Design 设计, 2024, 9(6), 416-425
Published Online December 2024 in Hans. https://www.hanspub.org/journal/design
https://doi.org/10.12677/design.2024.96709

Hans汉斯

基于AHP的黄河国家文化公园山东段生态环境现状分析及设计优化策略

——以济南百里黄河风景区为例

刘大亮，周子珺，张紫茹，于善蕾

山东建筑大学艺术学院，山东 济南

收稿日期：2024年10月15日；录用日期：2024年12月4日；发布日期：2024年12月12日

摘　要

黄河国家文化公园旨在通过生态修复设计与文化保护相结合，提升黄河流域的生态环境质量。本文采用层次分析法(AHP)，对济南百里黄河风景区的生态环境进行现状分析，筛选出自然环境质量、生态保护与修复、持续性与适应性三类10个主要特征因子作为评价指标进行等级化处理并确定其权重，对济南百里黄河风景区的生态环境进行了综合分析，揭示了水质、生物多样性和土壤质量对生态系统健康与稳定的重要性，为黄河国家文化公园的生态保护和修复设计提供了科学依据。

关键词

黄河国家文化公园，AHP，生态环境，设计优化策略

Analysis of the Ecological Environment Status and Design Optimization Strategies of the Shandong Section of the Yellow River National Cultural Park Based on AHP

—Taking the Baili Yellow River Scenic Area in Jinan as an Example

Daliang Liu, Zijun Zhou, Ziru Zhang, Shanlei Yu

School of Art, Shandong Jianzhu University, Jinan Shandong

Received: Oct. 15th, 2024; accepted: Dec. 4th, 2024; published: Dec. 12th, 2024

文章引用: 刘大亮, 周子珺, 张紫茹, 于善蕾. 基于 AHP 的黄河国家文化公园山东段生态环境现状分析及设计优化策略[J]. 设计, 2024, 9(6): 416-425. DOI: 10.12677/design.2024.96709

Abstract

The Yellow River National Cultural Park aims to enhance the ecological environment quality of the Yellow River Basin by combining ecological restoration design with cultural protection. The Analytic Hierarchy Process (AHP) was used to analyze the current status of the ecological environment in the Baili Yellow River Scenic Area in Jinan. Ten main characteristic factors, including natural environment quality, ecological protection and restoration, and sustainability and adaptability, were selected as evaluation indicators for grading and determining their weights. A comprehensive analysis of the ecological environment in the Baili Yellow River Scenic Area in Jinan was conducted, revealing the importance of water quality, biodiversity, and soil quality for the health and stability of the ecosystem. This provides a scientific basis for the ecological protection and restoration design of the Yellow River National Cultural Park.

Keywords

Yellow River National Cultural Park, AHP, Ecological Environment, Design Optimization Strategy

Copyright © 2024 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

黄河作为中华文明的重要发源地，不仅承载了丰富的历史文化遗产，也构成了重要的生态系统。但随着现代化进程的推进，包括水资源短缺、水质污染、湿地面积缩小、生物多样性下降等问题在内，黄河流域生态环境面临严重挑战。为了应对这些挑战，黄河国家文化公园作为国家战略的重要组成部分，旨在通过生态修复设计与文化保护相结合，提升黄河流域的生态环境质量，并促进区域可持续发展。

济南百里黄河风景区是黄河国家文化公园山东段的重要组成部分，具有丰富的生态资源和文化景观。作为黄河流域的重要生态节点，该风景区不仅是区域内居民和游客休闲游览的胜地，也是生物多样性保护、生态环境修复的重要区域。评估该区域的生态环境现状，不仅有助于黄河文化与生态保护的协同发展，也为相关的规划设计与管理决策提供了科学依据。

本研究采用层次分析法(AHP)，构建了适合黄河国家文化公园生态环境评价的指标体系，以济南百里黄河风景区为例，评估其生态环境现状。通过多角度分析评价生态环境，包括自然环境质量、生态保护与修复、持续性与适应性等方面，进一步揭示了影响该区域生态健康的主要因素。研究旨在为黄河国家文化公园的生态规划设计与管理提供科学依据，同时为其他类似生态敏感区的保护与修复设计提供参考。

2. 研究区域概况

2.1. 区域概况

济南百里黄河风景区位于山东省济南市北部，沿黄河而建，全长约百公里，覆盖黄河济南段的多个自然景区和人文景点。该区域东起济南市章丘区，西至齐河县黄河大桥，是黄河国家文化公园的重要组成部分。风景区依托黄河这条母亲河的自然风貌，既保留了黄河的壮丽景观，又融入了深厚的历史文化资源，集生态保护、文化传承、休闲旅游为一体。风景区总规划面积约为 990 公顷，全长 51.98 公里(图1)。该风景区是国家 AAA 级旅游景区，并在 2018 中国黄河旅游大会上被评为“中国黄河 50 景”[1]。此

外，它还是水利部黄委会“三口”重点规划之一，并在2003年被水利部命名为“国家水利风景区”。

Figure 1. Jinan Baili Yellow River Scenic Area
图 1. 济南百里黄河风景区[①]

2.2. 生态环境概况

本模板可直接用于论文及其文字的编排，有的页边距、行距、字体都严格符合规定，请勿修改！尤其是页边距，由于期刊在后期制作过程中需要在页眉、页脚添加各种信息，所以所有论文务必确保现有的页边距不被修改，页面空白不被占用。

2.2.1. 水资源与水质

黄河作为风景区的核心水系，其生态环境的健康状况对整个区域具有决定性影响。黄河济南段的水资源丰沛，但水质状况较为复杂。由于上游工业和农业排放的影响，黄河水质存在一定的污染风险，尤其是在汛期，水质中的悬浮物和污染物增加，对沿岸湿地和水生生物的生存带来挑战。尽管近年来通过水资源管理和生态治理，水质有所改善，但总体上仍需持续关注和提升。

2.2.2. 植被与生物多样性

济南百里黄河风景区内植被类型丰富，主要包括河滩湿地植被、农田生态系统、人工林和部分自然林地。湿地植被如芦苇、香蒲等在黄河漫滩地带广泛分布，对维持水土、调节河流水文和提供生物栖息地具有重要作用。沿岸的人工林(以杨树和柳树为主)起到了防风固沙、改善空气质量的作用。

生物多样性方面，湿地和河流生态系统为多种鸟类、鱼类和两栖动物提供了栖息环境，尤其是每年迁徙季节，大量水鸟在此停留和繁衍。风景区内的湿地生态系统相对稳定，但由于城市化发展和旅游开发，部分区域的生物栖息地面临破碎化威胁，生物多样性也因此受到一定影响。

2.2.3. 生态保护与恢复

近年来，济南百里黄河风景区在生态保护和修复方面取得了一定成效。通过湿地修复、河道治理和

植被恢复，黄河沿岸的生态系统逐步得到改善，尤其是湿地面积的扩展，有效提升了该区域的生态服务功能。此外，风景区内还设立了生态廊道，连接了不同的生物栖息地，增强了物种的迁徙和繁衍能力。然而，由于黄河水质压力和周边城市扩张，该区域的生态环境依然面临着一定挑战。

3. 研究方法

层次分析法(AHP, Analytic Hierarchy Process)是美国运筹学家托马斯·萨蒂(Thomas L. Saaty)于 20 世纪 70 年代提出的一种系统分析方法，旨在通过构建层次结构模型，解决复杂的多准则决策问题[2]。AHP 将决策问题分解为多个层次，从定性和定量相结合的角度，进行多指标的综合分析与评价。

AHP 的核心思想是将复杂的问题分解成不同层次，通常包括目标层、准则层和方案层。

AHP 的分析过程主要包含以下几个步骤：

构建层次结构模型：首先，根据问题的具体情况，将问题分解成多个层次，形成结构化的递阶层次模型。每一层次的元素都与上一层次的某些元素相关联，形成从目标到评价因素的层次化结构。

构建判断矩阵：通过两两比较法，专家或决策者对每一个层次的要素进行两两对比，确定各要素相对重要性的量化标准。判断矩阵的构造依赖于 1~9 标度法，即通过打分来反映不同因子的重要性(表 1)：

Table 1. 1~9 Scale table
表 1. 1~9 标度表

标度	含义
1	两个因素同等重要
3	前者比后者稍微重要
5	前者比后者重要
7	前者比后者非常重要
9	前者比后者极端重要
2, 4, 6, 8	介于上述数值之间
以上数值的倒数	一指标与另一指标比较相对次要

计算权重向量：在构建完判断矩阵后，计算各个评价因子的权重，表示每个因素对总体目标的相对重要性。通过归一化处理得到各个指标的权重。

权重的计算一般有两种方法：方根法、和积法。本文采取和积法来计算权重向量，计算方法如下[3]：

将上述第二个步骤得到的判断矩阵的每一列元素做归一化处理，其元素的一般项为：

$$a'_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_1^n a_{ij}} \tag{1}$$

将经过归一化处理之后的判断矩阵的按行相加，即为：

$$W_i = \sum_1^n a'_{ij} \tag{2}$$

对第 2 步骤得到的由 W_i 组成的向量进行归一化处理：

$$W'_i = \frac{W_i}{\sum_i^n W_i} \tag{3}$$

计算最大特征根，令最大特征根为 λ_{max}，判断矩阵为 A。则

$$\lambda_{\max} = \sum_1^n \frac{(AW')_i}{nW_i'} \tag{4}$$

一致性检验：为了保证判断矩阵的合理性，需要对其进行一致性检验，检查专家的判断是否存在不一致。如果判断矩阵的一致性比率(CR)小于等于 0.1，则认为一致性可以接受，矩阵通过检验；否则需要对矩阵进行调整，直到满足一致性要求。

一致性指标 CI：

$$\mathrm{CI} = \frac{\lambda_{\max} - n}{n-1} \tag{5}$$

其中，$\lambda_{\max}$ 为判断矩阵的最大特征值，n 为判断矩阵的阶数。

平均一致性指标 RI (表 2)：

Table 2. Average consistency index
表 2. 平均一致性指标

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9
RI	0	0	0.58	0.89	1.12	1.23	1.32	1.41	1.45

一致性比率 CR：

$$\mathrm{CR} = \frac{\mathrm{CI}}{\mathrm{RI}} \tag{6}$$

其中，RI 是随机一致性指标，其取值与矩阵的阶数有关。如果 $\mathrm{CR} \le 0.1$，则认为矩阵具有一致性。

4. 评价模型构建

4.1. 评价指标确定

在本研究中，根据黄河国家文化公园的特点，构建了包括自然环境质量、生态保护与修复、持续性与适应性等在内的多层次指标体系。通过实地调研、数据收集和分析，得出了各指标的权重和得分，进而对影响济南百里黄河风景区的生态环境的因子进行综合评价。

济南百里黄河风景区的生态环境综合评价的 AHP 分析模型主要分 3 个层次，即：(1)目标层 A，是 AHP 分析模型中研究的核心目标，在此次分析中为济南百里黄河风景区的生态环境评估综合指数；(2) 准则层 B，是该模型指标要素层的分类要素，包括自然环境质量、生态保护与修复、持续性与适应性；(3) 指标层 C，模型中计算准则层要素的各项具体指标，根据黄河国家文化公园的特点，通过实地调研、数据收集和分析对济南百里黄河风景区的生态环境进行了综合分析，共确定了 10 个评价因子。隶属于自然环境质量指标的水质：作为黄河的核心部分，水质的健康直接影响河流生态系统及周边生态环境的可持续性；土壤质量：黄河流域容易受到水土流失影响，健康的土壤可以促进植物生长，支持生物多样性；空气质量：空气质量对于风景区的可持续发展和人类健康层面也很重要。随着尤其是冬季，由于燃煤取暖等原因，空气污染现象较为突出。隶属于生态保护与修复指标的生物多样性：河流区域的生物多样性是生态系统稳定性的一个重要指标。丰富的植物和动物群落可以增强系统对环境变化的适应能力，维持生态平衡；生态廊道建设：在济南百里黄河风景区，通过生态廊道建设可以有效减少人为干扰，恢复自然生态网络；生态修复工程：在黄河风景区，沿河绿化及湿地修复工程将直接影响区域生态健康；污染控制与治理：黄河流域面临工业废水、农业径流等多种污染源，污染控制与治理措施直接影响风景区的水质、土壤质量和生物健康。隶属于持续性与适应性指标的生态系统稳定性：在黄河风景区，水流量变

化、污染负荷、气候变化等都会影响生态系统的稳定性；可持续发展能力：可持续发展能力体现在保护资源的同时满足人类需求，促进经济、社会与生态的协同发展：适应性管理：适应性管理能够帮助在不确定性中调整管理策略，特别是在应对气候变化和极端天气事件时尤为重要。AHP 层次分析法详细路线如图 2 所示。

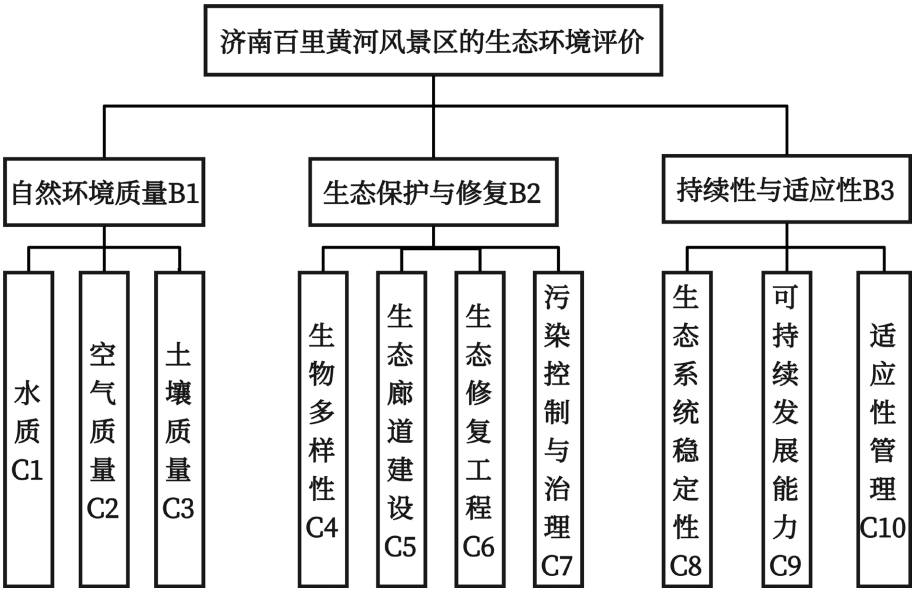

Figure 2. Detailed roadmap of Analytic Hierarchy Process (AHP)
图 2. AHP 层次分析法详细路线图[②]

4.2. 评价体系构建

依据专家帮助建立的判断矩阵，计算得出不同指标因子重要性判断矩阵，见表 3。

Table 3. Criterion layer judgment matrix
表 3. 准则层判断矩阵

A	B1	B2	B3	W_A	AW_A	一致性检验指标
B1	1	3	5	0.5559	1.7151	λ_{max} = 3.0539 CI = 0.0270 CR = 0.0465
B2	1/3	1	5	0.3537	1.0834	
B3	1/5	1/5	1	0.0904	0.2723	

不同指标层的判断矩阵见表 4~6。

Table 4. B1 indicator layer judgment matrix
表 4. B1 指标层判断矩阵

B1	C1	C2	C3	W_{B1}	AW_{B1}	一致性检验指标
C1	1	7	3	0.6434	2.0083	λ_{max} = 3.0665 CI = 0.0328 CR = 0.0565
C2	1/7	1	1/5	0.0738	0.2223	
C3	1/3	5	1	0.2828	0.8662	

Table 5. B2 indicator layer judgment matrix
表 5. B2 指标层判断矩阵

B2	C4	C5	C6	C7	W_{B2}	AW_{B2}	一致性检验指标
C4	1	6	3	8	0.6031	2.4891	
C5	1/6	1	1/2	3	0.1283	0.5183	λ_{max} = 4.0742
C6	1/3	2	1	3	0.2066	0.8504	CI = 0.0247
C7	1/8	1/3	1/3	1	0.0621	0.2491	CR = 0.0278

Table 6. B3 indicator layer judgment matrix
表 6. B3 指标层判断矩阵

B3	C8	C9	C10	W_{B3}	AW_{B3}	一致性检验指标
C8	1	5	3	0.6333	1.9456	λ_{max} = 3.0387
C9	1/5	1	1/3	0.1062	0.3197	CI = 0.0194
C10	1/3	3	1	0.2605	0.7901	CR = 0.0334

显然文中所有的判断矩阵都能通过一致性检验，判断矩阵都具有满意的一致性。

4.3. 层次总排序

利用上面层次单排序的结果，将所有指标层的因素相对于总目标的权重计算出来后，按照权重大小进行排序，得到指标层对总目标层的优劣顺序，得出表 7。

Table 7. Overall ranking of evaluation factors
表 7. 评价因子总排序

A	B1 0.5559	B2 0.3537	B3 0.0904	W	排序
C1	0.6434			0.3577	1
C2	0.0738			0.0410	7
C3	0.2828			0.1572	3
C4		0.6031		0.2133	2
C5		0.1283		0.0454	6
C6		0.2066		0.0731	4
C7		0.0621		0.0220	9
C8			0.6333	0.0572	5
C9			0.1062	0.0096	10
C10			0.2605	0.0235	8

5. 结论与设计优化策略

5.1. 结论

根据归一化后各指标权重值排序结果，可以把 10 个指标划分为重要指标(≥0.15)、次要指标(0.05~0.15)和一般指标(≤0.05)三类，详见图 3。

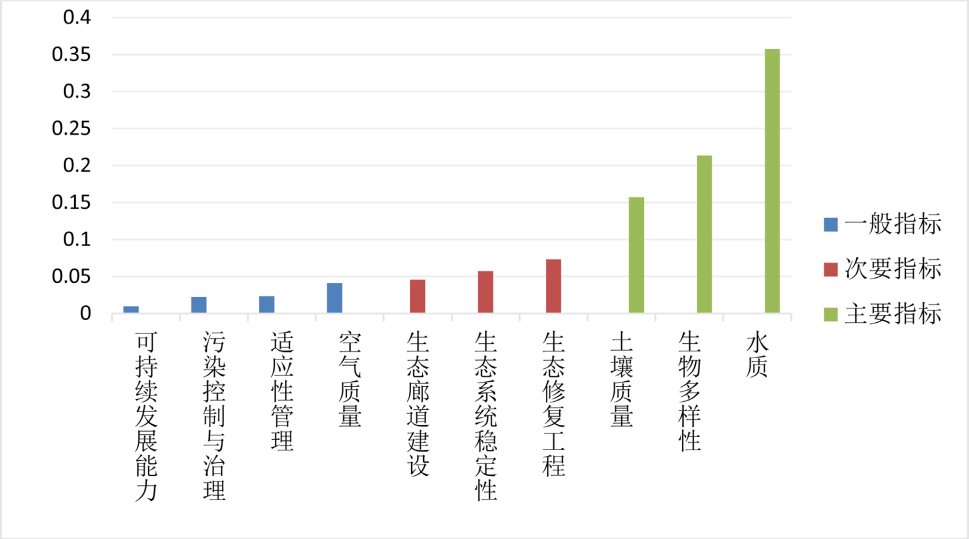

Figure 3. Ecological environment evaluation factor index division map of Baili yellow river scenic area in Jinan
图 3. 济南百里黄河风景区生态环境评价因子指标划分图[③]

从评价结果可以看出，在济南百里黄河风景区生态环境评价因子中，水质、生物多样性和土壤质量被认为是影响百里黄河风景区生态环境最重要的三个因素，因为它们直接关系到生态系统的健康与稳定。而生态修复工程、生态系统稳定性等是次要因素，反映了该地区生态环境的恢复和长期维护需求。适应性管理和污染控制与治理等虽然对整体环境有影响，但其作用较为间接，因此权重较低。

济南百里黄河风景区生态环境评价中，水质、生物多样性和土壤质量被视为最重要的三个因素，它们直接关系到生态系统的健康与稳定。水质清澈无污染能滋养水生生物，维持生态系统多样性，同时保障人类用水安全。生物多样性是衡量生态系统复杂性和健康程度的关键，影响食物链稳定性、物质循环等，并具有文化和经济价值。土壤质量则决定植被生长、水土保持和农业生产基础，对防治水土流失和土地退化至关重要。相比之下，生态修复工程、生态系统稳定性和生态廊道建设等因素虽然重要，但其作用更间接和长期，依赖于其他生态因素的基础。因此，保护和改善水质、生物多样性和土壤质量是维护济南百里黄河风景区生态环境健康与稳定的关键。

5.2. 设计优化策略

首先，水质的保护与提升应作为景观设计的核心目标之一。在设计中，可以通过构建湿地景观、自然水体过滤系统等方式，利用植物的自然净化功能来改善水质。湿地不仅能有效过滤污染物，还能为多种水生生物提供栖息地，从而丰富景观的生态层次。例如，利用滨水植物群落打造生态护岸，既能美化景观，也能减少河岸的侵蚀和水体污染。景观设计中的水体布局需考虑水流动性，防止水体淤积和污染，从而确保清洁的水环境。

其次，生物多样性在景观设计中不仅体现在植被选择上，还涉及对整个生态系统的设计。可以通过引入多样化的本地植物群落，打造复合式植物景观，以增强生物多样性。例如，设计草地、灌木和乔木相结合的多层次绿化体系，不仅可以提升生态系统的稳定性，还能为多种野生动物提供栖息和食物来源。为了促进生物多样性，还可以在设计中引入生态廊道，连接破碎的生境，鼓励物种的迁移和基因流动，进一步增强区域的生态韧性。

土壤质量在景观设计中至关重要，它直接影响植被的生长与景观效果。在黄河沿岸，设计中应注重防止水土流失，特别是利用植物护坡技术，如种植深根系植物来加固土壤，减少侵蚀。设计时可以

采用透水性材料，如植草砖、透水铺装等，促进土壤的水分渗透和保持。此外，通过地形设计实现雨水的自然汇集与渗透，形成雨水花园等低影响开发设施，既美化了环境，又有效改善了土壤质量与水资源管理。

生态修复工程与生态系统稳定性也应体现在景观设计中。设计可以将生态修复的目标与景观美学结合起来，例如，通过恢复原有湿地、植被等生态环境，创造兼具生态功能和景观美感的生态斑块。这些设计不仅能够在短期内提升景区的视觉吸引力，长期来看也有助于增强区域生态系统的稳定性。此外，在景区设计中应强调适应性管理，定期监测并调整景观元素，确保景观设计与生态变化同步发展。

最后，生态廊道的设计不仅具有生态功能，还可以成为独特的景观元素。生态廊道可以设计成步道、绿道等，兼顾人类活动与生物迁移，通过这些廊道连接不同的景观节点，让游客在游览过程中感受到自然与生态的共生。通过合理规划人类活动与生态功能区的空间布局，既能增强景观的可达性，又能保护生态系统的完整性。

6. 总结

本文深入探讨了黄河国家文化公园山东段，特别是济南百里黄河风景区的生态环境现状。黄河作为中华文明的重要发源地，其生态环境质量不仅关乎自然生态的健康，还直接影响到区域内居民的生活质量和文化传承。济南百里黄河风景区作为黄河流域的重要生态节点，拥有丰富的生态资源和文化景观，但同时也面临着水资源短缺、水质污染、湿地面积缩小和生物多样性下降等挑战。

为了科学评估该区域的生态环境现状，本文采用了层次分析法(AHP)进行研究。通过构建层次结构模型，从自然环境质量、生态保护与恢复、可持续性与适应性等多个方面，选取了十个主要特征因子作为评价指标，并进行了权重计算和一致性检验。研究结果显示，水质、生物多样性和土壤质量是影响济南百里黄河风景区生态环境最重要的三个因素，直接关系到生态系统的健康与稳定。

基于上述分析，本文提出了针对性的设计优化策略。首先，应将水质的保护与提升作为景观设计的核心目标之一。其次，通过引入多样化的本地植物群落，打造复合式植物景观，以增强生物多样性。同时，注重土壤质量的保护与改善，采用植物护坡技术和透水性材料等措施，防止水土流失。最后，提出生态廊道的设计不仅具有生态功能，还可以成为独特的景观元素，通过合理规划连接不同的景观节点，让游客在游览过程中感受到自然与生态的共生。

致　谢

在此论文即将完成之际，衷心感谢我的导师刘大亮，他在整个研究过程中给予了我悉心的指导与支持。从选题到研究方法的确定，再到论文的撰写与修改，刘大亮老师始终耐心解答我的疑惑，提供了宝贵的建议。没有他的帮助，本论文无法顺利完成。

同时，感谢学校风景园林系的各位老师，您们的教学与启发让我受益匪浅。感谢同学们在学术讨论和生活中的支持与鼓励，尤其是在论文研究过程中给予的帮助和建议。此外，感谢我的家人对我学习和研究工作的理解与支持，你们的鼓励是我前进的动力。

注 释

①图 1 来源：百度地图截图

②图 2，图 3 来源：作者自绘

参考文献

[1] 张庆民, 杨璐. 美丽景观串起黄河生态安全屏障——济南黄河生态廊道蝶变记[J]. 黄河·黄土·黄种人,

2023(2): 28-31.

[2] 马铭浩. 从 AHP 层次分析法视角探讨中国三大航空公司的投资价值及赋权方法[J]. 中国集体经济, 2018(6): 84-86.

[3] 郑孝肖. 基于 AHP 法的区域金融生态环境质量评价研究[J]. 金融经济, 2010(22): 102-104.