**基于群组判断的电网公司新能源消纳经济效益灰色综合评价**

杜英1，夏慧聪2，苟全峰1，牛东晓2，周萍1，周飞1

（1．国网四川省电力公司 经济技术研究院，四川省 成都市 610041；

2．华北电力大学 经济与管理学院，北京市 昌平区 102206）[[1]](#endnote-0)

**Gray Comprehensive Evaluation of Economic Benefit of New Energy Consuming for Power Grid Company Based on Group Judgment**

DU Ying1, XIA Huicong2, GOU Quanfeng1, NIU Dongxiao2, ZHOU Ping1, ZHOU Fei1

(1. Economy Research Institute, State Grid Sichuan Electric Power Company, Chengdu 610041, Sichuan Province, China;

2. Economics and Management School, North China Electric Power University, Changping District, Beijing 102206, China)

[[2]](#footnote-0)**摘要：**对新能源消纳进行经济性评价是电网公司履行新能源消纳任务时需要考虑的一个重要问题。本文提出了改进灰色系统白化权函数的综合评价方法，该方法在赋权环节引入群组判断和指数标度，降低了综合评价时主观因素的影响程度和判断矩阵不一致的风险。通过对新能源消纳和常规能源替代两种方案下的经济效益灰色综合评价结论进行比较，结果显示新能源消纳对电网公司的经济效益产生了不利影响。算例结果表明，从电网公司角度分析，新能源消纳将对其经济效益产生冲击。

**关键词：**电网公司；新能源消纳；经济效益；群组判断；灰色白化权函数

**ABSTRACT:** The economic evaluation of new energy consuming before fulfilling the new energy consumption task is an important issue for Power Grid Company. In this paper, an improving comprehensive evaluation method based on grey system whitening weight function is proposed, which introduces the group judgment and exponential scale to reduce the influence of subjective factors and the inconsistency risk of judgment matrix. This paper compares the gray comprehensive evaluation results of economic benefits under the circumstances of new energy consumption and conventional energy substitution, the result shows that the new energy consumption has a negative impact on the economic benefits of Power Grid Company, which means the new energy consumption will attack the economic efficiency of Power Grid Company.

**KEY WORDS:** Power Grid Company; new energy consumption; economic efficiency; group judgment; grey system whitening weight function

**中图分类号 TM715 ； 文献标志码 A**

**0引言**

随着全球能源转型的深入推进，不断增加新能源在能源消费结构中的比例已成为我国能源发展的一大趋势。以风、光、生物质发电等为代表的新能源发电方式具有突出的环境效益：风电系统不排放任何温室气体，是当前最廉价、最安全的一种新能源利用方式[1]；光伏发电系统运行期间不产生任何噪声和有害气体[2]；生物质发电帮助解决农业、林业和养殖业的废弃物，以及城市生活垃圾，一方面直接减少了环境污染，另一方面为居民提供了额外的经济收入[3]。目前，对于新能源的研究多集中在其环境效益上，以及对某个独立的新能源电站进行经济效益分析[4]，从电网公司角度出发进行独立的新能源消纳经济效益评价的研究较少。在推动新能源发展的进程中，电网公司承担着重要的责任，但作为一个以盈利为经营目的的企业，电网公司的经营决策必须考虑其获利能力，因此，需要建立一套客观、合理的电网公司新能源消纳经济效益评价方法，帮助决策者判断新能源消纳方案的优劣。

目前常用的综合评价方法主要有模糊综合评价法、数据包络分析法、智能综合评价方法、灰色综合评价方法[5]等。模糊综合评价法多用于边界不清、不易量化的定性评价问题，而经济效益评价对评价指标进行量化分析，因此模糊综合评价法不适用于此类问题；数据包络分析法用于判断某个具有输入、输出的经济系统或生产过程的有效性，评价过程基于一组有相同的目标、处于相同的环境、有相同的输入和输出指标的决策单元，但由于不同区域的电源结构和能源消费结构之间有很大差异，电网公司的业务结构也具有特殊性，因此难以找出具有可比性的多个电网公司数据；智能综合评价方法通过大量的训练和学习，建立一种由指标到评价结果的映射关系，但训练和学习的过程同样基于大量样本数据，电网公司新能源消纳经济效益评价不具备这样的条件；灰色综合评价法可用于单个对象的评价问题，通过对指标观测值和评价结果建立某种不确定的映射关系，达到综合评价的目的。卿松，王晔，彭鹏[6]使用灰色白化权函数对电力系统安全风险进行评估，证明了灰色聚类方法的可行性及实用性。刘思峰，谢乃明[7]提出了基于中心点三角白化权函数的灰色评估方法，并结合实例证实了该方法的有效性。

新能源消纳经济效益评价指标的赋权过程，受样本数据的影响，需要采用主观赋权方法，为了提高权重计算结果的可靠性，本文使用群组判断进行改进[8]，并使用指数标度降低判断矩阵不一致的风险[9]。由于电力产品的无差异特点，电网公司购电后，无法区分新能源与常规能源，因此难以将新能源部分的财务数据剥离分析。本文在新能源消纳现状的基础上，假设使用水电和火电替代新能源，结合系统动力学财务数据预测模型[10]，计算替代方案下的各项财务数据和评价指标，通过对比分析的方法，评价新能源消纳为电网公司带来的经济效益。

**1 基于灰色系统白化权函数的经济效益评价模型**

**1.1经济效益评价指标体系的建立**

鉴于判断电网公司经济效益的指标具有复杂性和多样性的特征，本文从盈利能力，偿债能力和营运能力三个角度出发，分别选取具有代表性的财务指标，指标的选择和指标体系的建立结果如表1。

表1电网公司新能源消纳经济效益评价指标体系

Tab.1 The economic benefits evaluation index system of new energy consumption for Power Grid Corp

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 目标层 | 准则层 | 指标层 | 指标解释 | 指标编号 |
| 经济效益评价指标 | 盈利能力 | 总资产报酬率 |  | X1 |
| 净资产收益率 |  | X2 |
| 销售净利率 |  | X3 |
| 成本费用利润率 |  | X4 |
| 偿债能力 | 资产负债率 |  | X5 |
| 流动比率 |  | X6 |
| 利息保障倍数 |  | X7 |
| 营运能力 | 应收账款周转率 |  | X8 |
| 流动资产周转率 |  | X9 |
| 总资产周转率 |  | X10 |

**1.2指标权重的计算**

主观赋权方法中，较常用的方法为特征值法，即由专家对每两个指标的相对重要程度进行打分，构成判断矩阵，通过对判断矩阵求最大特征根和最大特征根对应的归一化后的特征向量，求得各指标的权重。由于特征值法的计算结果完全基于专家的个人判断，因此客观性缺失，为尽量降低专家个人偏好的影响，本文引入群组判断思想，首先由多位专家对指标重要性进行独立判断，根据判断结果的一致程度对专家进行赋权，将专家权重与由各专家给出的判断矩阵计算得到的指标权重合成，形成最终的权重计算结果。另一方面，由于指标选取较多，为降低判断矩阵不一致的风险，本文专家打分基于指数标度方法。

具体的权重计算步骤如下：

（1）基于指数标度进行专家打分

假设邀请*m*位专家，对*n*个指标进行两两比较，相对重要程度构成的判断矩阵记作，其中，，，，表示第位专家，针对指标对指标的相对重要程度，基于指数标度方法给出的判断。

关于指数标度的描述如下表2所示。

表2 指数标度判断依据

Tab.2 The judgment basis of exponential scale

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 相对重要性 | 同样重要 | 稍微重要 | 明显重要 | 强烈重要 | 极端重要 |
| 指数标度an | a0 | a2 | a4 | a6 | a8 |

为保持与Saaty的1~9标度的一致性，通常假设，即。

（2）特征值法计算指标权重

用特征值法对*m*个专家构造的判断矩阵进行计算，求出各指标的权重，并进行一致性检验。

对判断矩阵进行计算，得出最大特征值及其对应的特征向量，对该最大特征根对应的特征向量进行归一化处理，得到特征向量。

一致性检验。特征值法计算权重的可行性建立在判断矩阵是一致性矩阵的前提上，因此，需对判断矩阵进行一致性检验。

首先，计算一致性指标：

 （1）

其中，表示最大特征值，*n*表示指标个数。

其次，查阅一致性指标RI。不同阶数对应的RI如表3所示。

表3平均随机一致性指标RI值

Tab.3 The value of average random consistency index RI

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 阶数 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| RI | 0 | 0.58 | 0.9 | 1.12 | 1.24 | 1.32 | 1.41 | 1.45 | 1.49 |

最后，计算一致性比率CR：

 （2）

若CR<0.1，则该判断矩阵通过一致性检验，特征值法求得的归一化的特征向量可以表示指标权重。若未通过一致性检验，需要重新调整判断矩阵，直至CR<0.1。

（3）专家赋权

利用判断矩阵，求得对应的一致性矩阵：，，其中

 （3）

计算每个判断矩阵与对应的的偏差：

  （4）

求解相对权重：

  （5）

将归一化，计算得到专家权重，。

（4）权重的合成

将专家权重与根据各专家判断矩阵计算得到的指标权重依据下式合成，得到最终的指标权重计算结果。

  （6）

最终权重向量为

**1.3基于灰色系统白化权函数的经济效益综合评价**

（1）计算评估指标的样本矩阵

假设邀请*m*位专家，对某个评价对象的*n*个经济效益指标的观测值进行评估。第位专家对第个指标的观测值给出的评分是，由此构成的评估指标样本矩阵为

 （7）

一般取或。

（2）确定评价灰类及其白化权函数

由*m*位专家给出的$n×m$个评分即白化值。为根据白化值确定各指标所属灰类，首先需要设定灰类的等级数、各灰类的取值范围，以及各灰类的白化权函数。假设共划分个灰类，将指标的取值范围按照个灰类划分，…，…，。

设指标的类白化权函数为，常用的白化权函数有上限测度白化权函数、适中测度白化权函数以及下限测度白化权函数。

上限测度白化权函数：灰数为，白化权函数的表达式如下：

 （8）

其中，为灰类的阀值，为指标观测值。

适中测度白化权函数：灰数为，白化权函数的表达式如下：

 （9）

下限测度白化权函数：灰数为，白化权函数的表达式如下：

 （10）

（3）计算灰色评价系数、灰色评估权重

对于指标，第个灰类的灰色评估系统为：

 （11）

各类评估灰类的总灰色评估系数为：

 （12）

属于第个灰类的灰色评估权重记为：

 （13）

第个指标的灰类权向量为：

 （14）

（4）灰色综合评价

某个评价对象关于第个灰类的综合聚类矩阵为

 （15）

其中，为第个指标的灰类权向量。

由，,可以判断，该评估对象属于灰类。

**2 实例分析**

本文选择某省级电网公司为分析对象，记作S省电网公司，S省电网公司消纳的电力分为水电、火电和新能源电力，本文在该公司现有能源消纳方案的基础上，假设使用常规的水电和火电替代新能源，并使用系统动力学财务预测模型，估算替代方案下该公司的资产、负债、收入和成本等财务数据，计算两个方案下的经济效益评价指标，通过比较分析的方法，评价新能源消纳为S省电网公司带来的经济效益。

2015年S省电网公司实际购电结构及假设购电方案见表4，其中2015年该省弃水电量为102.2亿千瓦时。

表4 S省电网公司实际购电结构及假设购电结构对比表

Tab.4 Comparison of actual electricity purchasing structure and hypothetical electricity purchasing structure of S Power Grid Corp

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 能源类型 | 实际购电量（亿千瓦时） | 假设方案购电量（亿千瓦时） |
| 火电 | 308.11 | 308.11 |
| 水电 | 2688.59 | 2709.35 |
| 风电 | 9.42 | 0 |
| 太阳能发电 | 2.10 | 0 |
| 生物质发电 | 9.24 | 0 |
| 合计 | 3017.46 | 3017.46 |

S省电网公司2015年经济效益评价指标实际值，以及假设方案下经过系统动力学财务预测模型估算得到的经济指标值填列如表5。

表5 S省电网公司实际经济效益指标值及假设方案经济效益指标值对比表

Tab.5 Comparison of actual economic benefit and hypothetical economic benefit of S Power Grid Corp

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 准则层 | 指标层 | 实际经济效益指标值 | 假设方案经济效益指标值 |
| 盈利能力 | 总资产报酬率 | 5.22% | 5.23% |
| 净资产收益率 | 5.76% | 6.8% |
| 销售净利率 | 1.74% | 1.98% |
| 成本费用利润率 | 2.88% | 2.89% |
| 偿债能力 | 资产负债率 | 66.03% | 65.74% |
| 流动比率 | 1.50 | 1.51 |
| 利息保障倍数 | 2.60 | 2.62 |
| 营运能力 | 应收账款周转率 | 499.30 | 499.30 |
| 流动资产周转率 | 10.92 | 10.92 |
| 总资产周转率 | 1.16 | 1.16 |

根据预测结果，常规能源替代新能源电力通过直接影响企业购电成本，缩小了电网公司的利润空间，影响了企业的盈利能力；另一方面，由于企业净利润降低，可用于新建项目及对外投资的现金流减少，在能够保证企业投资能力的前提下，电网公司需要增加借款，间接导致企业偿债能力降低；由于新能源消纳对企业收入及资产规模的影响较小，电网公司营运能力受新能源消纳的影响较小。

**2.1经济效益评价指标权重的计算**

（1）判断矩阵的构建

基于指数标度方法，邀请5位专家分别对由10项评价指标构成的指标体系构建判断矩阵，指标依次为总资产报酬率、净资产收益率、销售净利率、成本费用利润率、资产负债率、流动比率、利息保障倍数、应收账款周转率、流动资产周转率和总资产周转率，得到的5个判断矩阵如表6至表10。

表6 判断矩阵

Tab.6 Judgment matrix

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | X1 | X2 | X3 | X4 | X5 | X6 | X7 | X8 | X9 | X10 |
| X1 | 1 | 9(1/8) | 9(-2/8) | 9(-1/8) | 9(4/8) | 9(3/8) | 9(-2/8) | 9(5/8) | 9(6/8) | 9(6/8) |
| X2 | 9 (-1/8) | 1 | 9(-3/8) | 9(-2/8) | 9(3/8) | 9(2/8) | 9(1/8) | 9(4/8) | 9(5/8) | 9(5/8) |
| X3 | 9(2/8) | 9(3/8) | 1 | 9(1/8) | 9(6/8) | 9(5/8) | 9(4/8) | 9(7/8) | 9(8/8) | 9(8/8) |
| X4 | 9(1/8) | 9(2/8) | 9(-1/8) | 1 | 9(5/8) | 9(4/8) | 9(3/8) | 9(6/8) | 9(7/8) | 9(7/8) |
| X5 | 9(-4/8) | 9(-3/8) | 9(-6/8) | 9(-5/8) | 1 | 9(-1/8) | 9(-2/8) | 9(1/8) | 9(2/8) | 9(2/8) |
| X6 | 9(-3/8) | 9(-2/8) | 9(-5/8) | 9(-4/8) | 9(1/8) | 1 | 9(-1/8) | 9(2/8) | 9(3/8) | 9(3/8) |
| X7 | 9(2/8) | 9(-1/8) | 9(-4/8) | 9(-3/8) | 9(2/8) | 9(1/8) | 1 | 9(3/8) | 9(4/8) | 9(4/8) |
| X8 | 9(-5/8) | 9(-4/8) | 9(-7/8) | 9(-6/8) | 9(-1/8) | 9(-2/8) | 9(-3/8) | 1 | 9(1/8) | 9(1/8) |
| X9 | 9(-6/8) | 9(-5/8) | 9(-8/8) | 9(-7/8) | 9(-2/8) | 9(-3/8) | 9(-4/8) | 9(-1/8) | 1 | 1 |
| X10 | 9(-6/8) | 9(-5/8) | 9(-8/8) | 9(-7/8) | 9(-2/8) | 9(-3/8) | 9(-4/8) | 9(-1/8) | 1 | 1 |

表7 判断矩阵

Tab.7 Judgment matrix

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | X1 | X2 | X3 | X4 | X5 | X6 | X7 | X8 | X9 | X10 |
| X1 | 1 | 9(-1/8) | 9(-3/8) | 9(-2/8) | 9(3/8) | 9(2/8) | 9(1/8) | 9(4/8) | 9(4/8) | 9(5/8) |
| X2 | 9(1/8) | 1 | 9(-2/8) | 9(-1/8) | 9(4/8) | 9(3/8) | 9(2/8) | 9(5/8) | 9(5/8) | 9(6/8) |
| X3 | 9(3/8) | 9(2/8) | 1 | 9(1/8) | 9(6/8) | 9(5/8) | 9(4/8) | 9(7/8) | 9(7/8) | 9(8/8) |
| X4 | 9(2/8) | 9(1/8) | 9(-1/8) | 1 | 9(5/8) | 9(4/8) | 9(3/8) | 9(6/8) | 9(6/8) | 9(7/8) |
| X5 | 9(-3/8) | 9(-4/8) | 9(-6/8) | 9(-5/8) | 1 | 9(-1/8) | 9(-2/8) | 9(1/8) | 9(1/8) | 9(2/8) |
| X6 | 9(-2/8) | 9(-3/8) | 9(-5/8) | 9(-4/8) | 9(1/8) | 1 | 9(-1/8) | 9(2/8) | 9(2/8) | 9(3/8) |
| X7 | 9(-1/8) | 9(-2/8) | 9(-4/8) | 9(-3/8) | 9(2/8) | 9(1/8) | 1 | 9(3/8) | 9(3/8) | 9(4/8) |
| X8 | 9(-4/8) | 9(-5/8) | 9(-7/8) | 9(-6/8) | 9(-1/8) | 9(-2/8) | 9(-3/8) | 1 | 1 | 9(1/8) |
| X9 | 9(-4/8) | 9(-5/8) | 9(-7/8) | 9(-6/8) | 9(-1/8) | 9(-2/8) | 9(-3/8) | 1 | 1 | 9(1/8) |
| X10 | 9(-5/8) | 9(-6/8) | 9(-8/8) | 9(-7/8) | 9(-2/8) | 9(-3/8) | 9(-4/8) | 9(-1/8) | 9(-1/8) | 1 |

表8 判断矩阵

Tab.8 Judgment matrix

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | X1 | X2 | X3 | X4 | X5 | X6 | X7 | X8 | X9 | X10 |
| X1 | 1 | 9(-1/8) | 9(-2/8) | 9(-2/8) | 9(2/8) | 9(1/8) | 9(3/8) | 9(4/8) | 9(5/8) | 9(6/8) |
| X2 | 9(1/8) | 1 | 9(-1/8) | 9(-1/8) | 9(3/8) | 9(2/8) | 9(4/8) | 9(5/8) | 9(6/8) | 9(7/8) |
| X3 | 9(2/8) | 9(1/8) | 1 | 1 | 9(4/8) | 9(3/8) | 9(5/8) | 9(6/8) | 9(7/8) | 9(8/8) |
| X4 | 9(2/8) | 9(1/8) | 1 | 1 | 9(-4/8) | 9(-3/8) | 9(-5/8) | 9(-6/8) | 9(-7/8) | 9(8/8) |
| X5 | 9(-2/8) | 9(-3/8) | 9(-4/8) | 9(-4/8) | 1 | 9(-1/8) | 9(1/8) | 9(2/8) | 9(3/8) | 9(4/8) |
| X6 | 9(-1/8) | 9(-2/8) | 9(-3/8) | 9(-3/8) | 9(1/8) | 1 | 9(2/8) | 9(3/8) | 9(4/8) | 9(5/8) |
| X7 | 9(-3/8) | 9(-4/8) | 9(-5/8) | 9(-5/8) | 9(-1/8) | 9(-2/8) | 1 | 9(1/8) | 9(2/8) | 9(3/8) |
| X8 | 9(-4/8) | 9(-5/8) | 9(-6/8) | 9(-6/8) | 9(-2/8) | 9(-3/8) | 9(-1/8) | 1 | 9(1/8) | 9(2/8) |
| X9 | 9(-5/8) | 9(-6/8) | 9(-7/8) | 9(-7/8) | 9(-3/8) | 9(-4/8) | 9(-2/8) | 9(-1/8) | 1 | 9(1/8) |
| X10 | 9(-6/8) | 9(-7/8) | 9(-8/8) | 9(-8/8) | 9(-4/8) | 9(-5/8) | 9(-3/8) | 9(-2/8) | 9(-1/8) | 1 |

表9 判断矩阵

Tab.9 Judgment matrix

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | X1 | X2 | X3 | X4 | X5 | X6 | X7 | X8 | X9 | X10 |
| X1 | 1 | 9(-1/8) | 9(-2/8) | 9(-2/8) | 9(4/8) | 9(3/8) | 9(1/8) | 9(5/8) | 9(5/8) | 9(6/8) |
| X2 | 9(1/8) | 1 | 9(-1/8) | 9(-1/8) | 9(5/8) | 9(4/8) | 9(2/8) | 9(6/8) | 9(6/8) | 9(7/8) |
| X3 | 9(2/8) | 9(1/8) | 1 | 1 | 9(6/8) | 9(5/8) | 9(3/8) | 9(7/8) | 9(7/8) | 9(8/8) |
| X4 | 9(2/8) | 9(1/8) | 1 | 1 | 9(6/8) | 9(5/8) | 9(3/8) | 9(7/8) | 9(7/8) | 9(8/8) |
| X5 | 9(-4/8) | 9(-5/8) | 9(-6/8) | 9(-6/8) | 1 | 9(-1/8) | 9(-3/8) | 9(1/8) | 9(1/8) | 9(2/8) |
| X6 | 9(-3/8) | 9(-4/8) | 9(-5/8) | 9(-5/8) | 9(1/8) | 1 | 9(-2/8) | 9(2/8) | 9(2/8) | 9(3/8) |
| X7 | 9(-1/8) | 9(-2/8) | 9(-3/8) | 9(-3/8) | 9(3/8) | 9(2/8) | 1 | 9(4/8) | 9(4/8) | 9(5/8) |
| X8 | 9(-5/8) | 9(-6/8) | 9(-7/8) | 9(-7/8) | 9(-1/8) | 9(-2/8) | 9(-4/8) | 1 | 1 | 9(1/8) |
| X9 | 9(-5/8) | 9(-6/8) | 9(-7/8) | 9(-7/8) | 9(-1/8) | 9(-2/8) | 9(-4/8) | 1 | 1 | 9(1/8) |
| X10 | 9(-6/8) | 9(-7/8) | 9(-8/8) | 9(-8/8) | 9(-2/8) | 9(-3/8) | 9(-5/8) | 9(-1/8) | 9(-1/8) | 1 |

表10 判断矩阵

Tab.10 Judgment matrix

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | X1 | X2 | X3 | X4 | X5 | X6 | X7 | X8 | X9 | X10 |
| X1 | 1 | 9(-1/8) | 9(-2/8) | 9(-1/8) | 9(3/8) | 9(2/8) | 9(1/8) | 9(4/8) | 9(5/8) | 9(6/8) |
| X2 | 9(1/8) | 1 | 9(-1/8) | 1 | 9(4/8) | 9(3/8) | 9(2/8) | 9(5/8) | 9(6/8) | 9(7/8) |
| X3 | 9(2/8) | 9(1/8) | 1 | 9(1/8) | 9(5/8) | 9(4/8) | 9(3/8) | 9(6/8) | 9(7/8) | 9(8/8) |
| X4 | 9(1/8) | 1 | 9(-1/8) | 1 | 9(4/8) | 9(3/8) | 9(2/8) | 9(5/8) | 9(6/8) | 9(7/8) |
| X5 | 9(-3/8) | 9(-4/8) | 9(-5/8) | 9(-4/8) | 1 | 9(-1/8) | 9(-2/8) | 9(1/8) | 9(2/8) | 9(3/8) |
| X6 | 9(-2/8) | 9(-3/8) | 9(-4/8) | 9(-3/8) | 9(1/8) | 1 | 9(-1/8) | 9(2/8) | 9(3/8) | 9(4/8) |
| X7 | 9(-1/8) | 9(-2/8) | 9(-3/8) | 9(-2/8) | 9(2/8) | 9(1/8) | 1 | 9(3/8) | 9(4/8) | 9(5/8) |
| X8 | 9(-4/8) | 9(-5/8) | 9(-6/8) | 9(-5/8) | 9(-1/8) | 9(-2/8) | 9(-3/8) | 1 | 9(1/8) | 9(2/8) |
| X9 | 9(-5/8) | 9(-6/8) | 9(-7/8) | 9(-6/8) | 9(-2/8) | 9(-3/8) | 9(-4/8) | 9(-1/8) | 1 | 9(1/8) |
| X10 | 9(-6/8) | 9(-7/8) | 9(-8/8) | 9(-7/8) | 9(-3/8) | 9(-4/8) | 9(-5/8) | 9(-2/8) | 9(-1/8) | 1 |

（2）专家权重计算

根据上述5个判断矩阵，利用特征值法，计算判断矩阵的最大特征值和最大特征值对应的归一化后的特征向量，计算结果如下：

，









一致性检验结果显示，5位专家给出的判断矩阵均通过一致性检验。

（3）专家赋权

对各专家判断矩阵构建对应的一致性矩阵，计算一致性矩阵与原判断矩阵的偏差，计算结果如下：



取a=10，计算归一化后的各专家权重，计算结果如下：



（4）专家权重合成

电网公司新能源消纳经济效益评价指标体系及指标权重如下表所示：

表11 电网公司新能源消纳经济效益评价指标权重

Tab.11 The weight of economic benefits evaluation index of new energy consumption for Power Grid Corp

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 准则 | 指标 | 综合权重 |
| 盈利能力 | 总资产报酬率 | 0.13 |
| 净资产收益率 | 0.16 |
| 销售净利率 | 0.24 |
| 成本费用利润率 | 0.14 |
| 偿债能力 | 资产负债率 | 0.06 |
| 流动比率 | 0.07 |
| 利息保障倍数 | 0.10 |
| 营运能力 | 应收账款周转率 | 0.04 |
| 流动资产周转率 | 0.03 |
| 总资产周转率 | 0.03 |

**2.2基于灰色白化权函数的电网公司新能源消纳经济效益评价**

（1）专家评估

邀请5位专家，针对两个方案下的10个经济效益评价指标值进行评估，并在0~100的分值范围内给出对该指标值的评估分数，形成的评分结果如表12。

表12 S电网公司实际经济效益及假设方案经济效益指标评分对比表

Tab.12 Comparison of actual economic benefit score and hypothetical economic benefit score of S Power Grid Corp

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 指标 | 实际情景：新能源消纳 | 假设情景：常规能源替代 |
| 专家1 | 专家2 | 专家3 | 专家4 | 专家5 | 专家1 | 专家2 | 专家3 | 专家4 | 专家5 |
| X1 | 82 | 83 | 78 | 77 | 83 | 83 | 83 | 82 | 79 | 83 |
| X2 | 78 | 80 | 65 | 68 | 78 | 90 | 90 | 82 | 83 | 83 |
| X3 | 65 | 77 | 66 | 66 | 65 | 80 | 83 | 81 | 83 | 80 |
| X4 | 77 | 77 | 78 | 81 | 78 | 82 | 78 | 83 | 82 | 79 |
| X5 | 83 | 84 | 72 | 78 | 71 | 90 | 90 | 79 | 84 | 78 |
| X6 | 82 | 79 | 77 | 78 | 77 | 84 | 83 | 79 | 80 | 80 |
| X7 | 79 | 70 | 74 | 72 | 72 | 82 | 76 | 78 | 78 | 78 |
| X8 | 90 | 84 | 79 | 80 | 80 | 90 | 84 | 79 | 80 | 80 |
| X9 | 83 | 81 | 76 | 78 | 77 | 83 | 81 | 76 | 78 | 77 |
| X10 | 82 | 80 | 76 | 78 | 77 | 82 | 80 | 76 | 78 | 77 |

（2）确定评价灰类及其白化权函数

假设分为4个灰类：优、良、中、差，选择上限测度白化权函数，4个灰类的评分取值范围及灰数如表13。

表13 白化权函数优、良、中、差灰类取值范围表

Tab.13 The span of the optimum, good, medium and bad grey clustering of whitening weight function

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 灰类 | 优 | 良 | 中 | 差 |
| 取值范围 | [85,100] | [75,85） | [60,75） | [0,60） |
| 灰数 |  |  |  |  |

假设当评分取边界值60、75、85时，其白化权函数值为相邻评分的1/2，即：评分=85时，对灰类“优”的白化权函数值为1/30；评分=75时，对灰类“良”的白化权函数值为1/20；评分=60时，对灰类“中”的白化权函数值为1/30。

（3）灰色综合评价

依据表13形成的白化权函数，计算可得两种情景下10个指标由5位专家给出的评分关于4个灰类的白化权函数值，并根据式（11）~式（13）计算可得评价指标关于各评估灰类的灰色评估权重，计算结果整理如表14所示。

表14 S省电网公司实际经济效益灰色评估权重与假设方案经济效益灰色评估权重对比表

Tab.14 The comparison of actual economic benefits grey evaluation weight and hypothetical economic benefits grey evaluation weight of S Power Grid Corp

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 灰色评估权重 | 实际情景：新能源消纳 | 假设情景：常规能源替代 |
| 优 | 良 | 中 | 差 | 优 | 良 | 中 | 差 |
| 总资产报酬率 | 0 | 0.33 | 0.67 | 0 | 0.27 | 0.73 | 0.00 | 0 |
| 净资产收益率 | 0 | 0.45 | 0.55 | 0 | 0.07 | 0.50 | 0.43 | 0 |
| 销售净利率 | 0 | 0.00 | 1.00 | 0 | 0.00 | 0.66 | 0.34 | 0 |
| 成本费用利润率 | 0 | 0.41 | 0.59 | 0 | 0.00 | 1.00 | 0.00 | 0 |
| 资产负债率 | 0 | 0.53 | 0.47 | 0 | 0.12 | 0.46 | 0.42 | 0 |
| 流动比率 | 0 | 0.54 | 0.46 | 0 | 0.00 | 1.00 | 0.00 | 0 |
| 利息保障倍数 | 0 | 0.00 | 1.00 | 0 | 0.00 | 0.60 | 0.40 | 0 |
| 应收账款周转率 | 0.03 | 0.97 | 0.00 | 0 | 0.21 | 0.79 | 0.00 | 0 |
| 流动资产周转率 | 0 | 0.67 | 0.33 | 0 | 0.00 | 0.67 | 0.33 | 0 |
| 总资产周转率 | 0 | 1.00 | 0.00 | 0 | 0.00 | 1.00 | 0.00 | 0 |

根据式（15），将各指标权重与灰色评估权重合成计算，可得两种情景下S省电网公司经济效益关于4个灰类的综合聚类结果，计算结果整理如表15。

表15 S省电网公司实际经济效益与假设方案经济效益灰色综合评价结果对比表

Tab.15 The comparison of actual grey comprehensive evaluation result and hypothetical result of economic benefit of S Power Grid Corp

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 　 | 优 | 良 | 中 | 差 | 评价结论 |
| 实际情景：新能源消纳 | 0.00 | 0.33 | 0.67 | 0.00 | 中 |
| 假设情景：常规能源替代 | 0.06 | 0.71 | 0.23 | 0.00 | 良 |

经济效益灰色综合评价结果显示，S省电网公司当前情景下的综合经济效益为中等水平，假设使用常规能源替代新能源电力，即优先调配低成本的水电，并以火电补缺，则电网公司在假设情景下的综合经济效益预计可达良好水平。

**3结论**

本文从企业经济效益的三个方面出发，建立了电网公司新能源消纳经济效益评估指标体系，通过建立基于群组判断的灰色系统百化权函数综合评价模型，采用对比分析的方法，基于S省电网公司实际数据，研究了电网公司消纳新能源将对其经济效益产生的影响，主要研究结论如下：

（1）电网公司消纳新能源将对其盈利能力及偿债能力产生影响。电网公司购入新能源电力直接增加企业购电成本，缩小利润空间，从而影响盈利能力；由于企业净利润降低，导致现金流减少，为完成电网建设项目的投资规划，公司需要增加借款，间接导致企业偿债能力降低；电网公司收入及资产规模受购电成本影响较小，因此其营运能力无明显波动。

（2）电网公司消纳新能源对其综合经济效益水平产生了影响，假设使用常规能源替代新能源电力，企业综合经济效益预计将优于当前水平。

（3）为弥补购入新能源电力导致的购电成本增加，考虑到电网公司新能源电力的购电成本与统调燃煤机组标杆电价相同，电网公司可通过增加水电对火电的替代实现经济效益的弥补。

参考文献

1. 黄莹灿，李梦，王燕楠，张榕. 风电节能减排环境经济效益分析[J]. 中国市场，2014（24）：135-139,174.

Huang Yingcan, Li Meng, Wang Yannan, Zhang Rong. Analysis on Economic Benefit of Energy Saving and Emission Reduction of Wind Power [J], Chinese market, 2014（24）：135-139,174 (in Chinese).

申卫华，江浩，亢超群. 太阳能光伏发电环境效益研究[J]. 电力与能源，2014，35（5）：627-631,635.

Shen Weihua, Jiang Hao, Kang Chaoqun. Study on Environmental Benefit of Solar Photovoltaic Power Generation[J]. Electric Power and Energy, 2014，35（5）：627-631,635 (in Chinese).

1. 刘媛. 生物质发电环境成本核算和效益评估[D]. 北京：华北电力大学，2014.

Liu Yuan. Environmental Cost Accounting and Benefit Evaluation of Biomass Power Generation[D]. Beijng: North China Electric Power University, 2014 (in Chinese).

A.K. Akella，R.P. Saini，M.P. Sharma. Social, economical and environmental impacts of renewable energy systems[J]. Renewable Energy，2009，34（2）：390-396.

何永秀. 电力综合评价方法及应用[M]. 北京：中国电力出版社，2011.

He Yongxiu. Comprehensive Evaluation Method of Electric Power and Its Application[M]. Beijing: China Electric Power Press, 2011 (in Chinese).

卿松，王晔，彭鹏. 基于灰色聚类方法的电力系统安全评估[J]. 海峡科技与产业，2016（7）：83-87.

Qing Song, Wang Ye, Peng Peng. Power System Security Evaluation Based on Gray Clustering Method[J]. Science and Technology in Industries, 2016（7）：83-87 (in Chinese).

刘思峰，谢乃明. 基于改进三角白化权函数的灰评估新方法[J].系统工程学报，2011，26（2）：244-250.

Liu Sifeng, Xie Naiming. A New Gray Evaluation Method Based on Improved Triangle Whitening Weight Function[J]. Journal of Systems Engineering, 2011，26（2）：244-250 (in Chinese).

徐泽水. 群组决策中专家赋权方法研究[J].应用数学与计算数学学报，2001，15（1）：19-22.

Xu Zeshui. Research on Expert Weighting Method in Group Decision – making[J]. Communication on applied mathematics and computation，2001，15（1）：19-22 (in Chinese).

占济舟. 关于层次分析法中标度问题的研究[D]. 南宁：广西大学，2005.

Zhan Jizhou. Research on Scale Problem in Analytic Hierarchy Process[J]. Nanning: Guangxi University,2005 (in Chinese).

1. 李竑，董新莹，杨丰. 基于系统动力学的企业动态财务预测模型研究[J]．知识经济，2009（14）：93-94.

Li Hong, Dong Xinying, Yang Feng. Research on dynamic financial forecasting model of enterprise based on system dynamics[J]. Knowledge economy, 2009（14）：93-94 (in Chinese).

1. [↑](#endnote-ref-0)
2. 基金项目：国家自然科学基金项目（71471059） [↑](#footnote-ref-0)