基于模糊网络分析的PPP项目社会资本选择

刘 宏(教授), 孙 浩

【摘要】我国基础设施建设资金缺口巨大,吸收社会资本参与基础设施建设已经成为不可避免的趋势。如何选择社会资本,是政府部门亟待解决的关键问题。本文首先从财务、技术、管理、合作四个方面的能力出发构建评价指标体系,然后用网络层次分析方法对指标进行分析,并构建极限超矩阵,最后用模糊评价得分结合指标权重算出综合得分。研究结果表明:此评价模型具有一定的实用性和可靠性,可以为今后政府部门选择社会资本提供一定的借鉴。

【关键词】PPP; 社会资本; 网络层次分析; 模糊评价

【中图分类号】F294.1 【文献标识码】A 【文章编号】1004-0994(2016)32-0050-5

社会资本投资者包括依法设立且有效存续的具有法人资格的企业,如民营企业、国有企业、外国企业和外商投资企业。社会资本投资者是PPP项目的实际投资人,但在PPP实践中,社会资本投资者通常不会直接作为PPP项目的实施主体,而是专门针对该项目成立项目公司,负责项目的具体实施。随着国家大力倡导推广政府与社会合作模式,各地方政府积极推进基础设施建设PPP项目的实施,但是由于PPP项目具有建设投资大、周期长、运营工作复杂等特点,如何选择一个合适的社会资本投资者是政府相关部门所面临的首要问题。

一、文献综述

近年来,国内学者对PPP项目如何选择社会资本的研究较少,研究重点多集中在关于PPP项目的融资风险、收益以及融资模式的选择等方面。王增忠、范立础(2008)采用文献浏览、案例讨论、专家访谈和调查问卷相结合的研究方法对PPP模式中私营部门选择的方法进行了探讨;杨卫华、王秀山、张凤海(2014)在文献调查的基础上,构建出PPP模式的三级分类结构,提出政府在该分类结构中选择PPP模式时应遵循从上至下的决策思路,并在PPP模式中所有权转移效益、经营权控制程度、公私合作程度构成的三维框架内,识别出公共项目PPP模式选择的三条路径,结合公共项目属性给出每条选择路径的适用条件;丁红伟(2015)通过分析PPP项目选择社会合作伙伴与传统政府采购工程、货物、服务的区别,探索适合于寻找PPP合作伙伴的方式;刘婧湜、王守清(2015)以相关实践为基础,从两种法律适用的项目属性、政府在法律中的角色、选择特许经营者的方式和法律作用的时效等方面入手,分析比较两种法律对选择PPP项目特许经营者的优势和不足,并借鉴国际上的经验,为我国完善PPP项目特许经营者的法律提供参考。

梁竹、毛佩佩(2014)通过对PPP项目特许经营者的企业类型进行分类和优劣势比较,分析PPP项目特许经营者的选择标准,通过对特许经营者系统进行分解,将其细化为职责与功能不同的子系统,并从中筛选出系统、全面、易计量的评价指标,促进选择标准的规范化和程序化。但他们只是孤立地对每个影响因素进行分析,并没有从整体角度来考虑各指标间的相互影响和动态变化。黄亚江、张水波(2012)利用ANP法对选择私人部门社会资本的影响因素进行了分析,并确定了各影响因素的权重。岳意定、黄雄艳等(2016)基于狭义PPP模式,将模糊线性规划与群体多属性决策方法相结合,构建了基于FMADM的政府融资平台存量项目PPP融资模式的资本结构选择模型。该模型虽考虑了各影响因素之间的相互关系,但并没有对其进行系统评价。

现实中,进行社会资本的选择是一个复杂的工作,涉及对定量和定性指标的评价,这些指标之间相互影响,而且处在不断变化之中,对它们的评价不应简单地分为好与不好,而应采用模糊语言从不同程度进行评价。本文在借鉴前人研究的基础上,从整体角度出发,用网络层次分析法(ANP)对社会资本投资者各方面的指标进行分析并构建模糊综合评价模型,以此来选择最佳的社会资本。

二、网络分析法(ANP)

ANP是由T. L. Saaty教授于1996年提出的一种用于分析复杂系统和进行科学决策的方法,是对AHP分析方法的深化和发展。在进行系统评价时,最先使用AHP方法的居多,但是该方法只考虑了上层因素对下层因素的决定作用,同一层因素之间是相互独立的,ANP方法有效解决了AHP方法的不足。

1. 结构构建。网络分析法(ANP)是把所要分析系统的元素分为控制层和准则层。其中,控制层包括目标和准则,准则之间是相互独立的,并且所有准则仅受目标元素控制,控制层中允许没有准则,但是必须有目标;网络层由元素组构成,这些元素组受控制层支配,所有元素组之间相互影响。其结构模型如图1所示:

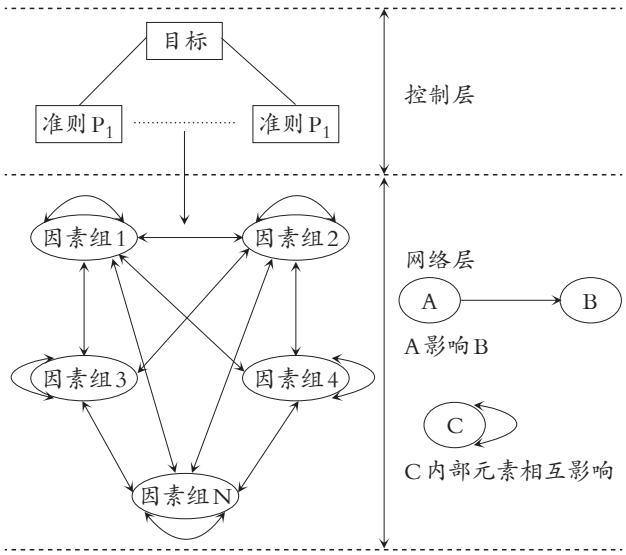

图 1 ANP结构

2. 间接优势度。首先给出一个准则,对系统中两个元素在这个准则下对第三个元素(次准则)的影响程度进行比较。这种判定方法与传统的AHP方法不同,主要用于元素间相互联系的情形。

3. 权矩阵。权矩阵主要是确定元素组间的影响程度,在控制层准则元素 $P_S(s=1,2,\cdots,m)$ 下每个元素组对 $C_i(i=1,2,\cdots,n)$ 的相对重要性。与AHP不同的是,在ANP的判断矩阵中如果某元素对其他元素没有影响,在判断矩阵中该元素的值为0,对其他元素则进行归一化处理。

表 1

C_i	$C_1\cdots C_n$	归一化特征向量
C_1 $\cdots$ C_i	判断矩阵	a_{1i} $\cdots$ a_{ni}

将所有归一化特征向量组成矩阵即得到加权矩阵A:

$$A=\begin{bmatrix} a_{11} & \cdots & a_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & \cdots & a_{nn} \end{bmatrix}$$

4. 超矩阵。超矩阵衡量的是次准则下元素之间的相互影响程度,即次因子之间的相互影响程度。设 C_i 中有元素 $e_{i1}, e_{i2},\cdots,e_{ini}(i=1,2,\cdots,n)$,以控制层元素 $P_S(s=1,2,\cdots,m)$ 为准则,以 $C_i(i=1,2,\cdots,n)$ 中的元素 $e_{ik}(k=1,2,\cdots,ni)$ 为次准则,元素组 $C_1,C_2,\cdots,C_n$ 中元素对 e_{ik} 的影响力大小进行优势度判断,如果没有影响则取值为0。构造的判断矩阵如表2所示:

表 2

e_{ik}	e_{i1} e_{i2} $\cdots$ e_{ini}	归一化特征向量
e_{i1} e_{i2} $\vdots$ e_{ini}	判断矩阵	w_{i1}^{ik} w_{i2}^{ik} $\vdots$ w_{ini}^{ik}

将 C_i 中所有元素对 C_j 中所有元素的相对影响判断矩阵计算出的归一化特征向量组成矩阵 W_{ij},即:

$$W_{ij}=\begin{bmatrix} w_{i1}^{j1} & w_{i1}^{j2} & \cdots & w_{i1}^{jnj} \\ w_{i2}^{j1} & w_{i2}^{j2} & \cdots & w_{i2}^{jnj} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ w_{ini}^{j1} & w_{ini}^{j2} & \cdots & w_{ini}^{jnj} \end{bmatrix}$$

那么 W_{ij} 中的列向量就是 C_i 中的元素 $e_{i1},e_{i2},\cdots,e_{ini}$ 对 C_j 中的元素 $e_{j1},e_{j2},\cdots,e_{jni}$ 的影响程度排序向量。若 C_j 中元素没有受到 C_i 中元素的影响,则 $W_{ij}=0$。

将所有这样的矩阵 W_{ij} 组成块矩阵,最终获得 P_S 下的超矩阵W:

$$W=\begin{bmatrix} W_{11} & W_{12} & \cdots & W_{1n} \\ W_{21} & W_{22} & \cdots & W_{2n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ W_{n1} & W_{n2} & \cdots & W_{nn} \end{bmatrix}$$

如果元素组 C_i 对元素组 C_j 没有影响,即 $a_{ij}=0$,那么对应矩阵W中,$W_{ij}=0$。

5. 加权超矩阵。权矩阵展现了各个元素组间的影响程度,超矩阵展现出在元素组内部子元素之间影响力,那么存在从属与反馈关系的ANP中的元素之间的实际影响关系度就可以通过加权超矩阵表示。

加权超矩阵 $\overline{W}=a_{ij}w_{ij}$

6. 元素权重的确定。设矩阵W的元素为 w_{ij},则 w_{ij} 的大小反映了元素i对元素j的影响程度。元素i对元素j的影响程度可以通过 $\sum_{k-1}^{n} W_{ik}W_{ki}$ 得到,称为二步优势度,它是 W^2 的元素。

三、社会资本选择评价指标体系

评价指标体系的构建是评价有效性的首要环节。在阅读大量文献的基础上,本文提出社会资本选择评价指标体系,以选择最佳社会资本为目标,从评价目标的财务、技术、管理、合作四个方面分析各评价指标之间的相互关系,建立了4层评价指标体系网络结构,如图2所示。

1. 财务能力。PPP项目的投资一般在亿元以上,其中大型项目的投资普遍超过10亿元,比如高速公路项目单公里建设成本基本在1亿左右;而城市轨道交通项目单公里建设成本高达5亿到10亿元。如此大规模的投资建设往往需要在2

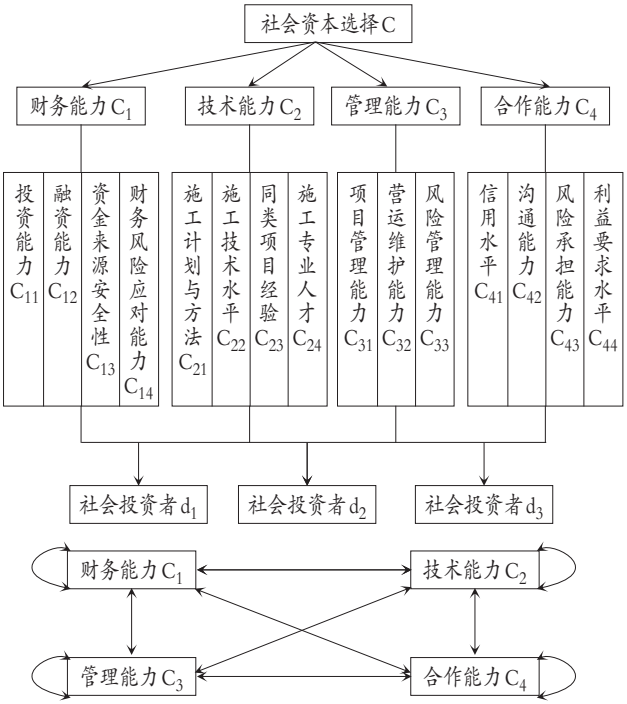

图 2 社会资本评价指标体系网络结构

到4年的建设期内完成，非财力雄厚或具有强大融资能力的企业难以胜任。因此，企业的财务能力是至关重要的。为此本文提出了投资能力、融资能力、资金来源安全性、财务风险应对能力4个指标来衡量企业的投资能力。

投资能力反映PPP项目投资部门可用于该PPP项目的资本资源，能更确切地表明自有资本情况；融资能力体现在其筹集资本及资本的运作能力上，融资能力强的投资者可以有效应对建设过程中的财务风险；资金来源安全性与投资者财务质量密切相关，安全性高的社会资本能够保证PPP项目在建设过程中资金供应链的稳定；PPP项目一般运营期长，通货膨胀、利率、汇率变动均会导致财务风险，所以社会资本必须具备较强的财务风险应对能力。

2. 技术能力。在国内PPP项目建设中，出现了许多质量问题，通常是工程技术水平较低造成的，因此对工程建设单位技术水平的衡量便显得至关重要。本文选取了施工计划和方法、施工技术、同类项目经验、施工专业人才4个指标进行综合评估。

施工计划和方法可以保证项目有序进行；施工技术反映了社会资本的核心能力，先进的施工技术能够保证PPP项目高效完成；同类项目经验可以有效减少组织学习成本，充分发挥社会资本的技术实力；由于PPP项目涉及技术、管理、财务、法律、经济、市场等多个学科，要求社会资本具备一定数量的专业人才。

3. 管理能力。在项目建设过程中出现的争执问题通常是管理不到位造成的。社会资本管理部门的管理能力会直接影响PPP项目的建设及运营，良好的管理能力是PPP项目成功的保障。鉴于社会资本的管理能力会涉及PPP项目设计、建造、运营的各个阶段，通过咨询相关领域专家，识别出项目建设管理能力、营运维护能力、风险管理能力3个评价指标来衡量社会资本管理能力。

项目建设管理能力是社会资本工程建设水平的重要体现，对PPP项目建设的质量和进度有重要影响；PPP项目的社会资本投资者一般会负责项目运营和维护，只有具备较强的运营管理能力，才能保证项目发挥效益；项目风险存在于项目建设的始终，对风险的识别和控制是PPP项目成功的关键，社会投资者必须具备较强的风险管理能力。

4. 合作能力。PPP项目合作目的是通过公共部门和社会部门优势资源的配置建立合作共赢的关系，为社会提供更优质的公共服务。合作能力的高低直接影响项目完成的质量和效率。通过阅读文献和咨询专家，笔者列出了与合作能力相关的4个评价指标：信用水平、沟通能力、风险承担能力、利益要求水平。

PPP项目的合作是建立在相互信任的基础上的，这要求社会投资者必须具备良好的信用水平；PPP项目利益相关者众多，为保证多方合作的顺利进行，投资者必须具备良好的沟通能力；PPP项目的特殊性导致了风险的存在，要求社会投资者必须具备一定的风险承担能力，才能保证项目顺利完成；如何分配利益是PPP项目合作的核心问题，对社会资本利益要求的评价能够有效地降低由于利益分配问题导致合作失败的风险。

四、案例分析

以西部某省PPP项目为例，验证所提出模型的可靠性。有3家社会资本参与投标，分别记为D_1，D_2，D_3，为了选择最佳的社会资本，特地邀请5名专家组成专家小组，应用德尔菲法进行评判。具体步骤如下：

第一步：建立社会资本选择评价指标体系，识别上下层之间的支配关系以及元素组间的相互影响关系，如图2所示。

第二步：对准则和指标进行两两对比，依据专家意见建立评判矩阵。表3为财务能力C1准则下，专家对投资能力C11，融资能力C12，资金来源安全性C13，财务风险应对能力C14的评判意见。

表 3 关于社会资本选择两两比较矩阵

财务能力	C_{11}	C_{12}	C_{13}	C_{14}	W
S_{11}	1	2	3	4	0.467
S_{12}	1/2	1	2	3	0.278
S_{13}	1/3	1/2	1	2	0.160
S_{14}	1/4	1/3	1/2	1	0.095
max=4.031 CR=0.011					

第三步：根据准则/指标的网络关系，可求得未加权超矩阵，如图3所示。

$$\begin{bmatrix}
0.000 & 0.053 & 0.333 & 0.333 & 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.025 & 0.000 & 0.000 & 0.451 \\
0.075 & 0.000 & 0.000 & 0.667 & 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.025 & 0.000 & 0.000 & 0.261 \\
0.025 & 0.163 & 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.025 & 0.000 & 0.000 & 0.119 \\
0.000 & 0.297 & 0.667 & 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.025 & 0.000 & 0.000 & 0.169 \\
0.163 & 0.196 & 0.000 & 1.000 & 0.000 & 1.000 & 0.333 & 0.333 & 1.000 & 1.000 & 1.000 & 0.000 & 0.000 & 0.000 & 1.000 \\
0.540 & 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.667 & 0.667 & 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.000 \\
0.000 & 0.493 & 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.000 \\
0.297 & 0.311 & 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.000 \\
0.667 & 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.540 & 0.540 & 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.540 & 0.000 & 0.540 \\
0.333 & 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.163 & 0.163 & 0.333 & 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.163 & 0.000 & 0.163 \\
0.000 & 1.000 & 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.297 & 0.297 & 0.777 & 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.297 & 1.000 & 0.297 \\
0.000 & 0.333 & 0.163 & 0.297 & 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.163 & 0.000 & 0.000 & 0.250 & 0.000 \\
0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.333 & 0.333 & 0.333 & 0.000 & 0.000 & 0.250 & 0.000 & 0.000 & 0.000 \\
1.000 & 0.140 & 0.540 & 0.540 & 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.333 & 0.140 & 0.333 & 0.297 & 0.750 & 0.000 & 0.000 & 1.000 \\
0.000 & 0.528 & 0.297 & 0.163 & 0.000 & 1.000 & 0.667 & 0.333 & 0.528 & 0.667 & 0.540 & 0.000 & 0.000 & 0.750 & 0.000
\end{bmatrix}$$

图 3 未加权超矩阵

$$\begin{bmatrix}
0.000 & 0.255 & 0.247 & 0.157 & 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.097 & 0.000 & 0.000 & 0.128 \\
0.354 & 0.000 & 0.000 & 0.314 & 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.097 & 0.000 & 0.000 & 0.074 \\
0.118 & 0.077 & 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.097 & 0.000 & 0.000 & 0.334 \\
0.000 & 0.140 & 0.494 & 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.097 & 0.000 & 0.000 & 0.048 \\
0.018 & 0.021 & 0.000 & 0.108 & 0.000 & 0.768 & 0.180 & 0.180 & 0.180 & 0.163 & 0.355 & 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.106 \\
0.058 & 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.360 & 0.360 & 0.360 & 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.000 \\
0.000 & 0.053 & 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.000 \\
0.032 & 0.033 & 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.000 \\
0.017 & 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.160 & 0.160 & 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.540 & 0.000 & 0.088 \\
0.085 & 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.049 & 0.049 & 0.180 & 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.163 & 0.000 & 0.027 \\
0.000 & 0.256 & 0.000 & 0.256 & 0.000 & 0.000 & 0.088 & 0.088 & 0.359 & 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.297 & 0.268 & 0.049 \\
0.000 & 0.055 & 0.042 & 0.049 & 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.105 & 0.000 & 0.000 & 0.183 & 0.000 \\
0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.054 & 0.054 & 0.099 & 0.000 & 0.000 & 0.153 & 0.000 & 0.000 & 0.000 \\
0.164 & 0.023 & 0.139 & 0.089 & 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.054 & 0.041 & 0.215 & 0.192 & 0.460 & 0.000 & 0.000 & 0.448 \\
0.000 & 0.087 & 0.077 & 0.027 & 0.000 & 0.232 & 0.109 & 0.054 & 0.157 & 0.430 & 0.348 & 0.000 & 0.000 & 0.549 & 0.000
\end{bmatrix}$$

图 4 加权超矩阵

$$\begin{bmatrix}
0.070 & 0.070 & 0.070 & 0.070 & 0.000 & 0.070 & 0.070 & 0.070 & 0.070 & 0.070 & 0.070 & 0.070 & 0.070 & 0.070 & 0.070 \\
0.067 & 0.067 & 0.067 & 0.067 & 0.000 & 0.067 & 0.067 & 0.067 & 0.067 & 0.067 & 0.067 & 0.067 & 0.067 & 0.067 & 0.067 \\
0.029 & 0.029 & 0.029 & 0.029 & 0.000 & 0.029 & 0.029 & 0.029 & 0.029 & 0.029 & 0.029 & 0.029 & 0.029 & 0.029 & 0.029 \\
0.044 & 0.044 & 0.044 & 0.044 & 0.000 & 0.044 & 0.044 & 0.044 & 0.044 & 0.044 & 0.044 & 0.044 & 0.044 & 0.044 & 0.044 \\
0.108 & 0.108 & 0.108 & 0.108 & 0.000 & 0.108 & 0.108 & 0.108 & 0.108 & 0.108 & 0.108 & 0.108 & 0.108 & 0.108 & 0.108 \\
0.008 & 0.008 & 0.008 & 0.008 & 0.000 & 0.008 & 0.008 & 0.008 & 0.008 & 0.008 & 0.008 & 0.008 & 0.008 & 0.008 & 0.008 \\
0.004 & 0.004 & 0.004 & 0.004 & 0.000 & 0.004 & 0.004 & 0.004 & 0.004 & 0.004 & 0.004 & 0.004 & 0.004 & 0.004 & 0.004 \\
0.005 & 0.005 & 0.005 & 0.005 & 0.000 & 0.005 & 0.005 & 0.005 & 0.005 & 0.005 & 0.005 & 0.005 & 0.005 & 0.005 & 0.005 \\
0.044 & 0.044 & 0.044 & 0.044 & 0.000 & 0.044 & 0.044 & 0.044 & 0.044 & 0.044 & 0.044 & 0.044 & 0.044 & 0.044 & 0.044 \\
0.025 & 0.025 & 0.025 & 0.025 & 0.000 & 0.025 & 0.025 & 0.025 & 0.025 & 0.025 & 0.025 & 0.025 & 0.025 & 0.025 & 0.025 \\
0.124 & 0.124 & 0.124 & 0.124 & 0.000 & 0.124 & 0.124 & 0.124 & 0.124 & 0.124 & 0.124 & 0.124 & 0.124 & 0.124 & 0.124 \\
0.062 & 0.062 & 0.062 & 0.062 & 0.000 & 0.062 & 0.062 & 0.062 & 0.062 & 0.062 & 0.062 & 0.062 & 0.062 & 0.062 & 0.062 \\
0.016 & 0.016 & 0.016 & 0.016 & 0.000 & 0.016 & 0.016 & 0.016 & 0.016 & 0.016 & 0.016 & 0.016 & 0.016 & 0.016 & 0.016 \\
0.191 & 0.191 & 0.191 & 0.191 & 0.000 & 0.191 & 0.191 & 0.191 & 0.191 & 0.191 & 0.191 & 0.191 & 0.191 & 0.191 & 0.191 \\
0.120 & 0.120 & 0.120 & 0.120 & 0.000 & 0.120 & 0.120 & 0.120 & 0.120 & 0.120 & 0.120 & 0.120 & 0.120 & 0.120 & 0.120
\end{bmatrix}$$

图 5 极限超矩阵

第四步：将未加权超矩阵进行列归一化，建立加权矩阵，如图4所示。

第五步：将加权超矩阵自乘，若干次后得到稳定极限超矩阵，如图5所示。选择其中任意非零列作为具有网络关系的准则/指标的权重。

第六步：求出每个评价指标的综合权重W，并进行归一化处理。

第七步：根据拟选择投资者的评分和指标的权重，计算出各社会资本的总得分，如表4所示。

计算公式如下：

$$D_i = \sum_{j=1}^{j} \sum_{k=1}^{k_j} p_j A_{kj}^{D} A_{kj}^{I} S_{ik_j}$$

式中：D_i表示社会资本的最终得分；p_j表示第j个准则的权重；A_{kj}^{D}表示考虑相互影响时第k个指标在第j个准则下的权重；A_{kj}^{I}表示不考虑相互影响时第k个指标在第j个准则下的权重；S_{ik_j}表示第i个社会资本在第k个指标和第j个准则下的得分；k_j表示指标集；j表示准则集。

五、与FAHP方法评价结果比较

上述最佳社会资本选择如采用网络分析法，由表4可知3个拟选目标D_1，D_2，D_3的最终综合得分分别为：0.929、

表4　基于FANP社会资本投资者综合评价最终得分情况

指标	P_j	A^I_{kj}	A^D_{kj}	W	W′	S_{1k_j}	S_{2k_j}	S_{3k_j}	d_1	d_2	d_3
C_{11}	0.365	0.467	0.070	0.012	0.184	0.951	0.946	0.973	0.175	0.174	0.179
C_{12}	0.365	0.278	0.067	0.007	0.107	0.943	0.913	0.926	0.101	0.098	0.099
C_{13}	0.365	0.160	0.029	0.002	0.030	0.962	0.928	0.967	0.029	0.028	0.029
C_{14}	0.365	0.295	0.044	0.005	0.077	0.968	0.858	0.932	0.075	0.066	0.072
C_{21}	0.276	0.305	0.108	0.009	0.138	0.926	0.954	0.894	0.128	0.132	0.117
C_{22}	0.276	0.412	0.008	0.001	0.015	0.974	0.913	0.929	0.015	0.014	0.014
C_{23}	0.276	0.216	0.004	0.001	0.015	0.925	0.902	0.934	0.014	0.014	0.014
C_{24}	0.276	0.067	0.005	0.001	0.015	0.945	0.879	0.963	0.014	0.013	0.014
C_{31}	0.162	0.524	0.044	0.004	0.062	0.916	0.962	0.956	0.057	0.060	0.059
C_{32}	0.162	0.312	0.025	0.001	0.015	0.927	0.851	0.917	0.014	0.013	0.014
C_{33}	0.162	0.164	0.124	0.003	0.046	0.933	0.893	0.898	0.043	0.041	0.041
C_{41}	0.197	0.425	0.062	0.005	0.077	0.939	0.974	0.852	0.072	0.075	0.066
C_{42}	0.197	0.111	0.016	0.001	0.015	0.915	0.926	0.961	0.014	0.014	0.014
C_{43}	0.197	0.143	0.191	0.005	0.077	0.903	0.953	0.915	0.070	0.073	0.070
C_{44}	0.197	0.321	0.120	0.008	0.123	0.882	0.932	0.883	0.108	0.115	0.109
拟选社会资本综合得分D_i									0.929	0.930	0.911

0.930、0.911，$D_2>D_1>D_3$，采用模糊层次分析法计算出的拟选目标D_1，D_2，D_3最终综合得分如表5所示分别为：0.968、0.951、0.899，$D_1>D_2>D_3$。所得出的结果不同，是由于模糊层次分析法（FAHP）只是将内部指标的复杂关系进行了简单处理，会丢失掉部分评判信息，而模糊网络分析法（FANP）充分考虑了各指标之间的相互关系。

表5　基于FAHP社会资本投资者综合评价最终得分情况

指标	P_j	A^I_{kj}	W′′	S_{1k_j}	S_{2k_j}	S_{3k_j}	d_1	d_2	d_3
C_{11}	0.365	0.467	0.170	0.951	0.946	0.973	0.162	0.161	0.165
C_{12}	0.365	0.278	0.101	0.943	0.913	0.926	0.095	0.092	0.094
C_{13}	0.365	0.160	0.058	0.962	0.928	0.967	0.056	0.054	0.056
C_{14}	0.365	0.295	0.108	0.968	0.858	0.932	0.105	0.093	0.101
C_{21}	0.276	0.305	0.084	0.926	0.954	0.894	0.078	0.080	0.075
C_{22}	0.276	0.412	0.114	0.974	0.913	0.929	0.111	0.104	0.106
C_{23}	0.276	0.216	0.015	0.925	0.902	0.934	0.014	0.014	0.014
C_{24}	0.276	0.067	0.018	0.945	0.879	0.963	0.017	0.016	0.017
C_{31}	0.162	0.524	0.085	0.916	0.962	0.956	0.078	0.082	0.081
C_{32}	0.162	0.312	0.051	0.927	0.851	0.917	0.047	0.043	0.047
C_{33}	0.162	0.164	0.027	0.933	0.893	0.898	0.025	0.024	0.024
C_{41}	0.197	0.425	0.084	0.939	0.974	0.852	0.079	0.082	0.072
C_{42}	0.197	0.111	0.022	0.915	0.926	0.961	0.020	0.020	0.021
C_{43}	0.197	0.143	0.028	0.903	0.953	0.915	0.025	0.027	0.026
C_{44}	0.197	0.321	0.063	0.882	0.932	0.883	0.056	0.059	0.056
拟选社会资本综合得分D_i							0.968	0.951	0.899

六、结论

本文运用模糊网络分析法（FANP）对社会资本进行评价，该评价方法能够有效处理不确定性复杂问题，从评价指标的关联性和整体性出发，将评价的复杂系统进行定量化分析，并将研究结果与采用FAHP方法的评价结果做了比较，结果表明使用FANP评价更为合理。本研究不足之处在于评价指标之间的相互关系以及反馈关系具有一定主观性，如果能够结合因果环路图进行分析，会得到更客观的评价结果。

主要参考文献：

Akintoya A., Beck M., Hardcast C.. Public-private partnerships：Managing risks and opportunities［M］. Hoboken：Wiley-blackwell，2003.

刘薇. PPP模式理论阐释及其现实例证［J］. 改革，2015（1）.

周正祥，张秀芳，张平. 新常态下PPP模式应用存在的问题及对策［J］. 中国软科学，2015（9）.

王增忠，范立础，张学清. 公私合作制项目特许期的确定方法［J］. 上海师范大学学报（自然科学版），2008（1）.

杨卫华，王秀山，张凤海. 公共项目PPP模式选择路径研究——基于交易合作三维框架［J］. 华东经济管理，2014（2）.

杜栋，庞庆华，吴炎. 现代综合评价方法与案例精选［M］. 北京：清华大学出版社，2008.

唐幼晖，李艳红，高圣国. 系统工程——方法与应用［M］. 北京：清华大学出版社，2010.

刘婧湜，王守清. PPP项目特许经营者选择研究——基于《招标投标法》与《政府采购法》的适用性比较［J］. 建筑经济，2015（7）.

梁竹，毛佩佩. PPP特许经营者评价指标的选择［J］. 经济管理，2014（10）.

任志涛，高素侠. 提升PPP项目政企双边匹配满意度的对策研究［J］. 建筑经济，2015（12）.

岳意定，黄雄艳. 政府融资平台存量项目PPP模式的资本结构选择模型［J］. 湖南师范大学社会科学学报，2016（2）.

王艳伟，黄宜，李靖. 政府和社会资本合作（PPP）项目多目标优化模型研究［J］. 工程管理学报，2016（1）.

丁红伟. PPP选择社会合作伙伴方式探讨［J］. 招标采购管理，2015（2）.

周晓光，高学东. 基于FANP模型的建设项目选择方法与应用［J］. 系统工程理论与实践，2012（11）.

作者单位：桂林电子科技大学商学院，广西桂林541004