,通过仿真实验验证其有效性。(3)基于对传统粗糙集的不足,采用变精度粗糙集(VPRS)进一步深入挖掘潜在的同类工程。(4)在有足够的工程投资数据条件下,运用混合神经网络技术,选择足够数量的类似工程作为训练样本,在此给出两种不同的神经网络改进模型,经过遗传算法改善后的 BP

神经网络和基于群智能的粒子群(PSO)优化的 RBF 神经网络,以期改善以往算法的不足。其模拟人脑思维和融合当前智能算法的优势等优点能够有效处理工程造价影响因素之间的非线性映射关系,利用大量历史工程造价数据对其进行训练,从而估算出拟建工程的显著性造价(CSIs, Cost-Significance Items)和显著性因子(CSF)。

1.2.2 投资控制方法研究

由于造价系统是一个典型的大规模复杂非线性系统,在一定条件下其必然会发生分岔、混沌现象,分岔、混沌将影响造价系统的稳定运行,所以运用混沌动力系统与神经网络进行结合,融合两者的优点,在 EVM 的基础上,对显著性项目的 ACWP、BCWP 进行动态预测,实时进行造价的控制分析。

当工程数据不足且呈灰色状态时,采用 $GM(1, N)$ 模型在 EVM 的基础上,对显著性项目的 ACWP、BCWP 进行动态预测,实时进行造价的控制分析。

1.3 拟解决的关键问题

针对建设项目全生命周期造价预测和控制的复杂性,本书综合运用了造价预测和控制的集成理论和方法,对各种方法和理论取长补短,优化组合。主要有全生命周期造价(WLC)、显著性理论(CS)、遗传神经网络(GA-BPNN)、粗糙集理论(RS)、粗糙集神经网络(RS-NN)变精度粗糙集(VP-RS)、粒子群-径向基神经网络(PSO-RBF)、混沌神经网络(Chaos-RBF)、已获价值理论(EVM)、灰色系统理论($GM(1, 1)$)等算法的集成应用。所以,首先需要解决的问题就是如何运用这些技术更好地体现全生命显著性造价的投资与控制,在什么情况下适合运用这些技术,并且能更好地发挥其作用。其次,各种智能算法有效的融合机制是本书的一个难点。最后,实际工程数据的有效准确收集、整理至关重要。由于其保密性、收集难度大、周期长,存在着许多不确定性因素等特点,如何有

效地利用这些数据进行选择、分析和处理具有技术难度。

1.4 创新之处

目前国际上前沿的全面造价(管理)理论和方法尚局限在对概念和理论的研究上,而对其方法论的研究尚无突破性进展,对其具体技术方法的研究尚十分欠缺。而国内在工程项目全面投资确定和控制理论和方法上处于转轨变型阶段,急需有先进的理论和方法作前导。

本书主要创新点如下:

目前,在全生命周期造价的相关文献中没有发现遗传神经网络(GA-BPNN)、粗糙集二次分类、变精度粗糙集、粒子群-径向基神经网络(PSO-RBF)、混沌神经网络的使用,本书将对此进行研究,具体如下:

(1)通过粗糙集计算属性的约简,从客观上提取出工程特征,杜绝了以往工程特征靠专家判断所具有的主观因素弊端,并利用粗糙集通过二次分类来挖掘出类似工程。

(2)在传统粗糙集基础上给出抗噪声能力强的变精度粗糙集(VPRS),并对类似工程信息进行更深一层的挖掘,提高了抗噪声能力,解决了传统粗糙集在挖掘同类工程中因缺乏对噪声数据的适应能力,缺乏柔性、鲁棒性的不足。充分利用了传统粗糙集易丢失的大量有用信息,进一步挖掘出潜在的、宝贵的工程信息。

(3)把粗糙集与神经网络相融合(RS-NN),通过粗糙集-神经网络估算与传统神经网络估算结果进行性能对比分析,实例证明,经过粗糙集约简条件属性和工程规则的数量,去除了决策表中的冗余信息,大大减轻了神经网络输入的维数。以粗糙集抽取出的规则构造神经网络拓扑结构。仿真实验表明,该方法在全生命周期造价中,突出了目标特征,大大缩短了训练时间,提高了精度,并且得到优于常规的神经网络估算,满足投资估算的实时性要求。

(4)使用粗糙集机器学习进行估算,在保持决策属性和条件属

性之间的依赖关系不变化的前提下,根据其等价关系寻找工程知识库中的冗余关系,从而简化决策表,确保知识库的分类能力,约简联系较弱的因素,最后以粗糙集机器学习决策规则的形式实现造价预测。通过交叉验证表明,应用粗糙集机器学习解决全生命周期造价的投资估算是可行的。

(5)针对传统的 BP 神经网络存在的问题,提出遗传神经网络(GA-BPNN)的估算方法。将遗传算法和神经网络融合,充分利用两者的优点,使新算法既有遗传算法的全局随机搜索能力,又有神经网络的学习能力和鲁棒性,通过仿真试验验证其稳定性和有效性,表明该算法在全生命显著性造价估算方法中具备较高的实用性。

(6)针对 RBF 神经网络学习策略上的缺点,将群智能 PSO 优化算法融合到神经网络学习算法中,并通过实例与 GA-RBF 进行对比分析,通过仿真(表明基于 PSO 的神经网络模型预测器预测精度高,误差小。应用 PSO 优化的速度快,效果好)证明了该方法在生命显著性造价估算方法中的可行性。

(7)运用混沌神经网络(Chaos-RBF),在满足混沌状态的情况下,运用混沌动力系统与神经网络进行结合,在 EVM 的基础上,对显著性项目的 ACWP、BCWP 进行动态预测,事前及时、系统地掌握和管理相关信息,有效防止在施工过程中出现造价投资失控,实时进行造价的控制分析。

1.5 思路 and 结构安排

本书的大体思路和结构见图 1-1。