

基于 BSC-EAHP 的国有科技型企业 绩效评价体系研究

潘立生, 查璐瑶

(合肥工业大学 管理学院, 合肥 230009)

摘要:针对国有科技型企业科技性、研发创新性、高收益和国有性质并存的特点,按照平衡计分卡思想从财务、利益相关者、研发与创新、内部业务经营流程和学习与成长五个层面构建了包括目标层、准则层和指标层在内的绩效评价层次指标体系,一定程度上填补了国有科技型企业绩效评价体系研究的空白;利用可拓层次分析法对评价指标体系权重计算进行了研究,解决了构建判断矩阵时忽略专家评价模糊性和判断矩阵不具有一致性的问题;最后,通过专家对指标体系的判断评价对国有科技型企业绩效评价指标体系的权重进行了确定。

关键词:国有科技型企业;绩效评价;平衡计分卡;可拓层次分析法

中图分类号:F272.92 **文献标志码:**A **文章编号:**1671-1807(2016)05-0083-10

为应对新时代对知识经济和科技进步的发展要求,为了在日趋激烈的国力竞争中取得有利地位,我国从20世纪80年代便开始按照“经济建设依靠科学技术,科学技术面向经济建设”的战略方针,有计划有步骤地开展了科技体制改革,而我国国有科技型企业也随之诞生。同时,随着改革开放以来我国社会经济的蓬勃发展和科技体制改革的不断深入,国有科技型企业在国民经济中的重要战略地位日益凸显,成为了我国社会经济发展的有力助推器,其对于进一步建立科技与经济紧密结合的机制,促进传统产业技术改造升级和高新技术产业的形成,提高我国科学技术水平和国家经济竞争力,扩大就业,推动经济发展和社会稳定都起到了越来越重要的作用。因此,针对国有科技型企业的特征和需要,建立一套科学合理的国有科技型企业绩效评价体系对于规范企业经营绩效评价行为,确保企业绩效评价结果的科学、客观和公正,促进企业的健康可持续发展,加强对国有科技型企业经营者的监督和约束都有着重要意义。然而,我国并没有制定一套独立且适用性强的国有科技型企业特点的业绩评价指标体系,目前使用的仍是2002年财政部五部委对1996年制定的《国有资本金绩效评价操作》重新修订后的《企业绩效评价操作细则

(修订)》。这套指标体系是以净资产收益率为核心内容,包括反映企业财务效益状况、资产经营状况、偿债能力状况和发展能力状况四方面内容的基本指标8项、修正指标12项和评议定性指标8项三个层次共28项指标,侧重于财务定量评价指标的选取(指标20项,权重80%),而轻视评议定性指标(指标8项,权重20%)。其主要弊端在于缺少对财务指标的时滞性的考虑,缺少对现有业务流程跟踪评价,缺少对企业发展战略和未来学习发展驱动力的指标设计。从学术界划分的企业绩效评价方法演变的三个阶段——成本绩效评价阶段、财务绩效评价阶段和战略性绩效评价阶段来看,这套评价指标体系仍停留在由财务绩效评价向战略性绩效评价的过渡阶段,因此难以真正满足当前国有科技型企业绩效评价需求。

为保证对国有科技型企业绩效评价的科学性,有两个关键问题亟待解决:一是怎样针对国有科技型企业的特征构建科学合理的评价指标体系,二是如何对评价指标体系进行最优的权重确定。本文拟运用平衡计分卡(BSC)理论的基本原理从五个方面构建动态合理的国有科技型企业绩效评价体系,并在此基础上,运用可拓层次分析法(EAHP)确定指标权重,检验其应用效果。

收稿日期:2016-01-04

作者简介:潘立生(1963—),男,安徽桐城人,合肥工业大学管理学院会计系,副教授,硕士生导师,管理学博士,研究方向:财务管理;查璐瑶(1990—),女,安徽六安人,合肥工业大学管理学院硕士研究生。

1 文献综述

目前,国内学术界对国有科技型企业绩效评价的相关研究仍属空白,但是国内外对于高新技术企业绩效评价的研究成果颇丰。由于国有科技型企业 and 高新技术企业同属科技型企业,两者又有相似之处,即都是知识密集、智力密集和技术密集的经济实体,都以技术、研发和创新为企业立足之本,并且都具有高成长性、高投资、高风险和高收益等典型特点,因此,对高新技术企业绩效评价体系的总结和借鉴在一定程度上有助于合理构建国有科技型企业绩效评价体系。下面,本文从评价指标体系构建和指标权重确定两个主要方面对相关研究进行文献综述。

在评价指标体系构建方面,国内外学者构建的指标体系都包括了财务的定量评价维度,但也设计了针对高新技术企业高成长性、高投资、高风险和高收益特征的非财务定性评价维度,同时更加强调科技研发能力、创新能力、智力资本和人力资源能力等相关指标维度在高新技术企业绩效评价中的作用。Erkki K Laitinen^[1]从包括财务和竞争的外部因素与包括成本、生产流程、工作效率、产品和收入的内部因素两个方面设计了芬兰小型科技企业绩效评价体系。Fang Mei Tseng et al.^[2]从竞争能力、财务状况、生产能力、创新能力和供应链关系五个方面构建了台湾大型液晶平板电脑公司绩效评价体系。Chia-Chi Sun^[3]构建了包括生产能力、供应链能力、创新能力、财务运作能力、人力资源能力等在内的高新技术企业绩效评价体系。游达明、杨文峰^[4]等从技术创新投入能力、技术创新研发能力、技术创新产出能力和技术创新组织能力等方面进行指标设计。梁莱歆、刘建秋^[5]将高新技术企业研发投入维度指标加入并完善了高新技术企业绩效评价指标体系。以上这些指标体系研究虽然没有完全按照平衡计分卡四个维度进行设计,但都与平衡计分卡综合考虑财务与非财务指标合理配置的平衡思想相吻合,同时突出了相关定性指标在对高新技术企业绩效评价研究的重要性。国内学者通过平衡计分卡构建的高新技术企业绩效体系成果很多,文献[6]—[10]的指标体系都是按照平衡计分卡理论从财务、利益相关者(客户)、研发创新、内部业务流程和学习与成长五个方面进行构建。

在指标权重确定方面,目前文献中用到的方法主要有层次分析法、主成分分析法、熵值法和网络层次分析方法等。文献[9]—[11]都应用层次分析法对高新技术企业绩效进行了研究。Wann-Yih Wu^[12]将

平衡计分卡和 DEA 方法结合考察了 38 家航空公司的经营绩效,研究表明业绩好的公司在能源供给、资本应用和业务成本控制方面往往表现更优异。高倩^[13]以我国 68 家高新技术企业上市公司为研究样本,运用主成分分析法对绩效评价体系进行分析,进而得出高新技术企业绩效中研究开发有很重要的作用,同时,研究阶段和开发阶段的投入对企业绩效的影响也有所不同。彭晓光^[6]结合层次分析法、三角模糊综合评价法构建了适合高新技术企业绩效评价的模型。赵晓军^[14]利用层次分析法、变异系数赋权法和灰色关联系数分析法对高新技术企业的绩效评价进行实例分析。

2 基于 BSC 的国有科技型企业绩效评价指标体系构建

2.1 国有科技型企业的界定

我国国有科技型企业是我国科技体制改革过程的产物,同时随着科技体制改革的不断深入而不断发展壮大,我国国有科技型企业主要可以分为以下三类:第一类,由独立开发类国有科研机构整体转制而成的国有科技型企业;第二类,独立或联合发起设立的从事高新技术产品的研制、开发、生产和服务业务的国有独资与国有控股科技型企业;第三类,传统产业国有企业技术改造形成的国有科技型企业。国有科技型企业、民营科技型和高新技术企业同属于技术密集和智力密集型企业,技术资产是最重要的资产,高投入、高风险、高收益等是三者的共同特征。从生产要素结构来看,高技术人力资本要求从事技术和产品研发的科技人员、专业人员占总员工人数比率较高,科研经费占销售收入比率较高,这些使得他们与劳动密集型企业相区别。从产品和服务来看,科技含量高、附加值高和产品风险高是其区别于其他产业的重要特征之一。从其经营领域和所属行业特征来看,都带有明显的高技术密集性、高智力要求等特点。但三者之间也有不同之处。国有科技型企业与民营科技型企业是我国科技型企业从国有性质分类的两个组成部分,而国有科技型企业的国有性质使得其兼具经营性和公益性,相较民营科技型承担着为国家科技战略目标实现和为行业技术进步服务的公益性职能。而从科技型企业 and 高新技术企业的认定标准可以看出两者的区别,表 1 列示了两者主要认定标准的差异对比,总体来看,高新技术的认定标准比科技型企业的认定标准高。

表 1 科技型企业 and 高新技术企业主要认定标准差异对比表

企业 分类	科技型企业	高新技术企业
定义	科技型企业是指产品的技术含量比较高,具有核心竞争力,能不断推出适销对路的新产品,不断开拓市场的企业。	高新技术企业一般是指在国家颁布的《国家重点支持的高新技术领域》范围内,持续进行研究开发与技术成果转化,形成企业核心自主知识产权,并以此为基础开展经营活动的居民企业,是知识密集、技术密集的经济实体。
产品(服务)领域	从事业界认可或有关部门的产品目录形式明确的技术产业领域的业务。	产品(服务)属于《国家重点支持的高新技术领域》规定的范围。
行业范围	光机电一体化、电子与信息、新材料、生物医药、新能源和高效节能、环境保护及其他高新技术领域、农业专利产品。	电子信息技术、生物与新医药技术、航空航天技术、新材料技术、技术服务业、新能源及节能技术、资源与环境技术、高新技术改造传统产业。
研发能力要求	企业具备较强的技术创新能力,其中大专以上学历的科技人员占当年职工总数的 15% 以上,企业的技术开发经费占销售收入的比例要达到 3% 以上。	具有大学专科以上学历的科技人员占企业当年职工总数的 30% 以上,其中研发人员占企业当年职工总数的 10% 以上。最近一年研发经费占销售收入的比率要求为:销售收入小于 5 000 万元的企业,比例不低于 6%;销售收入在 5 000 万元至 20 000 万元的企业,比例不低于 4%;销售收入在 20 000 万元以上的企业,比例不低于 3%。
销售收入要求	企业的专利产品、市级以上新产品的销售收入和技术性收入之和占企业销售总额的 40% 以上。	高新技术产品(服务)收入占企业当年总收入的 60% 以上。

2.2 应用平衡计分卡构建国有科技型企业绩效评价体系的局限性与改进思路

平衡计分卡是一种绩效管理和评价的工具,通过财务、客户、内部业务流程、学习与成长四个相互驱动的指标维度设计综合展现和评价企业的绩效,是一种将企业战略目标与企业业绩驱动因素相结合的战略管理系统。平衡计分卡是一种全方位的评价体系,它主张以实现企业战略为最终目标,重视对非财务指标和未来发展潜力的评价,克服了财务指标滞后性和实现企业长远发展的矛盾;平衡计分卡同时又是一种兼顾各方面平衡的评价体系,综合体现了财务与非财务评价的平衡,有形资产与无形资产的平衡,短期目标和长期目标的平衡,内外部的平衡,过程与结果的平衡,战略目标实现与业绩驱动因素的平衡,管理业绩和经营业绩的平衡,静态与动态的平衡。因此借助平衡计分卡思想构建国有科技型企业绩效评价体系对合理评价国有科技型企业绩效和促进其形成核心竞争力有着重要意义,但是,在应用过程中也存在一定局限性,需要针对国有科技型企业的特征进行适当改进。

1)缺少对研发与创新能力的评价。国有科技型企业的立足之本和经营战略目标实现依赖于技术的不断进步和创新,因此研发与创新能力是国有科技型企业得以生存和立于不败之地的关键所在,虽然平衡

计分卡涉及了创新维度,但对于国有科技型企业的研发与创新能力的的评价仍显得薄弱,因此需要将科研与创新能力的的评价作为一个重要的层面独立设计评价指标。

2)缺少对国有科技型企业成长性的评价。许多研究表明研发与创新对于科技型企业的成长性有着正相关的促进作用,科技型企业在初创投入期后形成的相对技术优势有助于企业快速成长,因此需要在财务层面针对国有科技型企业的高速成长性设计相关评价指标。

3)缺少对利益相关者层面的评价。国有科技型企业的国有性质使得其与银行、政府、科研机构、供应商的关系更加紧密,因此需要将平衡计分卡客户维度拓展为利益相关者维度,增加银行、政府、科研机构、供应商的相关评价指标。

4)缺少对国有科技型企业人力资本要素的评价。国有科技型企业高级管理人员的经营管理水平和研发团队的知识创新能力是其人力资源要素的重要特征,因此需要针对这方面特征进行指标体系的设计。

5)缺少对国有科技型企业社会责任的评价。国有企业的另一个重要特征在于要承担更多的社会责任,如保障国有资产的保值增值,维护市场经济秩序稳定,为消费者提供优质的服务和产品,贯彻节能降

耗、资源节约、环境友好的国家战略。因此,需要增加社会责任方面的指标设计。

2.3 基于平衡计分卡的国有科技型企业绩效评价体系构建

通过以上分析,本文认为借鉴平衡计分卡的特点对国有科技型企业进行绩效评价是科学合理的,但应用中需要结合国有科技型企业高科技、高成长性、高知识投入、高研发费用等特征和国有科技型企业绩效的外部环境等影响因素进行综合考虑。本文按照上述改进思路,依据指标选取的系统性、科学性、客观性及可操作性原则,将业绩评价体系的构建从财务、利益相关者、研发与创新、内部业务经营流程和学习与成长五个准则层面进行设计,如表 2 所示。

1)财务层面。财务层面指标是评价企业业绩的最终指标,是企业经营成果和财务状况的最终反映,同时也是其他层面指标设计的最终结果,其他层面指标是服务于财务指标的驱动因素。本文主要从反映盈利能力、营运能力、偿债能力和发展能力的四个方面设计财务层面评价指标,同时,针对国有科技型企业国有性质和高成长性,增设反映高成长性的主营业务增长率等财务指标。具体指标设计见表 2。

2)利益相关者层面。利益相关者是指与企业生产经营行为和后果有直接或间接利害关系的群体或个人。就国有科技型企业而言,客户、银行金融机构、政府、供应商、产学研合作、竞争对手是其重要的外部利益相关者,他们对于企业实现经营目标有着重要作用。因此,本文从提高客户满意度、改善营销渠道关

系、改善与金融机构的关系、促进政企合作、社会科技创新环境以及社会责任的履行等方面进行指标设计。具体指标设计见表 2。

3)研发与创新层面。技术研发是企业提高市场竞争力的重要条件,创新则是企业谋求长期发展的不竭动力和源泉,对于以高智力和高知识资本投入为特征的国有科技型企业来说,研发与创新是其发展的永恒主题,同时,国有科技型企业的公益性特征也要求其对于行业技术进步和产业转型升级起到引领示范作用。本文认为应从研发创新投入、研发创新产出、研发创新管理能力三方面进行指标设计。具体指标设计见表 2。

4)内部业务经营流程层面。内部控制能力和经营管理能力是国有科技型企业实现经营目标的内在关键因素,它是连接平衡计分卡其他几个维度的中间环节,对内部控制和经营流程应以对利益相关者和实现财务目标影响最大的业务流程为中心进行指标设计。本文主要从内部控制、内部业务流程、市场营销能力、售后服务流程四个方面进行指标设计。具体指标设计见表 2。

5)学习与成长层面。学习与成长为企业持续的未来发展潜力提供了最基本的驱动力,它是企业取得良好业绩的驱动性因素,为企业的可持续发展提供了重要保障。通过这一层次的评价可以对企业的持续改进和价值创造潜力进行有效衡量。本文主要从以下几个方面进行指标设计:员工成长、企业文化、信息系统能力和组织协同能力。具体指标设计见表 2。

表 2 国有科技型企业绩效评价指标体系

准则层	权重	一级指标	权重	二级指标	单排序	总排序
财务	0.280	盈利能力 C1	0.433	净资产收益率	0.618	0.075
				主营业务利润率	0.173	0.021
				资本保值增值率	0.209	0.025
		营运能力 C2	0.225	总资产周转率	0.113	0.007
				流动资产周转率	0.355	0.022
				应收账款周转率	0.270	0.017
				存货周转率	0.262	0.017
		偿债能力 C3	0.205	资产负债率	0.109	0.006
				现金流动负债比率	0.308	0.018
				速动比率	0.326	0.019
				已获利息倍数	0.257	0.015
		发展能力 C4	0.136	总资产增长率	0.118	0.005
				主营业务增长率	0.426	0.016
				三年总资产平均增长率	0.216	0.008
				三年主营业务平均增长率	0.240	0.009

续表 2

准则层	权重	一级指标	权重	二级指标	单排序	总排序
利益相关者	0.267	客户管理能力 C5	0.217	市场占有能力	0.222	0.013
				顾客满意度	0.278	0.016
				老顾客保持能力	0.243	0.014
				新顾客获得能力	0.155	0.009
				顾客购买能力	0.102	0.006
		改善营销渠道关系 C6	0.256	渠道范围与利用效果	0.152	0.010
				渠道成员信誉	0.218	0.015
				渠道成员竞争力	0.231	0.016
				营销渠道扩展能力	0.212	0.014
				营销渠道管理能力	0.187	0.013
		改善与金融机构关系 C7	0.117	银行对企业信用评级	0.773	0.024
				融资难易程度	0.227	0.007
		改善政企关系 C8	0.115	政府科技财政支出对企业的支持	0.391	0.012
				政府相关科技创新政策	0.172	0.005
				与科技创新有关的税收优惠	0.233	0.007
				政府支助项目占总项目比率	0.205	0.006
		社会技术创新环境 C9	0.094	产学研合作水平	0.372	0.009
				行业技术改进与创新水平	0.204	0.005
				主要竞争对手研发创新能力	0.177	0.004
				公司主要技术可替代性	0.247	0.006
		社会环保责任 C10	0.090	环保设备净值占固定资产净值比重	0.268	0.006
				环保经费占收入比重	0.468	0.011
				环保经费增长率	0.264	0.006
		社会贡献 C11	0.110	总资产税费率	0.549	0.016
				就业贡献率	0.349	0.010
				社会捐赠占销售收入比率	0.102	0.003
研发与创新	0.279	研发创新投入 C12	0.306	研发经费与营业收入之比	0.386	0.033
				研发经费增长率	0.379	0.032
				科技人员投入比率	0.116	0.010
				经营者对技术创新支持	0.119	0.010
		研发创新产出 C13	0.552	科技成果转化能力	0.117	0.018
				研发投资回报率	0.200	0.031
				新产品市场占有率	0.262	0.040
				新产品(服务)贡献率	0.154	0.024
				技术性收入贡献率	0.102	0.016
				研发成功率	0.092	0.014
				自主创新产品率	0.072	0.011
		研发创新管理能力 C14	0.142	研发创新管理体系完备性	0.144	0.006
				专利申请能力	0.069	0.003
				研发创新激励机制健全程度	0.232	0.009
				研发创新信息采集能力	0.240	0.010
				与外界技术研发合作能力	0.093	0.004
				技术创新预测与评价能力	0.094	0.004
				研发组织管理能力	0.127	0.005

续表 2

准则层	权重	一级指标	权重	二级指标	单排序	总排序
内部业务 经营流程	0.116	内部控制能力 C15	0.354	内部环境	0.116	0.005
				风险评估	0.192	0.008
				控制活动	0.288	0.012
				信息与沟通	0.131	0.005
				内部监督	0.273	0.011
		内部业务流程 C16	0.254	生产体系完备性	0.090	0.003
				新产品技术水平	0.181	0.005
				产品合格率	0.285	0.008
				生产能力利用率	0.226	0.007
				成本费用利润率	0.218	0.006
		市场营销能力 C17	0.304	国内营销服务站建设完成率	0.225	0.008
				市场动态分析能力	0.182	0.006
				市场研究费用投入强度	0.233	0.008
				市场研究人员投入强度	0.171	0.006
		售后服务能力 C18	0.088	专职销售人员比率	0.189	0.007
				售后人员技术与服务水平	0.339	0.003
				售后服务及时率	0.192	0.002
				售后服务满意度	0.258	0.003
学习与成长	0.058	员工成长潜力 C19	0.261	沟通渠道完备性	0.210	0.002
				员工知识水平结构	0.217	0.003
				员工满意程度	0.280	0.004
				员工保持率	0.205	0.003
				招聘和培训投入力度	0.145	0.002
		企业文化 C20	0.415	接受培训人数占比	0.153	0.002
				企业文化认可度	0.251	0.006
				企业技术创新文化和氛围	0.749	0.018
		信息系统能力 C21	0.157	信息系统完善程度	0.209	0.002
				信息系统灵敏度	0.353	0.003
				管理信息系统效率	0.437	0.004
		组织协同能力 C22	0.167	部门间协调能力	0.248	0.002
				组织运行效率	0.531	0.005
				信息交流程度	0.221	0.002

3 可拓层次分析法

层次分析法常用于具有层次结构的指标体系的权重确定,但一个重要问题在于对指标两两比较时,总以一个具体的数值表示两者的重要性程度,没有考虑到专家判断的模糊性。同时,当层次结构较深或指标数过多时,其复杂性可能造成评价判断的片面性和思维定性,从而使得指标两两比较时出现偏差,进而导致判断矩阵一致性检验有可能不通过的情况,如此便需要对判断矩阵重新调整。可拓层次分析法则能很好地解决模糊性的问题,而采用百分制综合评分法确定同层级指标相对重要性相较于九级标度法在专家评判和最终计算时都更简便易行。

3.1 可拓区间数及其运算

定义 1 设 E(U)为给定论域 U 上的全体可拓集

合,设 $a = \langle a^-, a^+ \rangle \in E(U)$, 其中 $a = \langle a^-, a^+ \rangle = \{x|0 < a^- < x < a^+\}$ 称为可拓区间数。对于两个可拓区间数 $a = \langle a^-, a^+ \rangle$ 和 $b = \langle b^-, b^+ \rangle$, 当且仅当 $a^- = b^-, a^+ = b^+$ 时,称两者相等,记为 $a = b$ 。

定义 2 设 $a = \langle a^-, a^+ \rangle, b = \langle b^-, b^+ \rangle$ 为两个可拓区间数,则 $a \geq b$ 的可能性可由以下公式求出:

$$V(a \geq b) = \frac{2(a^+ - b^-)}{(b^+ - b^-) + (a^+ - a^-)} \tag{1}$$

定义 3 以可拓区间数为元素的向量和矩阵分别称为可拓区间数向量和可拓区间数矩阵,其运算法则通常按照数字矩阵或向量的运算进行。设 $A = \{a_{ij}\}_{n \times n}$ 为可拓区间数矩阵,其中 $a_{ij} = \langle a_{ij}^-, a_{ij}^+ \rangle$, 记, $A^- = \{a_{ij}^-\}_{n \times n} A^+ = \{a_{ij}^+\}_{n \times n}$, 并记 $A = \langle A^-, A^+ \rangle$, 同样对于可拓区间数向量 $x =$

$(x_1, x_2, \dots, x_n)^T$, 其中 $x_i = \langle x_i^-, x_i^+ \rangle$, 记 $x^- = (x_1^-, x_2^-, \dots, x_n^-)^T$, $x^+ = (x_1^+, x_2^+, \dots, x_n^+)^T$, 从而记 $x = \langle x^-, x^+ \rangle$ 。

定理 1 设 $a = \langle a^-, a^+ \rangle$, $b = \langle b^-, b^+ \rangle$ 为两个可拓区间数, 则:

$$1) a \oplus b = \langle a^-, a^+ \rangle \oplus \langle b^-, b^+ \rangle = \langle a^- + b^-, a^+ + b^+ \rangle;$$

$$2) a \otimes b = \langle a^-, a^+ \rangle \otimes \langle b^-, b^+ \rangle = \langle a^- \times b^-, a^+ \times b^+ \rangle;$$

$$3) \forall \lambda \in R^+, \lambda a = \lambda \langle a^-, a^+ \rangle = \langle \lambda a^-, \lambda a^+ \rangle;$$

$$4) 1/a = \langle 1/a^-, 1/a^+ \rangle.$$

定义 4 设 A 为一可拓区间数矩阵, λ 是一个可拓区间数, 如果存在一个可拓区间数向量 x , 使得关系式 $Ax = \lambda x$ 成立, 则称 λ 为 A 的一个特征值, x 为 A 对应于 λ 的一个特征向量。

定理 2 根据可拓区间数相等的定义可得, 如果 $Ax = \lambda x$, 则有 $A^- x^- = \lambda^- x^-$, $A^+ x^+ = \lambda^+ x^+$ 成立。

定理 3 设 $A = \langle A^-, A^+ \rangle$, 如果 λ^-, λ^+ 分别是 A^-, A^+ 的最大特征值, 则:

$$1) \lambda = \langle \lambda^-, \lambda^+ \rangle \text{ 为 } A \text{ 的特征值};$$

2) $X = \langle 1x^-, mx^+ \rangle$ 是对应于 λ 的全体特征值, 其中 x^-, x^+ 分别为 A^-, A^+ 对应于 λ^-, λ^+ 的任一正特征向量, l 和 m 是满足 $0 < 1x^- \leq mx^+$ 的全体正实数。

3.2 一致性可拓区间数判断矩阵及其一致性条件

定义 5 设 $A = \{a_{ij}\}_{n \times n}$ 为一个可拓区间数判断矩阵, 若对 $\forall a_{ij} = \langle a_{ij}^-, a_{ij}^+ \rangle$, $i, j = 1, 2, \dots, n$, 均满足 $1/9 \leq a_{ij}^- \leq a_{ij}^+ \leq 9$ 且 $a_{ij} = 1/a_{ji}$, 同时, 设 $w = (w_1, w_2, \dots, w_n)^T$ 为可拓区间数判断矩阵的特征向量, 若 a_{ij} 准确反映了 w_i 与 w_j 的比值, 即 $a_{ij} = w_i/w_j$ ($i, j = 1, 2, \dots, n$), 则称 $A = \{a_{ij}\}_{n \times n}$ 为一致性可拓区间数判断矩阵。

推论 由定义 4 可知, 若 $A = \{a_{ij}\}_{n \times n}$ 为一致性可拓区间数判断矩阵, 则对于 $\forall i, j, k = 1, 2, \dots, n$ 均满足 $a_{ij} = 1/a_{ji}$, $a_{ij}a_{jk} = a_{ik}$, $a_{jj} = 1$ 。

定理 4 设 $A = \{a_{ij}\}_{n \times n}$ 为一致性可拓区间数判断矩阵, x^-, x^+ 分别为 A^-, A^+ 对应于 λ^-, λ^+ 的归一化特征向量, 则 $w = \langle 1x^-, mx^+ \rangle = (w_1, w_2, \dots, w_n)^T$ 满足 $a_{ij} = w_i/w_j$ ($i, j = 1, 2, \dots, n$) 的充分必要条件是:

$$1 = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n \frac{1}{\sum_{i=1}^n a_{ij}^+}}{\sum_{i=1}^n a_{ij}^+}}, m = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n \frac{1}{\sum_{i=1}^n a_{ij}^-}}{\sum_{i=1}^n a_{ij}^-}} \quad (2)$$

若 $0 \leq 1 \leq 1 \leq m$, 则说明可拓区间数判断矩阵的一致性较好。

3.3 构造综合可拓区间数判断矩阵及其一致性权重向量求解

设第 k 层次指标结构有 n_k 个指标与第 $k-1$ 层的第 y 个指标对应, 共有 T 位专家分别对这 n_k 个指标进行重要性判断, 考虑到专家评价的模糊性, 用可拓区间数来表示比较评价结果更加客观, 于是得到:

$$f_i^{t,k} = \langle f_i^{t,k-}, f_i^{t,k+} \rangle, \text{ 其中 } i = 1, 2, \dots, n_k; t = 1, 2, \dots, T$$

将 T 位专家的评价可拓区间数进行综合, 得到:

$$f_i^{k} = \frac{1}{T} \otimes (f_i^{1,k} + f_i^{2,k} + \dots + f_i^{T,k}), \text{ 其中 } i = 1, 2, \dots, n_k; t = 1, 2, \dots, T \quad (3)$$

由此构建出第 k 层的 n_k 个指标关于第 $k-1$ 层的第 y 个指标的综合可拓区间数:

$$a_{i,j}^k = \langle a_{i,j}^{k-}, a_{i,j}^{k+} \rangle = \langle \frac{f_i^{k-}}{f_j^{k-}}, \frac{f_i^{k+}}{f_j^{k+}} \rangle, \text{ 其中 } i, j = 1, 2, \dots, n_k \quad (4)$$

进而得到综合可拓判断矩阵 $A^k = \langle A^{k-}, A^{k+} \rangle$, 对其求满足一致性条件的权重向量的步骤为:

1) 分别求出 A^{k-}, A^{k+} 的最大特征值对应的具有正分量的归一化特征向量 x^{k-}, x^{k+} ;

2) 按照定理 5 中的公式, 求出 l, m , 从而得到满足一致性条件的权重向量:

$$z^k = (z_1^k, z_2^k, \dots, z_n^k)^T = \langle 1x^-, mx^+ \rangle \quad (5)$$

3.4 层次单排序

根据定义 2 计算 $V(z_i^k \geq z_j^k)$ ($i, j = 1, 2, \dots, n_k; i \neq j$), 若对于 $\forall i, j = 1, 2, \dots, n_k; i \neq j$, 均满足 $V(z_i^k \geq z_j^k) \geq 0$, 则 $p_{jy}^k = 1, p_{iy}^k = V(z_i^k \geq z_j^k)$, $i, j = 1, 2, \dots, n_k; i \neq j$ 。

其中, p_{iy}^k 表示第 k 层的第 i 个指标对第 $k-1$ 层的第 y 个指标的单排序, 将 $\{p_{iy}^k\}, i = 1, 2, \dots, n_k$ 向量进行归一化处理后, 得到 $\overline{p_y^k} = (\overline{p_{1y}^k}, \overline{p_{2y}^k}, \dots, \overline{p_{n_k y}^k})^T$ 表示第 k 层的 n_k 个指标对第 $k-1$ 层的第 y 个指标的归一化单排序权重向量。

3.5 层次总排序

求出所有 $\overline{p_y^k} = (\overline{p_{1y}^k}, \overline{p_{2y}^k}, \dots, \overline{p_{n_k y}^k})^T y = 1, 2, \dots, n_{k-1}$ 之后, 可得如下 $n_k \times n_{k-1}$ 阶矩阵:

$$\overline{p_y^k} = (\overline{p_{1y}^k}, \overline{p_{2y}^k}, \dots, \overline{p_{n_k y}^k})^T = \begin{bmatrix} \overline{p_{11}^k} & \overline{p_{12}^k} & \dots & \overline{p_{1n_{k-1}}^k} \\ \overline{p_{21}^k} & \overline{p_{22}^k} & \dots & \overline{p_{2n_{k-1}}^k} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \overline{p_{n_k 1}^k} & \overline{p_{n_k 2}^k} & \dots & \overline{p_{n_k n_{k-1}}^k} \end{bmatrix}$$

若 $k-1$ 层对总目标的排序权重向量为 $Q^{k-1} = (Q_1^{k-1}, Q_2^{k-1}, \dots, Q_{n_{k-1}}^{k-1})^T$, 则第 k 层所有指标对总目标的层次总排序为:

$$Q^k = (Q_1^k, Q_2^k, \dots, Q_{n_k}^k)^T = \overline{p^k} Q^{k-1}$$

更一般地有:

$$Q^k = \overline{p^k} \overline{p^{k-1}} \dots \overline{p^3} Q^2$$

其中 Q^2 即为单排序向量。

4 实例分析

4.1 调查问卷设计和处理

首先,根据表 2 的指标体系设计专家调查问卷,问卷主要包括一个准则层可拓区间数调查问卷,5 个准则层对应的一级指标可拓区间数调查问卷,以及 22 个一级指标对应的二级指标可拓区间数调查问

卷。对同一层级指标间两两相对重要性的评判实际是确定各指标权重的过程,许多研究采用九级标度法,但当指标较多时专家对指标的两两比较可能出现偏差,同时数据较多且处理较为繁琐,而利用百分制综合评分法则可以有效避免这些问题,因此本文应用百分制综合评分法进行初始权重分配和调整。在填写问卷时,专家根据专业知识和经验对各个问卷的指标进行初始权重分配,满分 100 分,再对这些初始权重进行调整,得到可拓区间数。考虑到可拓区间数判断矩阵的一致性问题要求可拓区间数的变化范围不宜过大,因此要求专家的可拓区间数变化范围在 10 以内。限于篇幅,这里只列出了目标层对应的准则层的可拓区间数调查数据,如表 3 所示。

表 3 国有科技型企业绩效评价指标体系准则层可拓区间数专家调查表

评估人	准则层 B	财务	利益相关者	研发与创新	内部业务经营流程	学习与成长
专家 1	初始权重	24	25	25	15	11
	可拓区间数	(22,26)	(24,28)	(23,30)	(13,17)	(8,14)
专家 2	初始权重	30	20	25	15	10
	可拓区间数	(27,33)	(18,23)	(23,28)	(13,18)	(8,15)
专家 3	初始权重	35	20	25	13	7
	可拓区间数	(33,38)	(18,23)	(23,30)	(10,15)	(5,10)
专家 4	初始权重	33	24	22	11	10
	可拓区间数	(30,35)	(20,26)	(20,30)	(9,15)	(8,15)
专家 5	初始权重	30	23	25	13	9
	可拓区间数	(25,31)	(22,26)	(23,30)	(9,15)	(7,15)
专家 6	初始权重	28	25	25	11	11
	可拓区间数	(23,29)	(23,30)	(24,30)	(9,14)	(8,13)
专家 7	初始权重	25	28	28	12	7
	可拓区间数	(20,27)	(25,33)	(26,35)	(10,15)	(5,10)
专家 8	初始权重	25	25	25	15	10
	可拓区间数	(18,26)	(20,28)	(20,28)	(13,20)	(6,12)
专家 9	初始权重	23	26	27	15	9
	可拓区间数	(20,25)	(24,30)	(25,30)	(13,16)	(7,11)
专家 10	初始权重	20	30	30	12	8
	可拓区间数	(15,22)	(27,32)	(25,31)	(10,13)	(7,15)

4.2 国有科技型企业绩效评价体系层次单排序计算

收集整理专家的可拓区间数调查问卷后,即可按照可拓层次分析法对国有科技型企业绩效评价指标体系的权重进行确定。本文仅以目标层对应的准则

层的可拓区间数调查数据进行举例计算,其他层次的权重计算与此例相同。

1)根据公式(3)得到准则层指标权重综合可拓区间数,如表 4 所示。

表 4 准则层指标权重综合可拓区间数

准则层 B	财务	利益相关者	研发与创新	内部业务经营流程	学习与成长
可拓区间数	<23. 3,29. 3>	<22. 1,27. 9>	<23. 2,29. 2>	<11. 2,15. 6>	<7. 5,12. 7>

2)根据公式(4)得到准则层指标权重综合可拓区间数判断矩阵 $A^2 = \langle A^{2-}, A^{2+} \rangle$:

$$A^{2-} = \begin{bmatrix} 1.000 & 0.835 & 0.800 & 1.494 & 1.835 \\ 0.754 & 1.000 & 0.757 & 1.417 & 1.740 \\ 0.792 & 0.832 & 1.000 & 1.487 & 1.827 \\ 0.382 & 0.401 & 0.384 & 1.000 & 1.882 \\ 0.256 & 0.269 & 0.257 & 0.481 & 1.000 \end{bmatrix}$$
$$A^{2+} = \begin{bmatrix} 1.000 & 1.326 & 1.263 & 2.616 & 3.907 \\ 1.197 & 1.000 & 1.203 & 2.491 & 3.720 \\ 1.253 & 1.321 & 1.000 & 2.607 & 3.893 \\ 0.670 & 0.706 & 0.672 & 1.000 & 2.080 \\ 0.545 & 0.575 & 0.547 & 1.134 & 1.000 \end{bmatrix}$$

3)分别计算出 A^{2-}, A^{2+} 的具有正分量的归一化特征向量:

$$x^- = (0.2648, 0.2514, 0.2637, 0.1300, 0.0902),$$
$$x^+ = (0.2580, 0.2454, 0.2570, 0.1346, 0.1050).$$

4)根据公式(2)计算出 A^{2-}, A^{2+} 满足一致性条件的参数 l 和 m : $l=0.895; m=1.111$ 。

5)根据公式(5)计算出满足一致性条件的可拓区间数权重向量:

$$z_1^2 = < 0.2369, 0.2866 >, z_2^2 = < 0.2249, 0.2726 >, z_3^2 = < 0.2360, 0.2855 >, z_4^2 = < 0.1163, 0.1495 >, z_5^2 = < 0.0807, 0.1167 >.$$

6)根据公式(1)计算出: $p_{11}^2 = V(z_1^2 \geq z_5^2) = 4.8106, p_{21}^2 = V(z_2^2 \geq z_5^2) = 4.5882, p_{31}^2 = V(z_3^2 \geq z_5^2) = 4.7898, p_{41}^2 = V(z_4^2 \geq z_5^2) = 1.9899$,再归一化得到各准则层对目标层的单排序 $p^2 = (0.280, 0.267, 0.279, 0.116, 0.058)$,同理可得其他第 k 层对第 $k-1$ 层的层次单排序权重,详见表 2 所示。

5 结语

本文根据平衡计分卡理论构建了国有科技型企业绩效评价层次指标体系,通过对多位专家的判断进行调查,运用可拓层次分析法对指标权重进行了计算,用可拓区间数代替具体数值,充分考虑了在构建判断矩阵时对人主观判断模糊性问题,使得权重确定更加科学合理。另外,调查设计中运用百分制综合评分法代替九级标度法使得专家评判和最终权重计算更加简便易行。

参考文献

[1] ERKKI K LAITINEN. A dynamic performance measurement

system: evidence from small Finnish technology companies [J]. Scandinavian Journal of Management, 2002, 18(1): 65-99.

[2] FANG-MEITSENG YU-JINGCHIU JA-SHENCHEN. Measuring Business Performance in the High-tech Manufacturing Industry: a case study of Taiwan's large-sized TFT-LCD panel companies[J]. Omega, 2009, 37(3): 686-697.

[3] CHIA-CHI SUN. A performance evaluation model by integrating fuzzy AHP and fuzzy TOPSIS methods[J]. Expert Systems with Applications, 2010, 37(12): 7745-7754.

[4] 游达明, 杨文峰. 高新技术企业技术创新能力评价指标的构建及其应用[J]. 技术经济, 2003(8): 53-55.

[5] 梁莱歆, 刘建秋. 高新技术企业 R&D 绩效评价方法探索[J]. 科学学与科学技术管理, 2004(11): 29-32.

[6] 彭晓光. 高新技术企业绩效评价研究[D]. 广州: 暨南大学, 2008.

[7] 郭媛芳, 杨育, 等. 基于 BSC-AHP 的高新技术企业战略业绩评价研究及应用[J]. 机械, 2011, 38(7): 41-46.

[8] 张海涛. 基于平衡计分卡的高新技术企业绩效评价体系研究[J]. 现代商贸工业, 2010(2): 40-41.

[9] İHSAN YÜKSEL, METİN DAĞDEVİREN. Using the fuzzy analytic network process (ANP) for Balanced Scorecard (BSC): a case study for a manufacturing firm[J]. Expert Systems with Applications, 2010, 37(2): 1270-1278.

[10] CHUN-HSIEN WANG. Integrating hierarchical balanced scorecard with non-additive fuzzy integral for evaluating high technology firm performance[J]. International Journal of Production Economics, 2010, 128(1): 413-426.

[11] ARDEKANI SAEID SAEIDA, et al. Comprehensive performance evaluation using FAHP-FVIKOR approach based on Balanced Scorecard (BSC): a case of Yazd's ceramic and tile industry[J]. Iranian Journal of Management Studies, 2013, 6(2): 81-104.

[12] WANN-YIH WU, YING-KAI LIAO. A balanced scorecard envelopment approach to assess airlines' performance[J]. Industrial Management & Data Systems, 2014, 114(1): 123-143.

[13] 高倩. 我国高新技术企业绩效评价体系研究[D]. 北京: 北方工业大学, 2010.

[14] 赵晓军. 平衡计分卡在高新技术企业绩效评价中的应用研究[D]. 南京: 南京航空航天大学, 2006.

rule based system for stock price prediction[J]. Expert Systems with Applications,2008,34(1):135—144.

[2] PETERS E E. Fractal market analysis:applying chaos theory investment and economics [M]. New York: John Wiley & Sons,1996:72—96.

[3] 欧阳林群. GA 神经网络在证券市场预测中的应用研究[J]. 武汉理工大学学报:信息与管理工程版,2006,28(11):160—163.

[4] 杜建卫,王超峰. 小波分析方法在金融股票数据预测中的应用[J]. 数学的实践与认识,2008,38(7):48—75.

[5] YOSHINORI K,SHOZO T. Prediction of stock trends by using the wavelet transform and the multi-stage fuzzy inference system optimized by the GA[J]. IEICE Trans Fundamentals,2000,E83-A(2):357—366.

[6] NEWLAND D E. Harmonic wavelet analysis[J]. Proc R Soc Land A,1993,443:203—225.

[7] N H PACKARD, J P CRUTCHFIELD, J D FARMER, et al. Geometry from a time series[J]. Phys. Rev. Lett. ,1980, 45(9):712—716.

[8] 张旭陶,贺国光,宇卢. 一种在线实时快速地判定交通流混沌的组合算法[J]. 系统工程 2005,23(9):42—45.

[9] WILLIAMS R J,ZIPSER D. A learning algorithm for continually running fully recurrent neural networks [J]. Neural computation,1989,1(2):270—280.

[10] GEVA A B. Scalenet-multiscale neural-network architecture for time series prediction[J]. IEEE Trans on Neural Network,1998,9(6):1471—1482.

Forecast of China Stock Time Series Combining Harmonic Wavelet and Neural Network

WU Chun

(Department of Information Engineering,Wuhan Business University,Wuhan 430056,China)

Abstract: For improving the prediction accuracy of the stock market datas by neural network, the stock market data is decomposed into a series wavelet components by harmonic wavelet, which are shift invariant and have different scale. Then, constructing the recursion neural network based on the charaters of the stock market, and each harmonic wavelet componet of stock market data is predicted by using of the constructed neural network. At last, the final stock market forecast data is obtained by harmonic wavelet reconstruction for forecasting results of different scale wavelet componets. The experimental results shows that the price fluctuations of different investmetn time horizon in stock market data can be well seperated, after the stock time series is decomposed by harmonic wavelet, the predicting accuracy of stock market is improved efficiently.

Key words: harmonic wavelet decomposition;stock time series prediction;neural network;multi-resolution wavelet decomposition

(上接第 91 页)

Study on the Performance Evaluation System of State-Owned Enterprises Based on BSC-EAHP

PAN Li-sheng, ZHA Lu-yao

(School of Management,Hefei University of Technology,Hefei 230009,China)

Abstract: According to the coexist characters of technological, R&D and innovation, high profitability and the nature of State-owned of the state-owned enterprise of science and technology, this article constructs a hierarchy performance evaluation index system from five aspects including the financial, stakeholders, R&D and innovation, internal business processes and operations, learning and growth based on the theory of the Balanced Scorecard. It includes three layers of target layer, criterion layer and index layer from the perspective of hierarchical structure of index system. It fills the gaps in research field of the performance evaluation system of the state-owned scientific and technological enterprises in a certain extent. By using the method of extension analytic hierarchy process, the weights of the performance evaluation system are calculated and the inaccuracy of the fuzzy subjective judgments and the inconsistency of the judgment matrix in the process of model construction are solved. Finally, the weights of the index system are calculated by the judgment of the evaluation index system investigated from the experts.

Key words: state-owned enterprise of science and technology;performance evaluation;Balanced Scorecard(BSC);Extension Analytic Hierarchy Process(EAHP)