

# Ecological Environment Quality Assessment of Tongling City Based on Yaahp Software

Linnan Xu, Kai Zhang, Hongxue Hu, Zhikuan Chen, Juyan Cui\*

Tongling University, Tongling Anhui  
Email: 1641693901@qq.com

Received: Feb. 20<sup>th</sup>, 2020; accepted: Mar. 9<sup>th</sup>, 2020; published: Mar. 16<sup>th</sup>, 2020

---

## Abstract

This paper evaluates the ecological environment quality of Tongling city and its influence. Based on the situation of environmental factors such as temperature, precipitation and atmosphere, fiscal revenue and expenditure, annual import and export value and other social environmental factors, the evaluation index system of Tongling city's ecological environment quality was effectively constructed. Combined with the statistical yearbook data, the weight data were determined by the analytic hierarchy process method, then the ecological environment of Tongling city was rated. It is of great importance to know and understand the change of urban ecological environment quality objectively, so as to correctly formulate social and economic development strategy and industrial allocation planning, effectively adjust urban functions, improve ecological environment quality, and ensure the sustainable and coordinated development of urban economy and environment.

## Keywords

Ecological Environment Quality Evaluation Methods, AHP (Analytic Hierarchy Process), Weight

---

# 基于Yaahp软件的铜陵市生态环境质量评价研究

徐林楠, 张 凯, 胡红雪, 陈志宽, 崔琺琰\*

铜陵学院, 安徽 铜陵  
Email: 1641693901@qq.com

收稿日期: 2020年2月20日; 录用日期: 2020年3月9日; 发布日期: 2020年3月16日

---

\*通讯作者。

文章引用: 徐林楠, 张凯, 胡红雪, 陈志宽, 崔琺琰. 基于 Yaahp 软件的铜陵市生态环境质量评价研究[J]. 可持续发展, 2020, 10(2): 133-139. DOI: 10.12677/sd.2020.102016

## 摘要

本文通过对铜陵市生态环境质量的优劣程度及影响进行评价,综合了气温、降水、大气等自然环境因子和财政收支、年进出口总值等社会环境因子的情况,有效构建了铜陵市生态环境质量评价指标体系,结合统计年鉴数据,再运用层次分析方法确定权重数据,对铜陵市的生态环境进行评分。客观地认识和了解城市生态环境质量的变化,提出建设性意见,对正确制定社会经济发展战略和产业配置规划,有效调整城市职能,改善生态环境质量,确保城市经济与环境持续协调发展具有重要意义。

## 关键词

生态环境评价,层次分析法,权重

Copyright © 2020 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

自改革开放以来,中国经济发展不断增速,城市化进程不断加剧,随着人口膨胀、社会结构不断调整,人们对各类资源不合理的开发利用,使得生态平衡遭到破坏,环境问题日益严峻,城市生态环境问题显著,这些现实问题都成为阻碍社会可持续平衡发展的因素之一,严重危害着人类社会的健康发展。

党的十九大指出,建设生态文明是中华民族永续发展的千年大计,把坚持人与自然和谐共生作为 21 世纪坚持和发展中国特色社会主义基本方略的重要内容,把建设美丽中国作为全面建设社会主义现代化强国的重大目标,把生态文明建设和生态环境保护提升到前所未有的战略高度,集中体现了习近平总书记生态文明建设重要战略思想[1]。

在国家大力推进生态文明建设的背景下,本文运用主成分分析方法及层次分析方法确定权重数据,对铜陵市的生态环境进行打分,通过对铜陵市生态环境质量的自然环境因子和社会环境因子的情况,有效构建了铜陵市生态环境质量评价指标体系,结合统计年鉴数据,重新评价城市生态环境质量的变化,对正确制定社会经济发展战略规划,进行有效产业配置调整,改善生态环境质量,更好发挥城市职能,确保城市经济与环境持续协调发展,具有阶段性意义。

## 2. 研究区概况

铜陵,安徽省地级市,位于安徽省中南部,北接合肥,南连池州,东邻芜湖,西临安庆,介于北纬 30°45'~31°09'、东经 117°35'~118°09'之间,总面积 3008 平方千米。铜陵地处长江下游,属于北亚热带湿润季风性气候,特点是四季分明,季风气候显著,雨量丰沛,雨热同季,日照充足,无霜期长。

铜陵市位于长江中下游平原与皖南山区的交接地带。铜陵地区海拔 300~500 米为主,整体地势南高北平,境内南部低山、丘陵纵横交结,呈北东向展布,山势由西南向东北逐渐下降,北部平原,由长江及其支流的冲积作用发育而成,海拔小于 15 m。铜陵市地处长江铜铁成矿带上,有益于内生成矿条件,以有色金属铜矿著称。

铜陵市下辖 3 区 1 县, 户籍总人口 170.85 万人。2018 年, 实现地区生产总值(GDP) 1222.4 亿元, 其中, 第一产业增加值 50 亿元, 第二产业增加值 712 亿元, 第三产业增加值 460.3 亿元, 三次产业结构为 4.1:58.2:37.7, 人均地区生产总值 75524 元(折合 11413 美元)。近几年, 全市固定资产投资、社会消费品零售总额和城镇居民收入水平均有所增长, 经济势头良好, 但生态环境问题, 在空气污染程度, 固体废弃物及工业废水排放量等不断增加。

### 3. 研究方法

#### 3.1. 层次分析法概念

层次分析法(Analytic Hierarchy Process), 为 1972 年 Thomas L. Saaty (匹兹堡大学教授)所发展出来, 主要应用在不确定情况下及具有多数个评估准则的决策问题上。它为构建决策问题, 表示和量化其要素, 将这些要素与总体目标联系在一起以及评估替代解决方案提供了一个全面而合理的框架。

层次分析法将复杂的决策问题建模为层次结构, 它由总体目标, 实现目标的一组选择或替代方案以及与替代方案与目标相关的一组因素或标准组成。可以按问题所需的级别将标准进一步细分为子标准, 子子标准, 等等。一旦这个层级建立完毕, 决策专家会有系统地评估尺度针对每一个部分的相对重要性给予权重数值, 其后建立成对比较矩阵, 并求出特征向量及特征值, 以该特征向量代表每一层级中各部分的优先权, 能提供决策者充分的决策资讯并组织有关决策的评选条件或标准(criteria)、权重(weight)和分析(analysis), 且能减少决策错误的风险性。

#### 3.2. 根据层次分析法建立模型

##### 3.2.1. 模型假设

该模型基于以下三个假设: 假设 1: 从宏观和微观的角度来看, 有很多影响因素, 除了本文列出的项目外, 其他因素都被忽略。假设 2: 在建立层次分析模型的过程中, 涉及专家打分。假设专家打分客观公正, 不偏好指标。假设 3: 项目满足生态环境质量评价优选模型的基本要求。

##### 3.2.2. 建立生态环境评价层次结构模型

根据它们之间的关系, 将决策目标、因素(决策准则)和决策对象划分为最高层次、中间层次和最低层次。最高层次是指决策的目的和需要解决的问题。最低层次是指决策中的备选方案。中间层是指所考虑的因素和决策的标准。对于两个相邻的层, 上层称为目标层, 下层称为因素层(图 1)。

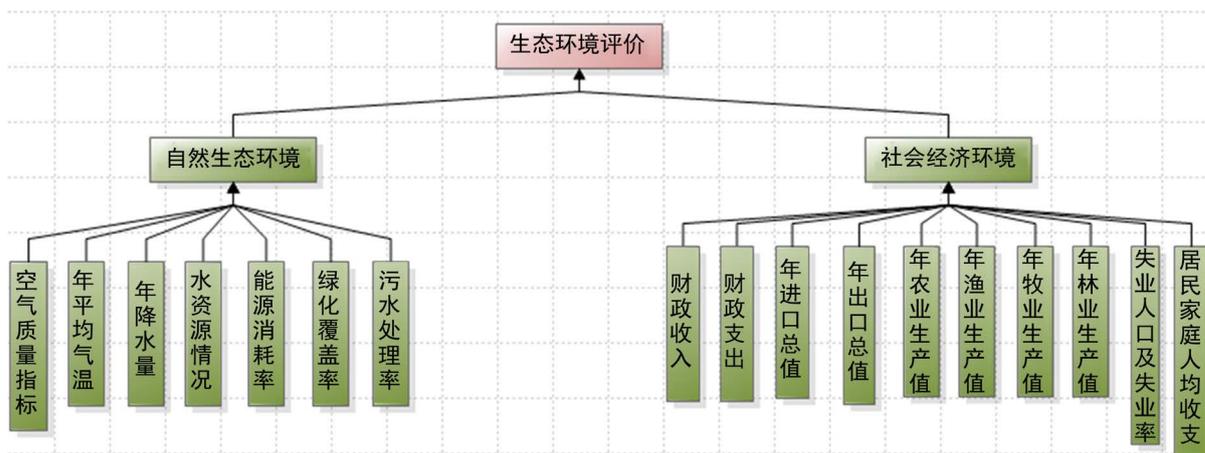


Figure 1. Construction of ecological environment evaluation index system based on AHP

图 1. 基于层次分析法的生态环境评价指标体系构建

### 3.2.3. 判断矩阵的构造

在确定各个层次因素的权重时，首先应该将这两个因素进行比较。为此，采用相对尺度法，尽可能减少比较不同性质因素的难度，从而提高精度。它是元素重要性的比较结果，由两个元素的比较结果形成的矩阵称为判断矩阵。

判断矩阵具有以下性质：

$$a_{ij} = \frac{1}{a_{ji}}。$$

### 3.2.4. 权重的计算和一致性检验

通过将两个因素的重要性进行对比，可以在 yaahp 软件中计算出权重值。

首先，对自然生态环境因素和社会经济环境因素进行重要性比较，将其中一个因素的重要性设为 1，判断另一个因素的重要性是低于该因素，还是高于该因素。若另一因素重要性高于该因素，按程度选择 2, 3, 4；反之，按程度选择 1/2, 1/3, 1/4。

同理，分别将自然生态环境中的各要素、社会经济环境中的各因素进行两两比较，生成结果如表 1 所示。

**Table 1.** Weight value of urban ecological environment index

**表 1.** 城市生态环境指标权重值

生态环境类型	要素	权重
自然生态环境(0.75)	水资源情况	0.1856
	空气质量指标	0.1715
	绿化覆盖率	0.1376
	污水处理率	0.1116
	年降水量	0.0625
	年平均气温	0.0371
	能源消耗率	0.0441
社会经济环境(0.25)	财政收入	0.0381
	居民家庭人均收入	0.0456
	失业人口及失业率	0.0303
	年进口总值	0.0293
	财政支出年进口	0.0285
	年出口总值	0.0168
	年渔业生产值	0.0154
	年林业生产值	0.0154
	年农业生产值	0.0154
年牧业生产值	0.0154	

层次单排序和一致性检验。

设有一个最大特征根的  $n$  阶方阵为  $A$ ，设此特征根为  $\lambda_{\max}$ ，经过归一化处理后可以得到结果  $W$ 。

然后对  $W$  的元素进行层次单排序，即选取  $W$  中位于同一层次因素的元素，按照它相对于其上一层次某因素的相对重要性进行排序权值。

最后进行一致性检验，确定方阵不一致的允许范围。

利用最大特征值对应的特征向量作为比较因子上层因子影响程度的权重向量，如果不一致的程度越大，那么导致的判断误差就越大。

因此我们可以利用  $\lambda - n$  的数值来表示 A 的不一致的程度。一致性指标的定义如下式所示：

$$C_i = \frac{\lambda - n}{n - 1}$$

当  $C_i = 0$  时，表示完全一致；当  $C_i$  接近 0 时，表示一致性结果令人满意；当  $C_i$  越大时，表示具有严重的非一致性。

### 3.2.5. 结果分析

数据的归一标准化处理。

将评价指标的数据原值收集后，利用 Excel 表格对收集到的数据源值进行标准化归一处理，结论如表 2 所示。

本文采用的是直线型无量化方式，得出的表达式为[1]：

$$Y_i = \frac{X_i}{\sum_{i=1}^n X_i}。$$

**Table 2.** Evaluation indicators of ecological environment quality in 2015, 2016 and 2017  
**表 2.** 2015 年、2016 年、2017 年生态环境质量评价指标

具体指标层	2015 年	2016 年	2017 年
空气质量指标	0.343791427	0.341581971	0.314626602
年平均气温	0.325626204	0.335260116	0.33911368
年降水量	0.300691092	0.458185648	0.24612326
水资源情况	0.153552457	0.552124834	0.294322709
能源消耗率	0.337539432	0.342947274	0.319513294
污水处理率	0.340690268	0.31495334	0.344356392
财政支出	0.262492945	0.358960824	0.343943552
财政收入	0.297095623	0.358960824	0.343943552
年进口总值	0.305531889	0.308458765	0.386009346
年出口总值	0.34189401	0.354756276	0.303349714
年农业生产值	0.327485688	0.331151785	0.346903141
年林业生产值	0.318960313	0.334136546	0.346903141
年牧业生产值	0.342974601	0.346082455	0.310942944
年渔业生产值	0.317907825	0.334612922	0.347479253
失业人口及失业率	0.371035941	0.326638478	0.302325581
居民家庭人均收入	0.303032585	0.285288828	0.411678588
绿化覆盖率	0.311561933	0.337621639	0.350816428

注：以上数据来自 2016-2018 年《铜陵市统计年鉴》[2]。

### 3.3. 生态环境质量综合指数的计算

根据公式： $A = \sum_{i=1}^N W_i \times Y_i$ 。

可求出铜陵市生态环境质量综合指数 A，如表 3 所示。

其中  $W_i$  为各决策层对应的权重， $Y_i$  为标准化之后的数据值。

**Table 3.** Comprehensive index of ecological environment quality of Tongling City

**表 3.** 铜陵市生态环境质量综合指数

年份	2015 年	2016 年	2017 年
铜陵市生态环境质量综合指数(A)	0.2274	0.3151	0.2597

参考国内外文献[1][3]，将生态安全等级划分为以下 5 个等级，具体见表 4。

**Table 4.** Classification of ecological environment security

**表 4.** 生态环境安全等级划分

等级	分数范围	生态安全状态
1 级	[0, 0.067]	极不安全
2 级	[0.067, 0.134]	不安全
3 级	[0.134, 0.201]	一般安全
4 级	[0.201, 0.268]	安全
5 级	[0.268, 0.335]	非常安全

## 4. 分析与建议

近几年来，我国经济水平不断提高的同时，周围环境却逐渐恶化。本文通过应用层次分析法和使用 yaahp 软件进行分析，可以全面详细的对铜陵市的生态环境质量进行评价。

第一，由表 1 权重计算排序结果可知，对生态环境质量影响更大的是水资源情况因素、空气质量指标因素和绿化覆盖率因素等自然生态环境要素。这说明自然生态环境因素的重要性程度比社会经济环境的重要性程度高。由《铜陵市统计年鉴》数据可得，从 2015 年到 2017 年，生态安全分别属于 4 级、5 级、4 级安全状态，即安全、非常安全、安全状态。这说明人们逐渐认识到城市可持续发展目标的真正内在涵义，在提高铜陵市人民生活质量的同时提高了人们的幸福指数。

第二，结合表 2，从自然生态环境因素的数据来看，空气质量在不断下降，年平均气温不断升高，绿化覆盖率不断提高。这说明决策者和居民逐渐认识到人类发展的最终目的是要实现全面的可持续发展，在可持续发展的概念体系中，社会、经济、生态环境和资源的可持续发展是相辅相成的。明确在自然环境、生态、污染、人口、教育、科技等方面全面发展的必要性，改变传统的“城市国内生产总值(GDP)，或地方财政收入的增长等于城市社会经济的全面发展”的认识误区，认识到将生态建设纳入经济社会发展领域，与提出的绿色 GDP 概念相符合。水资源情况先升高再降低也提醒决策者和群众应该注意对水资源的保护，提高铜陵市的生态安全状态。

第三，结合表 2，从社会经济环境因素的数据来看，年进口总值及年农业、林业、渔业生产值在不断提高，失业人口及失业率不断下降。这说明铜陵市人民生活水平不断提高，经济发展的同时就业率得到了改善。年出口总值和年牧业生产值先升高再降低提醒决策者需要注意提高牧业的发展和出口相关经济发展。

---

## 参考文献

- [1] 杨承刚. 层次分析法应用于合肥市生态环境质量评价研究[J]. 产业与科技论坛, 2018, 17(24): 83-84.
- [2] 铜陵市统计局. 铜陵统计年鉴[M]. 北京: 中国统计出版社, 2016~2018.
- [3] 舒婷, 雷思友. 安徽省生态安全综合评价及预测[J]. 中国环境管理干部学院学报, 2018, 28(5): 33-36.