

基于模糊熵的医院建筑碳减排潜力智能评价模型

翁振锋¹, 吴国栋²

(1. 深圳市第二人民医院; 2. 四川鑫达广告装饰工程有限公司)

【摘要】文章针对现有公共建筑碳减排潜力评估方法评估准确率差的问题, 提出基于模糊熵的医院建筑碳减排潜力智能评价模型。在对医院建筑碳排放进行分析的基础上, 选择相关影响因素作为评估, 建立科学的碳减排潜力评估体系。然后基于三角模糊熵完成指标权重的求取, 建立医院建筑碳减排潜力智能评价模型。实验结果表明: 本次研究建立的评估模型可对医院建筑碳减排潜力进行准确评估, 且评估耗时较短, 具有一定应用价值。

【关键词】模糊熵; 医院建筑; 碳减排; 评价体系; 潜力评估

中图分类号: TU111

DOI: 10.13655/j.cnki.ibci.2023.11.001

Intelligent Evaluation Model of Carbon Emission Reduction Potential of Hospital Buildings Based on Fuzzy Entropy

WENG Zhen-feng¹, WU Guo-dong²

(1. Shenzhen Second People's Hospital; 2. Sichuan Xinda Advertising Decoration Engineering Co., Ltd.)

【Abstract】This article proposes an intelligent evaluation model for carbon reduction potential of hospital buildings based on fuzzy entropy to address the issue of poor accuracy in evaluating the carbon reduction potential of existing public buildings. On the basis of analyzing the carbon emissions of hospital buildings, relevant influencing factors are selected as evaluations to establish a scientific carbon reduction potential evaluation system. Then, based on triangular fuzzy entropy, the weight of the indicators is calculated, and an intelligent evaluation model for the carbon reduction potential of hospital buildings is established. The experimental results indicate that the evaluation model established in this study can accurately evaluate the carbon emission reduction potential of hospital buildings, and the evaluation time is relatively short, which has certain application value.

【Keywords】fuzzy entropy; hospital buildings; carbon emission reduction; evaluation system; potential assessment

1 引言

医院建筑碳排放量大、能效水平低,在如今低碳环保的趋势下,应做好低碳节能工作,故对其开展碳减排潜力评价具有重要意义^[1-2]。基于此,本文以某三甲医院建筑物为例,建立基于模糊熵的评价模型。

2 医院建筑碳减排潜力评估指标体系构建

本文从建筑设计、建材准备、施工、使用和维修、拆除及废旧建材处置等阶段选取建筑碳排放影响指标,构建科学的碳减排潜力评估指标体系^[3-4],见表1。

表1 医院建筑碳减排潜力评估指标体系

目标层	准则层	指标层
医院建立碳减排潜力评估指标体系	建筑规划阶段 A	设计时建筑内设备工作产生的碳排放 A_1
	建材准备阶段 B	建材开采产生的碳排放 B_1
		建材运输产生的碳排放 B_2
	建筑施工阶段 C	各施工工艺机械运行产生的碳排放 C_1
		现场办公设备产生的碳排放 C_2

续表

目标层	准则层	指标层
	建筑使用和维护阶段 D	施工现场照明产生的碳排放 C_3
		建筑使用阶段消耗化石能源产生的碳排放 D_1
		日常生活产生的碳排放 D_2
		更新建材产生的碳排放 D_3
	建筑拆除、废旧建材处置阶段 E	区域内绿地碳汇所减少的碳排放 D_4
		拆除阶段产生的碳排放 E_1
		废弃建材运输产生的碳排放 E_2
		可回收建材再生产产生的碳排放 E_3

3 医院建筑碳减排潜力智能评价模型建立

3.1 碳减排指标权重求取

1) 熵值法

设某医院建筑 i 的碳减排潜力评价中第 j 个指标的观测数据为 x_{ij} , 利用熵值法完成指标权重的求取, 先计算第 i 个医院建筑碳减排潜力评价中第 j 个指标

的特征比重,其表达式如下所示:

$$f_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_{i=1}^n x_{ij}} \quad (1)$$

式(1)中: f_{ij} 为医院建筑 i 碳减排潜力评价中第 j 个,%; x_{ij} 为某医院建筑 i 的碳减排潜力评价中第 j 个指标的观测数据。

$x_{ij} > 0$,则第 i 个医院建筑碳减排潜力评价中第 j 个指标熵值可利用下式求取:

$$e_j = \frac{1}{\ln n} \sum_{i=1}^n f_{ij} \ln(f_{ij}) \quad (2)$$

设指标熵权集为 $w' = [w'_1, w'_2, \dots, w'_m]^T$,则其第 j 个指标的权重为:

$$w'_j = \frac{1 - e_j}{m - \sum_{j=1}^m e_j} \quad j = 1, 2, \dots, m \quad (3)$$

式(3)中: w'_j 为第 j 个指标的权重。

2) 三角模糊法

利用专家对上述指标进行评分,设三角模糊数为 $r_i = [a_{ij}, b_{ij}, c_{ij}] \quad i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, m$ 。其中, a_{ij} 代表第 i 个专家对评价指标 j 重要程度给出的最保守评估值; b_{ij} 代表第 i 个专家对评价指标 j 重要程度给出的最可能评估值; c_{ij} 代表第 i 个专家对评价指标重要程度给出的最乐观评估值。设专家评估权重集为 $E = [e_1, e_2, \dots, e_k]$,其中 e_k 代表第 k 个专家为医院建筑打出的碳减排潜力评估值在综合评估中可占据的比重。专家根据碳减排潜力方面的知识和经验,将评估权重集设置为 $E = [0.35, 0.25, 0.15, 0.15, 0.1]$ 。在多指标评估问题中,需要将专家们的主观意见转化为具体的数值,以便进行综合评价和决策分析。

基于多个专家的评估目标和评价指标,建立三角模糊数互补评判矩阵,并给出该评估指标的三角模糊综合评判矩阵:

$$T = [a_{ij}e_i, b_{ij}e_i, r_{nm}e_n] \quad (4)$$

式(4)中: $a_{ij}e_i$ 代表评价指标 j 最保守的评估值, $b_{ij}e_i$ 代表评价指标 j 最可能的评估值, $c_{ij}e_n$ 代表评价指标 j 最乐观的评估值。设三角模糊数权重向量为 v^n ,则评价指标 j 的 v^n ,则评价指标 j 模糊得分如下:

$$v^n = \frac{(a_j + 5b_j + c_j)}{7} \quad j = 1, 2, \dots, m \quad (5)$$

在此基础上,将指标的三角模糊集合确定为 $w'' = [w''_1, w''_2, \dots, w''_m]^T$,将其归一化,得出医院建筑

碳减排潜力评估指标 j 的模糊数加权,表达式如下:

$$w''_j = \frac{v_j^n}{\sum_{j=1}^m v_j^n} \quad (6)$$

设 w_j 代表医院建筑第 j 个碳减排潜力评价指标经熵值法和三角模糊法两种赋权方法组合后得到的指标权重,则

$$w_j = \lambda w'_j + (1 - \lambda) w''_j \quad (7)$$

式(7)中: λ 代表客观偏好系数权重占比,%;则 $(1 - \lambda)$ 代表主观偏好系数权重占比,%。

3.2 碳减排潜力智能评估

本次研究利用多准则妥协解排序法(VIKOR)来建立碳减排潜力智能评估模型。

在对其进行评估时,先计算碳减排潜力智能评估模型的正负理想解,然后计算各个评价对象的群体效用值 S_i 和个体遗憾值 R_i 。

群体效用值表示应用绿色建筑技术后到正理想解的加权距离,其值越小,代表群体效益越好,则其评价的建筑碳减排潜力越大,计算公式如下:

$$R_{ERq} = \left(1 - \frac{C_j}{C_1}\right) \times 100\% \quad (9)$$

用 R_i 代表评价对象的最大个体遗憾值,其值越小,则其评价的建筑碳减排潜力越大,计算公式为:

$$R_i = \max \left[w_j \frac{f_j^+ - f_{ij}}{f_j^+ - f_j^-} \right] \quad (10)$$

式(10)中: w_j 代表第 j 个指标的权重, f^+, f^- 分别代表正负理想解。

结合式(9)和式(10)完成折衷可行解的计算,其计算公式如下所示:

$$Q_i = v \frac{S_i^+ - S^-}{S^+ - S^-} + (1 - v) \frac{R_i^+ - R^-}{R^+ - R^-} \quad (11)$$

式(11)中: v 代表机制系数。因为折衷可行解 Q_i 表示要评估的目标和最优方案之间的距离,其数值越低,则其减排潜力就越大。为使其评价更符合生活实际,对 Q_i 进行逆向修正,定义碳减排潜力指数为 E_j ,其计算公式为:

$$E_i = 1 - Q_i \quad (12)$$

可根据碳减排潜力指数的大小对其进行排序,对建筑不同时间段的碳减排潜力进行比较, E_i 越大,其碳减排潜力越大。

4 实例分析

本次实验选择某市一所三甲医院进行。该医院建筑群落具有典型的三级甲等医院的特点,同时又具有现代医疗建筑特色。本次主要针对该医院建筑的使用和维护阶段进行深入研究。获取其碳排放强度及碳减排率情况如图1、图2所示。

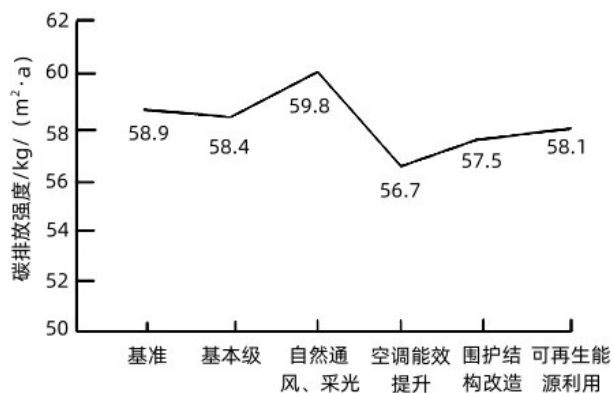


图1 绿色建筑技术应用下建筑碳排放强度(运营阶段)

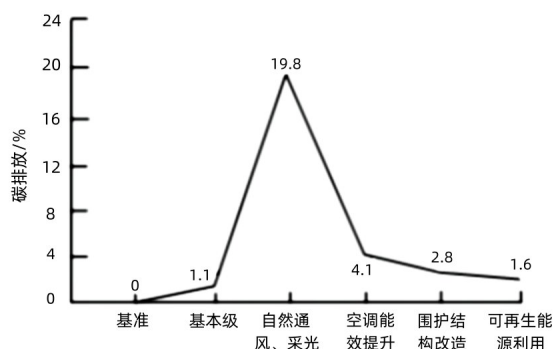


图2 绿色建筑技术应用建筑碳减排对比(运营阶段)

由图1、图2可知,绿色建筑技术应用后,其碳减排率最高为19.8%,具有较大的上升空间。为进一步对医院建筑的减碳潜力进行评估,证明本文方法的先进性,选取文献[2]方法和文献[6]方法作为对比方法进行对比,并与实际估算结果开展对比测试。

评估精度表达式为:

$$A = \frac{A_c}{A_d} \times 100\% \quad (13)$$

式(13)中: A_c 为正确评估的样本数,个; A_d 为总样本数,个。

测试多次迭代下,其评估精度结果如表2所示。

表2 碳减排潜力评估精度对比

迭代次数	本文方法	文献[2]方法	文献[6]方法
10	0.9230	0.7521	0.5328
20	0.9305	0.7320	0.6137
30	0.9412	0.7851	0.6385

续表

迭代次数	本文方法	文献[2]方法	文献[6]方法
40	0.9512	0.7468	0.6254
50	0.9589	0.7653	0.6421
60	0.9601	0.7913	0.6515

由表2可知,采用本文方法进行医院建筑碳减排潜力进行评估,其评估精度均高0.9230,故本文方法的评估效果更好。同时,对三种方法的评估效率进行验证,其对比结果如图3所示。

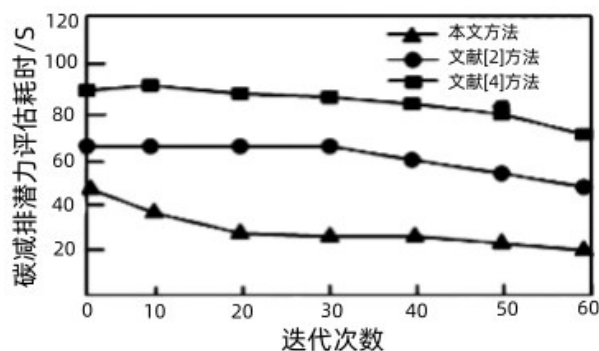


图3 三种方法碳减排潜力评估效率对比图

如图3所示,本次方法碳减排潜力评估平均耗时在33.6s,由此可说明本文方法碳减排潜力评估平均耗时低于对比方法。

5 结语

本文选取某三甲医院建筑为研究对象,设计了一个基于模糊熵的碳减排潜力智能评价模型。实验结果表明,所提方法具有良好的评价效果,其评价精度高于0.9230,平均评估耗时为33.6s,优于对比方法,具有较大的应用价值。

参考文献

- [1] 魏巍, 汤鹏, 杨国淑, 等. 无人机倾斜摄影探究城市屋顶光伏碳减排潜力[J]. 城市建筑, 2022, 19 (20): 123-125.
- [2] 潘毅群, 魏晋杰, 梁育民, 等. 绿色建筑节能技术在典型公共建筑运行中碳减排潜力评估[J]. 暖通空调, 2022, 52 (4): 83-89+131.
- [3] 柯华东, 孔陈琛, 雷豪杰, 等. 基于DNDC模型的设施菜地N₂O减排潜力评估[J]. 中国生态农业学报(中英文), 2022, 30 (8): 1269-1282.
- [4] 段焱侠, 董莪, 刘杰胜. 基于BPNN_AHP的绿色医院建筑评价体系的评价模型[J]. 武汉轻工大学学报, 2020, 39 (1): 44-50.