

大型工程项目投资价值综合评价 体系的构建及应用

杨沁（中国电子工程设计院）

摘要 论文在总结现有系统评价方法和理论的基础上，选择利用主观和客观、定性和定量相结合的评价方法对实际的薄膜晶体管液晶显示器件(TFT-LCD)大型工程项目的投资价值进行系统的评估，对未来类似项目提供科学客观的投资和决策依据。

关键词 大型工程项目 投资价值 网络分析法 主成分分析法 组合赋权

1 价值系统评价的理论基础

大型工程项目投资价值是将投资价值的一般化概念运用于大型工程项目研究中的特例，是指在大型工程项目在实施和运营过程中，各种因素相互作用和影响对投资主体产生的综合价值。

对于大型工程项目而言，其规模大、投资强度高、涉及面广、技术密集，对社会、国民经济、军事、科技进步、综合国力等要素均会产生重大影响。而其投资方一般也是具备相当实力的企业甚至是政府或国家，因此对于投资价值的诉求更显复杂和多元化。

从系统的角度来看，大型工程项目是极其复杂的系统工程，其投资价值对于企业乃至整个国家的意义和影响不言而喻。因此，在大型工程项目整个工程生命周期中，如何能够用最低的寿命周期费用产生最大的投资价值，并实现项目的可持续发展是需要在项目前期规划、咨询和评价中解决的问题。而项目前期规划、咨询和评价等阶段全面系统和专业的分析和评估是更为科学的做出决策，实现大型工程项目投资价值最大化的重要依据。

1.1 系统评价的系统科学基础

由于系统评价是对一个特定系统（评价对象）运行效果做出评价，而系统运行的效果又受到包括经济、社会、自然、环境等诸多因素的影响，对其做出可行的评价必须要统筹考虑这些因素的影响。所以系统科学是系统评价的重要基础，系统评价必须建立在系统科学的基础上，只有树立起系统科学的观点，才能建立起切实可行的评价系统和评价方法。系统科学在系统评价过程中的重要性主要体现在两个方面：一是所评价的对象本身就是一个特定的系统，所以需要了解系统的有关理论；二是建立评价系统的过程是一个复杂的系统工程，也需要系统科学的理论来指导。^[1]

1.2 系统评价的信息论基础

系统评价过程实际上就是对特定系统的信息进行系统的分析和研究，因此系统评价的关键是获取足够的有用信息，信息的正确性是决定评价结果正确性的关键因素之一。信息在系统科学或系统评价中的作用可以从以下六个方面来分别阐述：

- (1) 信息是局部构成整体时产生的新的质；
- (2) 信息是系统属性的反映和描述；
- (3) 处理信息是系统的基本功能之一；
- (4) 信息是系统实现控制和管理的基础；
- (5) 信息的积累与利用是系统进化的基础；
- (6) 信息处理系统的专门化是复杂系统发展的必然趋势。

以上所列出的六点，从不同的角度说明了信息这个概念在系统科学及复杂系统评价中的重要的、基本的和不可替代的作用。概括的说，可以认定，对于信息的深入研究，为复杂大系统评价的理解与认识提供了重要的启示和帮助。因此，这也是复杂大系统评价应当深入研究的一个十分重要的方面。

2 投资价值评价的发展与研究现状

传统的观点把项目投资价值评价狭义地定义在项目的概念阶段，认为项目投资价值评价就是在项目可行性研究的基础上，分别从宏观、中观、微观的角度，对项目进行全面的技术经济的预测、论证和评价，从而确定项目的投资经济效果和未来发展的前景。

但到目前为止，对项目投资价值评价的研究重点仍然是面向项目前期的论证与决策，主要是对项目投资价值评价内容和方法的进一步完善和科学化：评价内容上，除了最初的财务评价和后评价外，又陆续补充了项目环境影响评价、项目社会影响评价、项目风险评价和项目可持续发展评价等等内容；在评价方法上，从最初的静态评价法发展到考虑时间价值的动态评价法，近年来又有学者相继提出将模糊期权法用于项目投资评价决策和在不确定的投资环境下，运用概率理论进行项目投资价值评价决策的方法等。

总的来说，经过不断的发展与完善，项目经济评价和项目后评价的理论与方法日趋成熟，但是一直以来对项目投资价值评价的研究在很大程度上游离于项目整个生命周期的评价之外。目前项目投资价值评价研究存在的主要问题是，常用的项目过程评价指标和指标体系仅仅局限在项目生命周期要素的某一方面，不成体系，尚未形成一个全面、统一的综合评价系统，不能全面、综合和系统地衡量项目整个生命周期投资价值的总体状况，而对

于项目投资价值系统综合评价指标和系统综合评价方法的研究有待加强。

本文认为，由于项目投资价值评价涉及的因素很多，结构较为复杂，并且不同行业之间具有较大的差异性。因此，项目投资价值分析是一个复杂的系统工程，而项目投资价值研究方法的建立，应该在综合考虑项目所处的宏观环境、中观环境和微观环境的基础上，提出相关的特征变量，运用产业经济学、投资学、统计学及经济学、管理学的其它相关理论和方法，利用理论分析和实证研究相结合、定性分析和定量研究相结合的方法，对项目当前的盈利能力和发展前景进行项目全生命周期评价和分析，并建立相应项目的投资价值研究的分析模式和评估体系。

综上所述，虽然对项目投资价值评价的研究越来越重视项目全生命周期的综合评价，但是现阶段工程项目投资价值的综合评价研究还存在以下几个主要问题：一是评价大多只关注于盈利能力、产能和能耗等等几个方面的指标，属于“单项评价”，只是从某几个方面割裂地去评价项目，尚未形成一个全面、统一的综合评价系统，不能全面地衡量工程项目的各个方面；二是传统的项目投资价值评价属于“静态评价”，只能在几个固定的时点对项目进行评价，不能满足在项目建设全生命周期随时评价的要求；三是一般都采用固定的评价指标体系、用单一的方法进行评价，而不是随着地区、行业以及项目的不同等具体情况进行动态调整，不具有开放性和自学习功能。

3 投资价值评价指标体系的构建

理论上说，与大型工程项目有关的任何因素都有可能影响项目的目标，进而导致项目的投资价值发生改变。但是，并不是所有因素都会对项目产生显著影响。因此，因素识别的关键是识别那些对大型工程项目投资价值有显著影响，即可能导致投资价值改变的关键价值因素。在初选指标时，遵循的是全面性原则，这种选择指标的方法很可能导致具有很强相关性的某些指标同时被选入，这些指标提供的信息存在着较大的重复，甚至有些指标所提供的信息完全的包含在其它指标之中，为了避免指标的不必要重复，降低计算量，需要删除信息量重复的指标，也就是对评价指标进行筛选。因此，结合大型工程项目的自身特点需要从多个角度并选取具有代表性的因素来探讨其投资价值指标体系的建立。本文分别从经济型、技术性、可持续性和抗风险性四个方面来系统的分析大型工程项目投资价值评价体系。整个模型建立了一个三层指标体系，用 40 个三级指标涵盖大型工程项目投资价值的经济性、技术性、可持续性和抗风险性四个方面，具体如表 1 所示。

表1 大型工程项目投资价值评价指标体系

一级指标	二级指标	三级指标
经济性 B1	盈利能力分析 (C1)	财务内部收益率 (d11)
		财务净现值 (d12)
		项目投资回收期 (d13)
		销售利润率 (d14)
		成本利润率 (d15)
	清偿能力分析 (C2)	总投资利润率 (d16)
		利息备付率 (d21)
		偿债备付率 (d22)
		资产负债率 (d23)
	抗风险能力分析 (C3)	盈亏平衡点 (d31)
技术性 B2	工艺技术 (C4)	人均设备装备率 (d41)
		人均年产值 (d42)
		人均受教育程度 (d43)
		单位产品能耗 (d44)
		产品性能成本比值 (d45)
		设备平均故障率 (d46)
	工程技术 (C5)	建筑密度 (d51)
		土地利用率 (d52)
		单位面积造价 (d53)
		工程单位面积全寿命成本 (d54)
可持续性 B3	环境保护 (C6)	工业三废处理综合达标率 (d61)
		工业噪声处理达标率 (d62)
		绿地率 (d63)
	能源资源 (C7)	单位产值能耗 (d71)
	安全生产 (C8)	职业卫生安全综合评价系数 (d81)
		消防安全综合评价系数 (d82)
	社会发展 (C9)	年平均利税 (d91)
		新增就业人口 (d92)
		年平均科研及员工培训投入占项目 产值比例 (d93)
抗风险性 B4	政策风险 (C10)	经济政策变化 (d101)
		产业结构调整周期与项目投资回收 期比值 (d102)
	市场风险 (C11)	竞争者威胁综合评价系数 (d111)
		新产品的研发周期与项目投资回收 期比值 (d112)

一级指标	二级指标	三级指标
	管理风险 (C12)	市场价格波动率 (d113)
		管理者能力综合评价系数 (d121)
		管理激励机制综合评价系数 (d122)
	环境风险 (C13)	年单位人员管理成本 (d123)
		自然灾害概率 (d131)
		地方政府综合评价系数 (d132)
		周边环境影响综合评价系数 (d133)

4 评价模型的构建及应用

大型工程项目属于一类典型的复杂开放巨系统，本文对其投资价值的综合评价采用的是指标体系法，它的数学实质是把高维空间的样本投影到一维直线上。也就是选择多个量化（或可量化）评价指标作为多维样本，通过给出其权重系数，将多指标合成在一维直线上，在以为空间上确定评价对象的状况。

根据赋权方法的不同，可将评价方法大体分为主观、客观两种方法。主观赋权的可信度过多地依赖于评分者，缺乏严密的数学处理；而客观赋权虽然避免了人为的因素，却往往受到指标样本随机误差的影响。而目前对于复杂的大系统的评价方法较多，但是尚不存在对所有复杂大系统都适用的统一分析方法。因为各种方法使用时，都有其使用的局限性，针对于不同的评价对象和目的，应用和选择的评价分析方法都不一样。因此，结合自己的实际工作经验和大型工程项目投资价值的特征，本论文选择主观分析法（ANP 网络分析方法）和客观分析方法（改进的主成分分析法）建模，然后进行组合赋权对所选取的薄膜晶体管液晶显示器件（TFT-LCD）大型工程项目各指标进行综合评价和分析。

4.1 建立 ANP（网络分析法）模型

传统的层次分析法（AHP），通过对复杂问题分解成按支配关系分组而形成有序递阶层次结构中的不同因素，通过两两比较的方式确定层次结构中各因素的相对重要性，然后综合比较判断的结果以确定各个因素相对重要性的总顺序。它体现了决策思维中分析、判断、综合的基本特征。

然而 AHP 法并没有考虑层次元素之间的反馈和相互支配作用，特别是在复杂系统中各元素往往是相互关联影响的，因此 AHP 法在较为复杂系统中的应用受到极大的限制。而网络分析法的提出，考虑到处理元素之间的相互支配问题，弥补了层次分析法的缺陷。如今随着网络分析法的逐渐发展和完善，已被许多学者应用到各种复杂系统决策领域，有效的处理了元素之间相互影响支配问题。

利用网络分析法（ANP）对大型工程项目投资价值指标体系进行建模和分析，首先建立递阶层次结构模型（如图 1）。

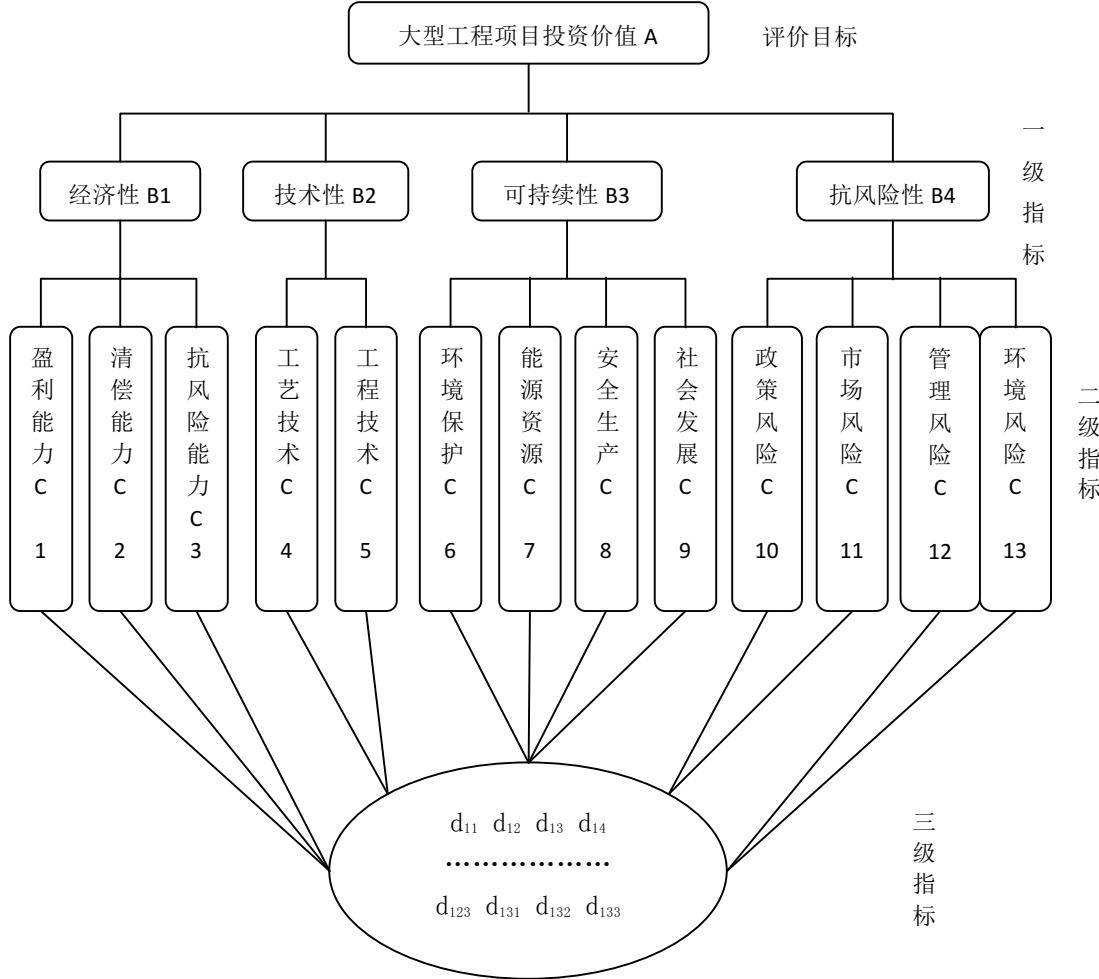


图 1 大型工程项目投资价值评价体系 ANP 递阶层次模型

本文建立了三级指标体系来对大型工程项目投资价值进行系统的评价，为了简化模型，对于三级指标的评价采用类似的方法，将原来的一级指标转换成评价目标，二级指标转换成一级指标，而三级指标则被看作二级指标。这样就衍生出四个子评价模型，通过对这四个子系统的分别评价，最后再将评价结论代入主模型中进行综合评价。

通过构造四个子系统的判断矩阵和加权超矩阵计算出极限超矩阵权重，最后通过将主系统的各个评价指标的权重分别赋予子系统的各个目标，便可得到整个系统三级指标的最终评价向量：

$$\alpha = (0.043291, 0.013953, 0.009329, 0.039974, 0.025663, 0.035288, 0.037069, 0.021155, 0.009615, 0.025494, 0.034352, 0.030058, 0.034155, 0.031270, 0.037503, 0.028399,$$

0.011898, 0.009890, 0.016571, 0.026880, 0.029536, 0.021573, 0.017991, 0.051825,
0.032882, 0.036218, 0.019800, 0.014676, 0.034624, 0.024645, 0.030122, 0.016045,
0.017825, 0.020897, 0.018244, 0.021887, 0.014636, 0.017490, 0.019943, 0.017334)

4.2 建立改进的主成分分析法模型

以附表中五个典型的薄膜晶体管液晶显示器件 (TFT-LCD) 项目数据为研究对象, 对其各项指标运用主成分分析法进行建模和评价, 步骤如下:

- (1) 首先将各个指标原始数据进行归一化和无量纲化处理;
- (2) 运用 SPSS 分析软件对指标数据进行主成分分析, 得到四个主成分:

$$F_1 = 0.629053d_{11} + 0.043911d_{12} + \dots - 0.2806d_{132} - 0.13552d_{133}$$

$$F_2 = 0.760697d_{11} + 0.609379d_{12} + \dots - 0.88459d_{132} - 0.97632d_{133}$$

$$F_3 = -0.15995d_{11} + 0.785732d_{12} + \dots + 0.16793d_{132} - 0.14437d_{133}$$

$$F_4 = 0.00698d_{11} + 0.096721d_{12} + \dots + 0.332518d_{132} + 0.087128d_{133}$$

得到系数矩阵:

$$\eta = \begin{bmatrix} 0.629053 & 0.043911 & -0.2806 & -0.13552 \\ 0.760697 & 0.609379 & -0.88459 & -0.97632 \\ -0.15995 & 0.785732 & \dots & 0.16793 & -0.14437 \\ 0.00698 & 0.096721 & 0.332518 & 0.087128 \end{bmatrix}$$

比较系数矩阵各列, 取其最大值可得综合评判函数:

$$\Omega = 0.76069d_{11} + 0.785732d_{12} + \dots + 0.332518d_{132} + 0.087128d_{133}$$

- (3) 将综合判断函数的系数进行归一化得到权重向量:

$$\beta = (0.028451, 0.029387, 0.014609, 0.027327, 0.026461, 0.031952, 0.035233, 0.034335, 0.030168, 0.034116, 0.032572, 0.035286, 0.020189, 0.029004, 0.023427, 0.031708, 0.016409, 0.019311, 0.005329, 0.027574, 0.030571, 0.034581, 0.019761, 0.024275, 0.026442, 0.030148, 0.032540, 0.025262, 0.033349, 0.014686, 0.029344, 0.034086, 0.029380, 0.004384, 0.029397, 0.025904, 0.0041020, 0.004025, 0.023246, 0.012436, 0.003259)$$

4.3 组合赋权

组合赋权法的提出源于系统思想, 是运用系统思想而提出的研究指标权数的一种方

法。

在各种已知各种赋权法的基础上，采用组合法赋权，首先必须解决的是合成方法的选择问题。所谓合成是指通过一定算式将多种赋权法的结果综合在一起，以得到一个组合赋权法的权数值。合成方法不同，组合赋权值也不同。而如何根据已知的各种赋权法的结果来选择较合适的合成方法，则需对主要的合成方法的特性、适用场合进行系统分析。

因此，为了将两种方法所得的权重合理组合在一起，本文做一个简单的规划。将最小偏差平方和作为目标函数。将 ANP 法得到的权重 α 和主成分分析法得到的权重 β 加以合理组合，得到最终的评价向量：

$$\boldsymbol{\mu} = (0.035871, 0.021670, 0.011969, 0.033650, 0.026062, 0.033620, 0.036151, 0.027745, 0.019892, 0.029805, 0.033462, 0.032672, 0.027172, 0.030137, 0.030465, 0.030054, 0.014154, 0.014601, 0.010950, 0.027227, 0.030053, 0.028077, 0.018876, 0.038050, 0.029662, 0.033183, 0.026170, 0.019969, 0.033987, 0.019665, 0.029733, 0.025066, 0.023602, 0.012641, 0.023820, 0.023896, 0.009369, 0.020368, 0.016190, 0.010296)$$

4.4 项目综合评价

将附表薄膜晶体管液晶显示器件（TFT-LCD）项目规格化的指标数据与最终得出的评价向量 $\boldsymbol{\mu}$ 相乘加权，得到五个项目投资价值的综合评价指数和排名(如表 2)。

表 2 薄膜晶体管显示器件（TFT-LCD）项目投资价值综合评价表

项 目	经济性指数	技术性指数	可持续性指数	抗风险性指数	综合指数	排 名
项目一	0.134726	0.172902	0.183563	0.101724	0.592915	2
项目二	0.088298	0.139468	0.166803	0.143696	0.538265	3
项目三	0.105468	0.072038	0.037368	0.077406	0.292280	5
项目四	0.245005	0.134058	0.166343	0.104348	0.649755	1
项目五	0.073195	0.102994	0.074878	0.107883	0.358949	4

通过以上分析可知项目四的经济性最好，项目一的技术性和可持续性最强，项目二的抗风险能力最高。而综合判断五个项目，项目四的投资价值最大。

5 研究结论及展望

5.1 研究结论

随着科学技术的发展，人们认识世界的能力在不断提高。然而，世界上任何事物均有其属性，对这些属性，人们首先是用各种数据或信息来描述，其次是通过各种数据或信息的分析处理，去了解和认识事物，并预测事物未来的发展和变化。由于人们认识事物在深

度和广度上均有局限性，使得这种描述和分析处理能力均是有限的。大型工程项目可视为客观事物的集合体。因此，人们对大型工程项目的认识不可避免地存在信息上地不完备问题，从而造成人们对工程项目建设的环境缺乏客观认识，对工程项目的实施缺乏符合实际的预见，这是导致大型工程项目要进行投资价值分析的重要原因。

本文结合笔者的实际工作经验，以大型工程项目为研究对象，在系统分析理论和框架的指导下，分别对大型工程项目的投资价值因素进行识别，并总结了大型工程项目常用的评价方法。在投资价值识别的基础上，层层深入地分析了大型工程项目投资价值各因素的特征和意义，并运用定性和定量相结合、理论分析与应用研究相结合的方法进行分析，构建项目风险评价模型。本文得出以下主要研究结果和结论。

5.1.1 投资价值因素识别研究

通过对现有文献总结并结合笔者的实际工作经验和专家访谈的归纳和分析，对影响项目投资价值的因素进行系统分析和合理整合，从项目投资价值的经济性、技术性、可持续性和抗风险能力四个一级指标以及与之相关的13个二级指标和40个三级指标所构成的层次框架，来建立项目投资价值等级指标评估体系，该指标体系在实践中可以根据需要予以适当的调整。

5.1.2 投资价值评价方法研究

项目投资价值本身是一个复杂的系统，系统的结构取决于系统中元素（或元素组）之间的依存关系。系统中存在着两种依存性：功能性依存和结构性依存。功能性依存是指系统中层次间和元素间的定量支配关系。结构依存性是指系统中层次和元素间的结构关系。其中结构支配关系对系统的分析和设计起决定作用。它将影响确定功能依存性的定量方法。结构依存性可分为两类，即外部依存性（层次间的支配关系）和内部依存性（同一层次元素间的支配关系）。外部依存性又分两类，一类是递阶支配关系，另一类是反馈支配关系。实际大型工程项目投资价值的评价决策问题，也是一种复杂的依存反馈关系。基于这样的原因本文采用T. L. Satty教授提出的网络分析法。

但是为了避免评价指标过于受主观判断和个人偏好的影响，本文提出使用主成分分析法对指标体系进行客观分析和评价，最后运用组合赋权法将网络分析法和主成分分析法两种方法得出的权重有机的结合，得到大型工程项目投资价值指标体系的综合权重。

(3) 项目投资价值模型应用研究

基于上述方法构建的分析模型，对某五个典型的薄膜晶体管液晶显示器件（TFT-LCD）项目进行了投资价值的评价，并进行了实证分析。

5.2 研究展望

本文运用系统的思维方式，将网络层次分析法（ANP）、改进的主成分分析法和组合赋权法运用在构建在大型工程项目投资价值评价体系的构建中，并对其进行了理论和实际应用研究。但由于时间的仓促和作者研究精力的限制，在大型工程项目投资价值评价体系应用过程中的一些问题需要完善，现将其列出作为以后研究的目标和方向。

5.2.1 评价指标体系的确定问题

评价活动是围绕着指标体系而展开并最终得到结果。从这一意义上讲，评价指标体系是进行评价活动成败的关键。所以，对于评价指标选取的合理与否，是一个非常值得研究的问题。论文重点是研究评价体系的建立，对于指标体系的构建研究的还不够深入，所以如果能够深入研究评价指标体系，根据不同行业的自身特点分别建立起一套对其项目投资价值的分析模式和指标体系，在此基础上再来研究评价方法问题，将是一个更趋合理的结构。

5.2.2 权重的确定问题

评价一般都要涉及权重的确定，本文在建立大型工程项目投资价值评价体系时，在网络分析法、改进的主成分分析法和组合赋权法理论的基础上，构造了分析模型。这些模型建立的理论基础不同，都有各自的特点，然而由于我国目前项目管理发展时间较短，数据库也比较匮乏，无法进一步研究各个模型之间的优缺点。这些不足因素限制了模型的实践应用，同时也是将来研究的方向。

5.2.3 系统的自学习和进化过程问题

由于技术在不停地更新，环境也在不断地变化，而对于本文建立的大型工程项目投资价值体系如何才能保证其跟得上技术和环境的实时变化，这需要构建起一套强大的数据库系统并配以完善的自学习神经网络系统。通过工程项目经验和相关知识的积累，分类和重构从而使本评价体系能够不断地升级和创新，而这些是需要更进一步研究和解决的课题。

附表

大型工程项目投资价值综合评价指标体系及数据分析

评价目标	一级指标	二级指标	序号	三级指标	单位	原始数据					说明	方法	处理后数据				
						项目一	项目二	项目三	项目四	项目五			项目一	项目二	项目三	项目四	项目五
大型工程项目投资价值评价	经济性	盈利能力	1	财务内部收益率(税后)	%	9.84	8.65	8.4	13.38	10.07	无量纲化	$x-m/M-m$	0.2892	0.0502	0.0000	1.0000	0.3353
			2	财务净现值	百万元	32400	9053.62	9689.59	19504.98	12918.31	无量纲化	$x-m/M-m$	1.0000	0.0000	0.0272	0.4477	0.1655
			3	项目投资回收期(动态)	年	9.51	10.57	10.97	8.96	9.39	无量纲化	$x-m/M-m$	0.2736	0.8010	1.0000	0.0000	0.2139
			4	销售利润率	%	9.78	7.35	12.81	12.43	7.8	无量纲化	$x-m/M-m$	0.4451	0.0000	1.0000	0.9304	0.0824
			5	成本利润率	%	11.05	8.04	12.49	14.56	8.59	无量纲化	$x-m/M-m$	0.4617	0.0000	0.6825	1.0000	0.0844
			6	总投资利润率	%	6.22	4.26	6.31	8.44	5.33	无量纲化	$x-m/M-m$	0.4689	0.0000	0.4904	1.0000	0.2560
	清偿能力	清偿能力	7	利息备付率(计算期平均)		12	25.01	6.82	26.028	7	无量纲化	$x-m/M-m$	0.2697	0.9470	0.0000	1.0000	0.0094
			8	偿债备付率		1.238	27.21	1.542	25.139	4	无量纲化	$x-m/M-m$	0.0000	1.0000	0.0117	0.9203	0.1063
			9	资产负债率(计算期平均国际公认60%好较)	%	32	29.64	13.27	35.08	28	无量纲化	$x-m/M-m$	0.8588	0.7506	0.0000	1.0000	0.6754
	抗风险能力	抗风险能力	10	盈亏平衡点	%	63.28	73.53	65.05	64.29	65.03	无量纲化(逆指标)	$M-x/M-m$	1.0000	0.0000	0.8273	0.9015	0.8293
			11	人均设备装备率	%	6.58	1.0125	1.592	2.0936	1.0032	无量纲化	$x-m/M-m$	1.0000	0.0017	0.1056	0.1955	0.0000
	技术性	工艺技术	12	人均年产值	万元/人	486	550	268.63	580.887	419.8069	无量纲化	$x-m/M-m$	0.6961	0.9011	0.0000	1.0000	0.4841
			13	人均受高等教育程度	%	85	90	82	84	86	无量纲化	$x-m/M-m$	0.3750	1.0000	0.0000	0.2500	0.5000
			14	单位产品能耗	吨/个	0.0192	0.0194	0.014	0.0109	0.0222	无量纲化(逆指标)	$M-x/M-m$	0.2655	0.2478	0.7257	1.0000	0.0000

			15	产品性能成本比值		1.18	1.15	1.1	1.2	1.05	无量纲化	$x-m/M-m$	0.8667	0.6667	0.3333	1.0000	0.0000
			16	设备平均故障率(计算期内)	%	0.3	0.2	0.42	0.25	0.26	无量纲化(逆指标)	$M-x/M-m$	0.5455	1.0000	0.0000	0.7727	0.7273
工程技术			17	建筑密度	%	51.9	46.6	52.5	50.83	60.77	无量纲化	$x-m/M-m$	0.3740	0.0000	0.4164	0.2985	1.0000
			18	土地利用率	%	80	78	79	70	76	无量纲化	$x-m/M-m$	1.0000	0.8000	0.9000	0.0000	0.6000
			19	单位面积造价	万元/ m^2	7306	8878	6801	9143.22	7637.76	无量纲化(逆指标)	$M-x/M-m$	0.7844	0.1132	1.0000	0.0000	0.6427
			20	工程单位面积全寿命成本(计算期平均)	万元/ m^2	58.37	69.68	73.816	78.657	62.428	无量纲化(逆指标)	$M-x/M-m$	1.0000	0.4425	0.2386	0.0000	0.8000
			21	工业三废处理综合达标率	%	85	84	80	83	81	无量纲化	$x-m/M-m$	1.0000	0.8000	0.0000	0.6000	0.2000
可持续性	环境保护		22	工业噪声处理达标率	%	90	86	85	84	83	无量纲化	$x-m/M-m$	1.0000	0.4286	0.2857	0.1429	0.0000
			23	绿地率	%	25.5	28.02	25	15	13.8	无量纲化	$x-m/M-m$	0.8228	1.0000	0.7876	0.0844	0.0000
			24	单位产值能耗	吨/万元	0.093	0.13	0.16	0.084	0.142	无量纲化(逆指标)	$M-x/M-m$	0.8816	0.3947	0.0000	1.0000	0.2368
	生产安全		25	职业卫生安全综合评价系数		0.81	0.85	0.76	0.8	0.78	无量纲化	$x-m/M-m$	0.5556	1.0000	0.0000	0.4444	0.2222
			26	消防安全综合评价系数		0.85	0.9	0.81	0.87	0.8	无量纲化	$x-m/M-m$	0.5000	1.0000	0.1000	0.7000	0.0000
	社会发展		27	年平均利税(计算期平均)	百万元	392	146.25	193.248	383.94	239.58	无量纲化	$x-m/M-m$	1.0000	0.0000	0.1912	0.9672	0.3798
			28	新增就业人口	人	4443	2640	3455	3930	5284	无量纲化	$x-m/M-m$	0.6819	0.0000	0.3082	0.4879	1.0000
			29	年平均科研及员工培训投入占项目产值比例	%	1.18	2.33	1.048	2.3	1.929	无量纲化	$x-m/M-m$	0.1030	1.0000	0.0000	0.9766	0.6872
	政策风险	30	经济政策变化系数	%	3	5	3.2	5.2	4	无量纲化(逆指标)	$M-x/M-m$	1.0000	0.0909	0.9091	0.0000	0.5455	

		31	产业结构调整周期与项目投资回收期比值		2.103	1.892	1.823	2.232	2.130	无量纲化	$x-m/M-m$	0.6847	0.1691	0.0004	1.0000	0.7504	
风险性	市场风险	32	竞争者威胁综合评价系数		0.6	0.45	0.65	0.5	0.55	无量纲化(逆指标)	$M-x/M-m$	0.2500	1.0000	0.0000	0.7500	0.5000	
		33	新产品的研发周期与项目投资回收期比值		1.052	0.946	0.912	1.116	1.065	无量纲化	$x-m/M-m$	0.6839	0.1670	0.0000	1.0000	0.7498	
		34	市场价格波动率	%	23.27	20.23	22.68	25.32	22.34	无量纲化(逆指标)	$M-x/M-m$	0.4028	1.0000	0.5187	0.0000	0.5855	
		35	管理者能力综合评价系数		0.7	0.85	0.72	0.79	0.74	无量纲化	$x-m/M-m$	0.0000	1.0000	0.1333	0.6000	0.2667	
	管理风险	36	管理激励机制综合评价系数		0.72	0.8	0.75	0.78	0.76	无量纲化	$x-m/M-m$	0.0000	1.0000	0.3750	0.7500	0.5000	
		37	年单位人员管理成本	万元/人	21.562	49.677	10.623	52.653	23.838	无量纲化(逆指标)	$M-x/M-m$	0.7397	0.0708	1.0000	0.0000	0.6856	
	环境风险	38	自然灾害概率	%	2	1.5	3	5	4	无量纲化(逆指标)	$M-x/M-m$	0.8571	1.0000	0.5714	0.0000	0.2857	
		39	地方政府综合评价系数		0.85	0.9	0.88	0.8	0.82	无量纲化	$x-m/M-m$	0.5000	1.0000	0.8000	0.0000	0.2000	
		40	周边环境影响综合评价系数		0.85	0.9	0.88	0.84	0.86	无量纲化	$x-m/M-m$	0.1667	1.0000	0.6667	0.0000	0.3333	
备注：M为样本最大值，m为样本最小值，x为采样值。																	

参考文献

- [1] 王新华, 李堂军, 丁黎黎. 《复杂大系统评价理论与技术》. 山东大学出版社, 2010, 7
- [2] 王莲芬. 网络分析法(ANP)的理论和算法 [J]. 系统工程理论与实践, 2001, (3):44-50
- [3] 郭显光. 如何用 SPSS 软件进行主成分分析 [J]. 统计信息论坛, 1998, (2): 60-64
- [4] 童其慧. 主成分分析方法在指标综合评价中的应用 [J]. 北京理工大学学报(社会科学版), Vol. 4, 2002: 59-61
- [5] 叶宗裕. 主成分综合评价方法的问题及改进 [J]. 统计理论与方法, 2004, (3): 29-32
- [6] 陈耀辉. 最优组合赋权的模糊评价评判模型及其在企业信用风险评价中的应用 [J]. 南京航空航天大学学报(社会科学报), 1999, (1): 31-35
- [7] 李士勇. 非线性科学与复杂性科学. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2006
- [8] Thomas L. Saaty. Automatic Decision-Making: Neural Firing And Response [J]. Journal of Systems Science and Systems Engineering, 2004, 13(4): 385-404
- [9] Thomas L. Saaty. Decision Making-The Analytic Hierarchy And Network Processes(AHP/ANP) [J]. Journal of Systems Science and Systems Engineering, 2004, 13(1): 1-35
- [10] Thomas L. Saaty. Fundamentals of The Analytic Network Process-Dependence And Feedback in Decision-Making with A Single Network [J]. Journal of Systems Science and Systems Engineering, 2004, 13(3): 348-379 □



工程师 杨 沁

作者简介: 杨沁, 男, 2011 年毕业于北京大学项目管理专业工学硕士; 现任中国电子工程设计院工程师。