

基于熵权—AHP 组合权重的多维度城市体检评价模型及应用

王燕^{1,3,*}, 王婷², 于海洲³

1. 内蒙古科技大学, 土木工程学院, 内蒙古 包头, 014017
2. 包头市环境卫生发展中心, 内蒙古 包头, 014017
3. 包头市市政事业发展中心, 内蒙古 包头, 014017

摘要: 城市体检是推动城市更新、提升治理水平的重要抓手。针对当前城市体检评价中主观赋权与客观赋权方法各自存在的局限性, 本文提出一种融合熵权法与层次分析法(AHP)的组合权重模型, 以实现主客观信息的有效集成与权重优化。以包头市城市体检为例, 从住房、社区、街区、城区四个维度构建评价指标体系; 分别运用熵权法(客观赋权)与层次分析法 AHP(主观赋权)计算指标权重, 并基于最小信息熵原理进行组合, 建立熵权-AHP 组合权重模型。实证结果显示, 该组合模型能够显著提升评价的科学性与可信度, 有效识别出住房安全与社区服务设施等关键短板, 为包头市及同类城市实施精细化、分层级的治理提供决策依据。

关键词: 城市体检; 熵权-AHP 组合权重; 多维度评价; 包头市; 城市更新

Research on a Multi-dimensional Urban Physical Examination Evaluation Model Based on Entropy Weight-AHP Combined Weighting and Its Application

Yan Wang^{1,3,*}, Ting Wang², Haizhou Yu³

1. Inner Mongolia University of Science & Technology, School of Civil Engineering, Baotou, 014017, Chian
2. Baotou Environment and Sanitation Development Center, Baotou, 014017, Chian
3. Baotou Municipal Utilities Development Center, Baotou, 014017, Chian

Abstract: Urban physical examination is a crucial tool for promoting urban renewal and enhancing governance. To address the limitations of both subjective and objective weighting methods in current urban assessment practices, this paper proposes a combined weighting model that integrates the Entropy Weight Method and the Analytic Hierarchy Process (AHP) to achieve effective integration and optimization of subjective and objective information. Taking Baotou City as a case study, an evaluation index system was constructed across four dimensions: housing, community, neighborhood, and urban district. The indicator weights were calculated separately using the Entropy Weight Method (objective) and AHP (subjective), and were then combined based on the principle of minimum information entropy to establish the Entropy Weight-AHP combined weighting model. Empirical results demonstrate that this combined model significantly makes the evaluation more scientific and creative, effectively identifying key deficiencies such as housing safety and community service facilities. It provides a decision-making basis for Baotou City and similar cities to implement refined, multi-level governance.

Keywords: Urban physical examination; Entropy weight-AHP combined weighting; Multi-dimensional evaluation; Baotou City; Urban renewal

随着我国城镇化进程进入高质量发展阶段,城市治理模式正从“增量扩张”转向“存量优化”。2023 年,住房和城乡建设部印发《关于全面开展城市体检工作的指导意见》(建科〔2023〕75 号)^[1],明确提出在全国地级及以上城市全面推行城市体检制度,旨在通过系统评估查找城市发展中的短板与问题,推动实施城市更新行动。包头市作为全国 59 个样本城市之一,自 2021 年起持续开展城市体检工作,逐步建立起“一年一体检、五年一评估”的常态化机制,探索以体检引领更新的实践路径。在此背景下,如何构建科学、系统、可操作的评价体系用于对城市治理效果进行评价,成为提升城市治理精细化水平的关键^[2]。

目前城市体检评价多依赖纯数据驱动的统计方法(如熵权法)或专家打分法(如 AHP),两者均存在明显局限性:纯客观赋权可能忽略政策导向与实际治理需求,导致评价结果与实际情况脱节;专家打分法则易受主观经验干扰,稳定性不足。因此,如何有效融合主客观信息,构建既反映数据内在规律又体现决策导向的组合权重模型,成为提升城市治理效果评价科学性与实用性的重要研究方向^[3,4]。

本文以包头市城市体检为实证对象,构建一种基于熵权法与 AHP 的组合权重模型,并应用于多维度城市体检评价中。通过整合住房、小区、街区、城区四个层级的指标数据,实现权重的动态优化与综合评价。研究旨在解决两个核心问题:一是构建既符合国家政策框架、又体现包头特色的多维度体检指标体系;二是采用科学赋权方法,使指标权重兼顾数据客观差异,又能反映城市发展的战略优先级。研究成果旨在为包头市的城市更新决策提供直接支撑,也为同类工业型老城的体检评估工作提供方法论参考。

1 研究方法:基于最小信息熵的熵权-AHP 组合赋权模型

为克服单一赋权方法的缺陷,本研究提出一种主客观信息融合的组合赋权模型。该组合权重模型已在城市更新优先级评价^[5]、社区改造社会资本分析等多个领域证明了其有效性^[6]。其核心在于平衡数据驱动的客观规律(熵权法)与政策引导的主观判断(AHP 法)。

1.1 熵权法确定客观权重

熵权法完全基于指标数据的离散程度进行赋权,若某指标数据在不同评价单元间离散程度越大,则信息熵越小,所提供的信息量越大,应在综合评价中赋予更高权重。计算流程:首先,对原始指标数据进行标准化处理以消除量纲与极性影响,得到标准化矩阵 $R = (r_{ij})_{m \times n}$ 。其次,计算第 j 项指标的信息熵 e_j ,熵值反映了该指标数据的不确定性。进而,计算差异系数 $g_j = 1 - e_j$,该系数直接衡量指标区分评价对象的能力。最后,对差异系数进行归一化处理,得到基于熵权的客观权重向量为 $W^o = (w_1^o, w_2^o, \dots, w_n^o)$ 。

1.2 AHP 法确定主观权重

本研究构建“目标层 A(城市综合健康度)—准则层 B(四个维度)—指标层 C(具体指标)”的递阶结构,将城市体检综合评价问题系统分解。邀请城市规划、住房建设、市政管理领域的专家,采用 1-9 标度法对各层次要素进行两两重要性比较,构造判断矩阵。通过计算矩阵的最大特征值及其对应的特征向量,并经一致性检验(要求一致性比率 $CR < 0.10$)确保专家判断的逻辑一致性,最

终合成得到各指标相对于总目标的主观权重向量为 $W^s = (w_1^s, w_2^s, \dots, w_n^s)$ 。

1.3 基于最小信息熵原理的组合赋权

鉴于熵权法与 AHP 法各有优劣, 单一赋权易导致评价结果片面。为构建既尊重数据规律又体现政策导向的评价模型, 本研究提出基于最小信息熵原理的线性组合赋权方法。为融合主客观权重信息, 本研究构建如下线性组合权重模型(式1):

$$w_j^c = \alpha \cdot w_j^s + (1 - \alpha) \cdot w_j^o \quad (1)$$

其中, α ($0 \leq \alpha \leq 1$) 为主观权重的平衡系数, 其取值决定了主客观权重在组合中的相对重要性。

为科学确定 α , 引入信息熵衡量不同权重分配方案间的信息差异。定义组合权重 W^c 与主、客观权重 W^s 、 W^o 之间的差异熵 $H(W^c, W^s, W^o)$ 。依据最小信息熵原理, 求解使 H 最小的 α 值, 从而使组合权重最大程度融合主客观双方信息。通过求解该优化问题, 本研究中最优平衡系数 $\alpha = 0.5$ 。表明在包头市城市体检背景下, 客观数据与专家经验具有同等重要性。 $\alpha = 0.5$ 代入式 1, 得到最终的熵权-AHP 组合权重模型(式 2):

$$w_j^c = 0.5 \cdot w_j^s + 0.5 \cdot w_j^o \quad (2)$$

该模型融合层次分析法与熵权法实现方法论的优势互补, 采用的基于最小信息熵原理的线性组合方法, 旨在使组合权重最大程度融合主客观信息, 在相关城市健康评价模型构建中也被证实具有良好的平衡性与解释力^[7], 最终能够实现城市健康状况诊断与关键短板精准识别, 为相关治理决策提供直接量化的科学依据。

2 包头市多维度体检指标体系构建与实践

2.1 数据来源

(1) 官方统计资料: 主要包括《包头统计年鉴》(2022-2024)、包头市住房和城乡建设局、自然资源局、城市管理综合执法局的年度工作报告与统计报表;

(2) 政府管理数据: 从各区政府及街道办事处获取的关于社区设施、物业管理、老旧小区改造等项目的明细清单;

(3) 抽样调查数据: 采用分层随机抽样方法, 在全市五个主要辖区(昆都仑区、青山区、东河区、九原区、稀土高新区)发放问卷 450 份, 回收有效问卷 400 份, 有效回收率 88.9%, 用于获取居民对社区服务、人居环境满意度的感知信息, 同时对乱停车等管理数据进行交叉验证。



图 1 包头市建成区城区维度调研范围

Fig. 1 Survey scope for the urban district dimension within Baotou's built-up area

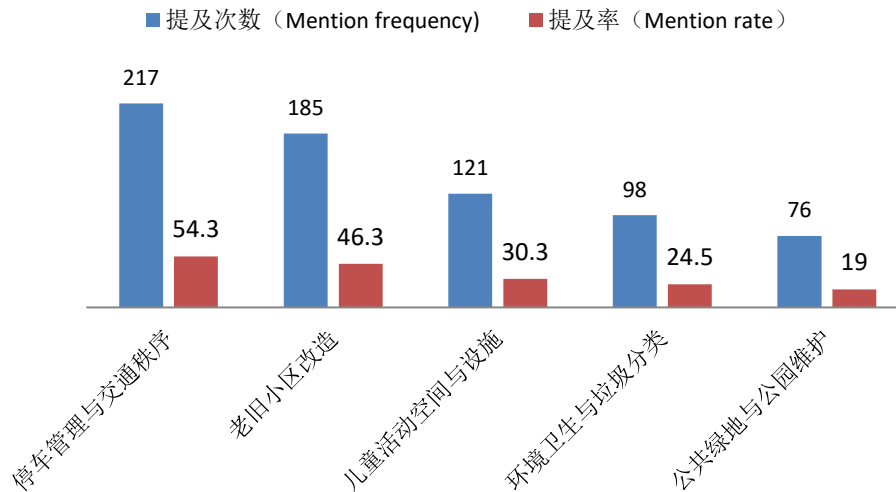


图2 城市问题提及次数与提及率综合对比

Fig. 2 Comprehensive comparison of the mention count and mention rate of urban issues

2.2 多维度核心指标体系构建

基于国家城市体检政策导向和上述指标选取原则,结合抽样调查获得的包头市居民各维度关注点以及包头市地方实践特色,本研究构建了一个包含目标层、准则层、指标层和方案层的4级递阶式评价指标体系,与中西部城市体检的实证比较研究在维度划分与问题指向上具有共识^[8,9],本次取值选取了核心指标进行分析计算。

表1 包头市城市体检评价核心(特色)指标体系

Table 1 Core (characteristic) index system for urban physical examination of Baotou City

目标层	准则层	指标层	方案层(核心/特色指标)	指标属性
城市 体检 健康度 (A)	住房维度 (B1)	房屋安全耐久(C1)	存在结构安全隐患的住宅数量(栋)(D1)	负向
		房屋功能完备(C2)	存在管线管道破损的住宅数量(栋)(D2)	负向
	小区 (社区) 维度 (B2)	社区设施完善(C3)	需要进行适老化改造的住宅数量(栋)(D3)	负向
			未达标配建养老服务设施的社区数量(个)(D4)	负向
		社区环境宜居(C4)	未达标配建婴幼儿照护服务设施的社区数量(个)(D5)	负向
			社区管理健全(C5)	未达标配建的公共活动场地的小区数量(个)(D7)
	街区 维度 (B3)	街区功能完善(C6)	未实施物业管理的小区数量(个)(D8)	负向
		街区整洁有序(C7)	公园绿化活动场地服务半径覆盖率(%) (D9)	正向
		街区具有特色活力(C8)	存在乱停乱放车辆问题的道路数量(条)(D10)	负向
	城区 维度 (B4)	城区生态宜居(C9)	需要更新改造的老旧街区数量(个)(D11)	负向
			城市黑臭水体数量(个)(D12)	负向
		城区历史文化保护利用(C10)	新建建筑中绿色建筑占比(%) (D13)	正向
			城区产城融合、职平衡住(C11)	历史文化街区、历史建筑挂牌建档率(%) (D14)
	城区安全韧性(C12)	年度保障性住房占比(%) (D15)	正向	
			房屋市政工程生产安全事故数(起)(D16)	负向

目标层	准则层	指标层	方案层（核心/特色指标）	指标属性
			需要消除的严重易损坏点数量（个）（D17）	负向
			市政管网管线智能化监测管理率（%）（D18）	正向
	城区 维度 （B4）	城区智慧高效（C13）	建筑施工危险性较大的分部分项工程安全监测覆盖率（%）（D19）	正向
			儿童友好空间建设（个）（D20）	正向
	城区特色指标（C14）		老旧小区改造数量（个）（D21）	正向
			再生水利用率（%）（D22）	正向
			智慧停车充电一体化平台建设（%）（D23）	正向
			能效待提升的污水处理厂数量（个）（D24）	负向

2.3 权重计算与结果分析

运用构建的熵权-AHP 组合权重模型式 2，计算包头市城市体检核心指标及维度的最终权重与标准化得分，关键结果如表 2 所示。

表 2 核心（特色）指标权重计算结果示例
Table 2 Example of core (characteristic) index weighting results

维度	代表性核心指标	客观权重 W^o	主观权重 W^s	组合权重 W^c
住房 维度	D1: 存在结构安全隐患的住宅数量	0.031	0.065	0.048
	D2: 存在管线管道破损的住宅数量	0.025	0.042	0.034
	D3: 需要进行适老化改造的住宅数量	0.022	0.038	0.030
	维度小计	0.078	0.145	0.112
小区（社区） 维度	D4: 未达标配建养老服务设施的社区数量	0.028	0.044	0.036
	D5: 未达标配建婴幼儿照护服务设施的社区数量	0.026	0.040	0.033
	D6: 停车泊位缺口数	0.085	0.052	0.069
	D7: 未达标配建公共活动场地的小区数量	0.020	0.028	0.024
	D8: 未实施物业管理的小区数量	0.018	0.030	0.024
	维度小计	0.177	0.194	0.186
街区 维度	D9: 公园绿化活动场地服务半径覆盖率	0.068	0.105	0.087
	D10: 存在乱停乱放车辆问题的道路数量	0.102	0.072	0.087
	D11: 需要更新改造的老旧街区数量	0.039	0.061	0.050
	维度小计	0.209	0.238	0.224
	D12: 城市黑臭水体数量	0.105	0.089	0.097
	D13: 新建建筑中绿色建筑占比	0.058	0.066	0.062

维度	代表性核心指标	客观权重 W^o	主观权重 W^s	组合权重 W^c
城区 维度	D14: 历史文化街区、历史建筑挂牌建档率	0.042	0.055	0.049
	D15: 年度保障性住房占比	0.048	0.052	0.050
	D16: 房屋市政工程生产安全事故数	0.035	0.062	0.049
	D17: 需要消除的严重易涝点数量	0.092	0.102	0.097
	D18: 市政管网管线智能化监测管理率	0.134	0.126	0.130
	D19: 危险性较大工程安全监测覆盖率	0.076	0.082	0.079
	D20: 儿童友好空间建设数量	0.041	0.047	0.044
	D21: 老旧小区改造数量	0.228	0.140	0.184
	D22: 再生水利用率	0.053	0.048	0.051
	D23: 智慧停车充电一体化平台建设覆盖率	0.062	0.058	0.060
	D24: 能效待提升的污水处理厂数量	0.038	0.045	0.042
		维度小计	0.536	0.423

结果显示,权重分布呈现显著的层级差异与问题指向性。其中,城区维度(B4)权重最高(0.478),表明其在整体评价中占据主导地位;住房维度(B1)最低(0.112),表明当前评价体系关注度对宏观、系统性城市功能的关注度高于微观居住单元。主客观权重对比表明,该模型通过提升专家强调的战略性指标权重,同时保留数据差异显著的民生指标影响,实现了政策导向与客观事实的有效平衡。

2.4 综合评价与等级划分

基于组合权重与指标标准化得分,计算得到各维度及综合评价结果(表3)。根据既定等级划分标准,包头市城市健康状况总体呈现“宏观系统表现优于中微观人居环境”的不均衡特征。

表3 各维度综合评价结果

Table 3 Comprehensive evaluation results of each dimension

评价维度	组合权重	标准化得分	评价等级
城区(城市)维度	0.478	0.78	良好
街区维度	0.224	0.65	一般
小区(社区)维度	0.186	0.58	偏弱
住房维度	0.112	0.52	偏弱

注:评价等级根据得分区间划分:优秀(≥ 0.8)、良好($[0.7,0.8)$)、一般($[0.6,0.7)$)、偏弱(< 0.6)。

城区维度权重最大(0.478)且得分最高(0.78),达到“良好”等级,反映其在生态治理、安

全韧性和智慧基建等系统层面取得阶段性成效。然而，直接关系到居民日常生活的“住房”与“小区（社区）”维度得分均低于0.6，处于“偏弱”等级，成为制约城市整体健康水平的突出短板。

2.5 关键问题诊断与模型有效性讨论

问题一：住房安全风险突出。权重较高的住房安全指标（D1，0.048）得分极低（0.31），结合D2、D3，表明包头市存量住宅在结构安全、管线老化及适老性方面存在普遍性短板，是城市安全的重大隐患；问题二：社区“一老一小”服务设施严重短缺。指标反映“一老一小”服务设施的指标D4、D5虽权重适中（0.036，0.033），但得分分别为0.38和0.41，高达65%的受访社区未达标配建养老服务设施，婴幼儿照护设施缺口同样巨大；问题三：交通矛盾与街区秩序管理待加强。高权重指标D6（停车泊位缺口，0.069）与D10（车辆乱停乱放，0.087）得分偏低，指向交通供需失衡与交通秩序管理效能不足共存的现实矛盾。

模型有效性讨论表明，若单独采用AHP法，会过度依赖专家判断，可能低估如“停车缺口”（D6）等数据差异显著的现实矛盾；若单独采用熵权法，则会因数据波动而过度放大某些指标（如D21）的权重，同时弱化数据离散度小但战略意义重大的指标（如D1）。本研究采用的组合模型，通过数学原理融合主客观信息，既保障了安全、民生等战略导向在权重中得到体现，又使数据分化明显的现实民生痛点得以凸显，从而使评价结果更能全面、均衡地反映城市复杂系统的真实状态，为精准治理提供了可靠依据。

3 结论

本研究面向城市更新的现实需求，以包头市为典型案例，构建了一套兼具普适性、特色性与科学性的城市体检评价工具体系。鉴于期刊篇幅限制，本研究选取了涵盖各维度的核心及特色指标进行模型验证与评价，所选指标构成了包头市城市体检评价体系的主干，能够有效反映城市健康状况的关键方面。核心创新点体现在四个方面：一是构建了贴合工业型老城特色的体检指标体系，在国家标准框架内，创新性增设老旧小区改造数量等特色指标，强化住房安全、社区服务等民生导向维度，深度契合包头市情；二是提出科学的主客观组合赋权模型，基于最小信息熵原理融合AHP法与熵权法，有效解决了单一赋权方法主观随意或客观脱节的问题，提升了评价结果的科学性；三是精准揭示了包头市城市健康发展的结构性特征，明确“宏观向好、微观承压”的发展格局与核心短板，为包头市及同类工业型老城实现精细化、分层级更新治理提供可操作的方法论参考。

4 建议

4.1 治理建议

（1）实施住房安全更新攻坚行动。应优先利用现有城市更新资金渠道，以工程手段消除重大结构安全隐患。推行安全、适老化、节能的“一体化集成改造”模式，提升资金效益与居民获得感。同时，积极争取并统筹利用城市更新专项资金，破解更新项目的资金瓶颈。

（2）推进社区服务设施精准补短板。针对“一老一小”设施缺口，采取“增量提质”与“存量挖潜”双轨策略。新建项目须强制落实配套设施的同步规划、建设与交付；存量社区则应通过激活闲置空间、共享周边资源等方式，灵活增设服务功能。

（3）构建“体检-更新”制度化决策闭环。为提升治理科学性，实现精细化治理，应推动体检评价体系与更新行动的深度协同^[4]，作为城市治理现代化转型内在要求^[7]，使年度体检的权重与得分结果直接作为确定项目优先级、配置财政资源的核心依据，实现“依体检定项目，凭权重配资源”。

4.2 不足与展望

研究以包头市为例, 结论的普适性需在更多类型城市中验证。指标体系仍以静态数据为主, 未来可融入物联网、大数据等动态感知指标。后续研究可探索组合系数 α 的动态调整机制以增强模型时效性; 并将体检结果与城市更新项目库、财政预算系统智能关联, 推动城市体检从“诊断书”向可精准施治的“智能导航图”深化。

参考文献

- [1] 住房和城乡建设部. 关于全面开展城市体检工作的指导意见(建科〔2023〕75号)[Z]. 2023.
- [2] 刘畅, 李哲, 王建国. 城市体检评价指标体系构建: 理论演进与2025年新趋势[J]. 城市规划学刊, 2025(1): 45-54.
- [3] 陈明, 赵雨婷, 吴刚. 基于AHP-熵权组合赋权的城市更新优先级评价研究[J]. 中国管理科学, 2024, 32(2): 112-120.
- [4] 刘洋, 周晓燕. 城市体检与城市更新协同机制研究-以长三角城市群为例[J]. 城市发展研究, 2024, 31(3): 56-64.
- [5] 黄磊, 徐佳, 郑浩然. 基于组合权重的城市健康评价模型构建与应用[J]. 系统工程理论与实践, 2024, 44(1): 89-98.
- [6] 张伟, 孙静, 郭昊. 多维度城市体检的实证比较研究-基于中西部五城市的分析[J]. 地理研究, 2025, 44(3): 789-801.
- [7] 赵一鸣, 马晓辉. 城市治理现代化背景下体检评价体系的优化路径研究[J]. 中国行政管理, 2025(2): 112-119.
- [8] 周丹, 吴俊, 李明. 熵权法在城市可持续发展评价中的应用研究综述[J]. 统计与决策, 2023, 39(16): 45-50.
- [9] Guo X, Sun G. Study on the Influencing Factors of Social Capital Operation in the Reconstruction of Old Communities Based on AHP-Entropy Right Method [J]. Sustainable Development, 2024, 14(5): 87723.

^{1,*}作者简介: 王燕(1993-), 女, 工学学士, 工程师, 研究方向: 工程管理, 可持续发展与绿色工程, 城市更新方向等。E-mail: jwjck13@163.com。