

# 基于机器学习的养老机构室内环境质量满意度 评价模型

于竞宇<sup>1</sup>, 於 蓉<sup>1</sup>, 张 琦<sup>1</sup>, 张 航<sup>1</sup>, 孔 泉<sup>2</sup>

(1. 合肥工业大学 土木与水利工程学院, 安徽 合肥 230009; 2. 中国电信股份有限公司安徽分公司网络监控维护中心, 安徽 合肥 230009)

**摘要:** 室内环境质量作为养老机构居住环境的重要组成部分, 直接影响居住老人的健康与舒适感, 日益成为我国养老问题的一个重要关注点。然而国内学者对养老机构室内环境质量的研究还相对缺乏。因此, 本研究利用机器学习建立老年人对整体室内环境质量满意度的评价模型, 选取热舒适度、室内空气质量、视觉舒适度以及声学舒适度四个方面对整体室内环境质量满意度进行评估。研究表明: 对于老人来说, 空气温度、相对湿度、室内空气质量、光照以及噪声水平对整体室内环境质量满意度都有一定影响。其中温度是对室内环境质量满意度影响最大的因素, 其次是噪声水平, 而光照是影响最小的因素。该模型的评价结果可为养老机构的设计及运营决策提供指导, 有望改善室内环境质量。

**关键词:** 养老机构; 机器学习; 室内环境质量; 满意度

中图分类号: TU831.1

文献标志码: A

文章编号: 1006-7930(2020)04-0587-07

## Evaluation model of indoor environment quality satisfaction for nursing homes based on machine learning

YU Jingyu<sup>1</sup>, YU Rong<sup>1</sup>, ZHANG Qi<sup>1</sup>, ZHANG Hang<sup>1</sup>, KONG Quan<sup>2</sup>

(1. School of Civil and Hydraulic Engineering, Hefei University of Technology, Hefei 230009, China;

2. Network Support Centers, China Telecom Anhui Ltd., Hefei 230009, China)

**Abstract:** As an important part of the living environment of nursing homes, indoor environmental quality directly affects the health and comfort of the residential elders. It has increasingly become an important concern for the elders in China. However, research on the indoor environment quality of nursing homes is still relatively lacking. Therefore, this study uses machine learning to establish an evaluation model of the elders' satisfaction with the overall indoor environmental quality. The study selects thermal comfort, indoor air quality, visual comfort and acoustic comfort to evaluate the overall indoor environmental quality satisfaction. The results show that air temperature, relative humidity, indoor air quality, light and noise levels all have a certain effect on the overall indoor environmental quality satisfaction for elders. Meanwhile temperature is the most influential factor among the five factors, then followed by noise level, and light is the least one. The evaluation results of the model can provide guidance for the design and operation decisions of the nursing homes, and it is expected to improve the indoor environment quality.

**Key words:** nursing homes; machine learning; indoor environmental quality; satisfaction

自 1999 年中国进入老龄化社会以来, 老年人口的数量持续递增。根据 2019 年国家统计局公布的《2018 年国民经济和社会发展统计公报》显示, 截止 2018 年底, 我国 60 岁及以上人口数达到 2.49 亿, 占总人口的 17.9%<sup>[1]</sup>。预计到 2050 年前后, 我国老年人口数将达到峰值 4.87 亿, 占总人口的 34.9%。另一方面, 伴随着空巢老人数量的日益增加和传统家庭人口结构模式的变化, 老年人的照护带来了许多社会问题。在多种因素的综合影响下, 机构养老的需求不断增加。

为了应对快速老龄化的严峻挑战, “十二五”期间, 国务院及所属各职能部门共出台了 26 项与养老服务相关的政策法规, 投入 2500 亿元以上的资金<sup>[2]</sup>。养老服务机构数与床位数明显增长, 根据 2018 年公布的《2017 年社会服务发展统计公报》显示, 截至 2017 年底, 全国各类养老服务机构和设施达到 15.5 万个, 比上年增长 10.6%, 各类养老床位 744.8 万张, 比上年增长 2%, 其中每千名老年人拥有养老床位 30.9 张<sup>[3]</sup>, 依旧远远达不到发达国家平均每千名老人拥有养老床位 50~70 张的

收稿日期: 2019-12-18

修改稿日期: 2020-07-13

基金项目: 国家自然科学基金项目(71704043)

第一作者: 于竞宇(1984—), 女, 副教授, 博士, 主要研究方向为老年宜居环境, 工程管理。E-mail: yujingyu@hfut.edu.cn

指标,我国养老机构的数量依然不能满足持续增长的老齡化人口数量的要求。

近年来,得益于养老政策的推动与实施,我国养老机构的数量不断增长。然而,目前大多数养老机构的居住环境并不能满足老年人的需求。其中,室内环境质量作为居住环境的重要组成部分,直接影响老年人的健康与舒适感。而国内学者对养老机构的关注点主要集中在服务质量<sup>[4]</sup>,运营模式<sup>[5]</sup>和设施规划<sup>[6]</sup>等方面,对室内环境质量的研究还相对缺乏。本文旨在提出一种基于机器学习的养老机构室内环境质量满意度的评价模型,并对安徽省合肥市某养老机构的室内环境质量进行调查与评价,为相关养老机构的设计以及室内环境的改善提供参考。

## 1 室内环境质量满意度评价模型

### 1.1 室内环境质量评价指标

世界卫生组织表明,人在室内度过的时间至少占据了一生的80%;在世界发达地区,人们将近90%的时间都花在室内<sup>[7]</sup>;对于一些行动不便的老人来说,在室内度过的时间有可能达到95%。室内环境质量(Indoor Environmental Quality, IEQ)已经成为可持续发展的一个主要关注点,它影响着居住者的健康和福祉<sup>[8]</sup>。随着我国老齡化问题的不断加剧、家庭人口结构的变化,传统的家庭养老模式已不断弱化,机构养老的需求不断增加<sup>[9]</sup>。老年人由于年龄偏大,身体机能也在不断的老化,所以对环境的适应能力和满意度与年轻人相比是不同的。因此,对养老机构的室内环境质量进行研究可以有效的提高老年人的居住环境质量,给老年人营造一个更加舒适的生活环境。

已有研究只针对室内环境质量的某一方面展开讨论,例如热环境<sup>[10-11]</sup>、室内空气质量<sup>[12]</sup>、光环境<sup>[13]</sup>和声环境<sup>[14]</sup>等,很多国家制定的规范与标准也只针对某一参数提出建议值及极限值,并没有综合考虑各个参数对整体室内环境质量的影响。近年来,随着病态建筑综合症越来越普遍,学者们开始意识到研究建筑物室内环境质量不应该仅从某一方面考虑,而是应该考虑综合影响的结果<sup>[15]</sup>。ASHRAE Guideline<sup>[16]</sup>也强调了室内环境因素之间的相互作用,并且建议在此基础上进行更加深入的研究。

目前,国内外学者对室内环境质量的评价方法已有一定的探索。Frontczak等人<sup>[17]</sup>通过全面的文献综述,发现4个主要的室内环境参数(热环境、

视觉环境、声学环境和室内空气质量)有助于营造令人满意的室内环境。Wong等人<sup>[18]</sup>通过问卷调查对香港空调环境下的办公室室内环境质量进行研究,提出多变量回归模型,从热舒适度、室内空气质量、噪音水平和照明水平四个方面评估使用者对办公室整体室内环境质量的接受程度,研究发现温度对办公室的整体IEQ影响最大。Mihai和Iordache<sup>[19]</sup>通过问卷调查综合考虑热舒适度、室内空气质量、视觉舒适度以及声学舒适度,提出评估教室室内环境舒适度的综合指数。Lai等人<sup>[20]</sup>结合香港125位居民的访谈调查和实测数据,针对住宅建筑建立室内环境质量多变量逻辑回归评估模型,研究发现热环境是对整体室内环境质量影响最大的因素,而室内空气质量被认为是影响最小的因素。丁彦等人<sup>[21]</sup>采用实地监测与问卷调查相结合的方法对大学图书馆室内环境质量进行了研究,并利用回归模型进行分析,结果表明图书馆内的温度、湿度、噪声水平、空气质量与舒适度都相关,其中噪声水平被认为是对舒适度影响最大的因素。李武涛等人<sup>[22]</sup>综合分析了教室的温度、照度、风速和噪声,利用聚类分析提出了对教室室内环境舒适度进行评价的方法。

国内外大量的研究发现室内环境质量评估主要包括四个方面,分别为热舒适度、室内空气质量、视觉舒适度以及声学舒适度<sup>[17-20]</sup>。在热舒适度方面,Macpherson的研究表明影响热舒适度的因素包括环境因素(空气温度、相对湿度、相对空气流速、平均辐射温度)和个人因素(衣着水平、人体新陈代谢)<sup>[23]</sup>。本研究选取能代表热环境的空气温度和相对湿度两个主要因素作为评价指标。关于视觉舒适度与声学舒适度,照度水平和噪声水平是有效的评价指标<sup>[18]</sup>。因此,本文利用机器学习中的逻辑回归算法建立整体室内环境质量满意度的评价模型,从以上四个方面选取了空气温度、相对湿度、室内空气质量、照度水平以及噪声水平五种环境参数对养老机构的室内环境质量进行综合评价。

### 1.2 逻辑回归算法基本原理

相比线性回归模型,逻辑回归是一种特殊的回归模型,被用来处理分类问题。作为一种典型的分类方法逻辑回归算法在机器学习中有非常广泛的应用。当受访者对室内环境质量满意时,模型的结果设为 $y=1$ ;反之,当受访者对室内环境质量不满意时,结果设为 $y=0$ 。给定输入特征 $x_i$  ( $i=1, 2, \dots, n$ )和逻辑回归系数 $\theta_j$  ( $j=0, 1, 2, \dots, n$ )时,

$h_{\theta}(x)$  表示  $y=1$  的概率,  $h_{\theta}(x)$  的计算如下.

$$h_{\theta}(x) = g(z) = \frac{1}{1+e^{-z}} = \frac{1}{1+e^{-\theta^T x}} \quad (1)$$

其中:  $Z = \theta_0 + \theta_1 x_1 + \theta_2 x_2 + \cdots + \theta_n x_n$ ;  $g(z) = \frac{1}{1+e^{-z}}$  称为 Sigmoid 函数.

输出结果  $y=1$  和  $y=0$  的概率可以表示如下.

$$P(y=1 | x; \theta) = h_{\theta}(x) \quad (2)$$

$$P(y=0 | x; \theta) = 1 - h_{\theta}(x) \quad (3)$$

由(2)和(3)式可得:

$$p(y | x; \theta) = h_{\theta}(x)^y \times (1 - h_{\theta}(x))^{(1-y)} \quad (4)$$

假设有  $n$  个独立样本  $\{(x^1, y^1), (x^2, y^2), (x^3, y^3), \cdots, (x^n, y^n)\}$ , 则  $n$  个样本出现的概率为

$$L(\theta) = \prod_{i=1}^n p(y^i | x^i; \theta) = \prod_{i=1}^n h_{\theta}(x^i)^{y^i} \times [1 - h_{\theta}(x^i)]^{(1-y^i)} \quad (5)$$

式(5)称为逻辑回归的似然函数. 为了简化计算, 寻找最优回归系数  $\theta_j$ , 取对数似然函数的相反数, 同时为了避免样本数量的影响, 再将对数似然函数相反数除以样本数量  $n$ , 处理后的目标函数(也称为损失函数)如下.

$$J(\theta) = -\frac{1}{n} \times \sum_{i=1}^n [y^i \times \log h_{\theta}(x^i) + (1 - y^i) \times \log (1 - h_{\theta}(x^i))] \quad (6)$$

逻辑回归问题的求解就是寻找目标函数中最优回归系数  $\theta_j$ , 本研究采用梯度下降法实现最优回归系数的求解. 在梯度下降法中梯度的反方向往往就是目标函数下降最快的方向, 选用步长  $\alpha$  对回归系数进行更新, 可得更新公式为

$$\theta_j := \theta_j - \alpha \times \frac{\partial J(\theta)}{\partial \theta_j}, (j = 0, 1, 2, \cdots, n) \quad (7)$$

其中,  $\alpha$  在机器学习中又称为学习率. 对偏导数的求解可得

$$\frac{\partial J(\theta)}{\partial \theta_j} = -\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y^i - h_{\theta}(x^i)) x_j^i \quad (8)$$

因此, 利用梯度下降法  $\theta_j$  的更新公式为

$$\theta_j := \theta_j - \alpha \times \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (h_{\theta}(x^i) - y^i) x_j^i \quad (j=0, 1, 2, \cdots, n) \quad (9)$$

### 1.3 室内环境质量(IEQ)满意度评价模型

养老机构中老年人对整体 IEQ 满意度的评估取决于五种环境参数, 即空气温度、相对湿度、室内空气质量、照度水平以及噪声水平. 基于逻辑回归算法基本原理, 本文提出整体 IEQ 满意度评价模型表示老年人对养老机构室内环境的整体

满意度  $S_{IEQ}$ , 具体公式如下.

$$S_{IEQ} = \frac{1}{1 + e^{-\langle \theta_0 + \theta_1 x_1 + \theta_2 x_2 + \cdots + \theta_5 x_5 \rangle}} \quad (10)$$

其中:  $S_{IEQ}$  表示整体室内环境质量满意度;  $x_i$  ( $i=1, 2, \cdots, 5$ ) 表示对室内各环境参数满意度;  $\theta_j$  ( $j=0, 1, \cdots, 5$ ) 表示逻辑回归系数.

以 Pycharm 为开发工具, 利用 python 语言建立老人对室内环境质量满意度的评价模型, 输入数据分别为老人对五种环境参数的满意度, 输出结果为整体室内环境满意度, 其中满意度的取值范围为  $\{0, 1\}$ . 室内环境质量评价模型的流程图如图 1 所示.

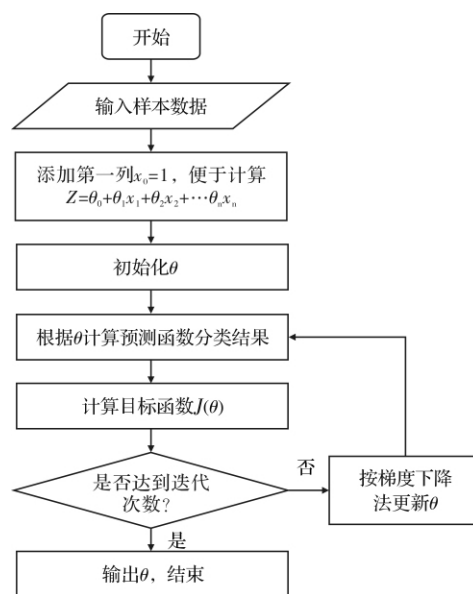


图1 室内环境质量评价模型的流程图

Fig. 1 Flow chart of indoor environmental quality evaluation model

## 2 研究方法

### 2.1 调查对象

本研究试图建立关于养老机构室内环境质量满意度的初步评价模型, 因此只以安徽省合肥市某养老机构为研究对象. 该养老机构共六层, 一层主要为食堂、康复中心等用房; 二至六层主要为老人居住房间, 其中六层居住的是生活无法自理的老人. 因此本研究选取二至五层精神正常、意识清晰的老人为调研对象, 采用一对一问答的方式完成问卷.

### 2.2 问卷调查

本研究于 2019 年 9 月采用问卷调查的方法收集老年人对空气温度、相对湿度、室内空气质量、照度水平、噪声水平以及整体室内环境质量的满意度. 由于老年人一天中大部分时间都是在室内

度过,且在不同时刻对室内环境质量的满意度是不同的,所以本次研究选取固定的调研房间,收集一天当中不同时刻老年人对环境质量的满意度.每天至少对选取的对象调查两次,每次调查的时间间隔不少于一小时,因为过于频繁的调查会对老人的生活造成干扰,引起老人的不满,所以在调查前需要与老人沟通好,确定每次问卷的时间.一些积极配合的老人一天可完成 3~5 次的问卷调查,并且在调查的同时记录问卷时间.

问卷主要包括以下两个部分内容:(1)老年人基本情况:性别、年龄、在本养老机构的居住时间以及身体健康状况等;(2)老年人对室内环境的评价:老年人对空气温度、相对湿度、室内空气质量、照度水平、噪声水平以及整体室内环境质量的满意度投票采用两级标准,满意(1)和不满意(0).

### 3 研究结果

#### 3.1 调研统计分析

##### 3.1.1 受访老人基本信息统计

本次研究共收回有效问卷 309 份,其中 60.2% 受访者为男性,39.8% 受访者为女性.80~85 岁、86~90 岁和 91 岁以上老年人分别占 46.6%、45.0% 和 8.4%,平均年龄 86.6 岁,由此可知居住在养老机构的老人年龄偏大.且 56.3% 受访者拥有大专及以上学历,83.8% 受访者拥有高中及以上学历.在该养老机构居住 1~2a、2~3a 和 3a 以上老年人分别占 50.8%、31.7% 和 17.5%,最短居住时间为 1a,因此可以认为受访老年人已经适应该养老机构的居住环境.受访老人基本情况分布如表 1 所示:

表 1 受访老人基本情况统计  
Tab. 1 Basic statistics of the elders interviewed

选项	背景信息	频数分布	频率	累计频率
性别	女	123	39.8	39.8
	男	186	60.2	100.0
年龄	≤79	0	0.0	0.0
	80~85	144	46.6	46.6
	86~90	139	45.0	91.6
	≥91	26	8.4	100.0
	初中以下	50	16.2	16.2
文化程度	高中	85	27.5	43.7
	大专	26	8.4	52.1
	本科及以上	148	47.9	100.0
居住时间/a	<1	0	0.0	0.0
	1~2	157	50.8	50.8
	2~3	98	31.7	82.5
	≥3	54	17.5	100.0
生活自理能力	自理	238	77.0	77.0
	半自理	71	23.0	100.0
	护理	0	0.0	100.0
身体健康状况	非常不健康	0	0.0	0.0
	比较不健康	24	7.8	7.8
	一般	261	84.4	92.2
	比较健康	24	7.8	100.0
	非常健康	0	0.0	100.0
居住户型	单人间	141	45.6	45.6
	双人间	48	15.5	61.1
	套间	120	38.9	100.0

3. 1. 2 室内环境质量满意度统计

受访者对室内环境质量评估结果如表 2 所示. 结果显示在调查期间, 受访老人对整体室内环境质量的主观满意度并不理想, 只达到 60. 8%. 其中室内空气质量满意度水平最高, 达到 89. 3%,

其次是光照满意度 82. 2%, 而温度满意度水平最低, 只达到 67. 6%. 总体来看, 受访者对养老机构室内各环境参数的满意度评价并不高, 整体室内环境满意程度处在一个较低的水平, 表明该养老机构的室内环境有待改善.

表 2 受访老人对室内各环境参数满意度统计

Tah 2 Statistics on the satisfaction of the interviewed elders with various indoor environmental parameters											
室内环境质量(IEQ)	频数	温度		湿度		空气质量		光照		噪声	
		0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
Y=0	121	89	32	57	64	20	101	31	90	70	61
Y=1	188	11	177	29	159	13	175	24	164	29	159
总计	309	100	209	86	223	33	276	55	254	89	220

3. 2 室内环境质量满意度评价模型分析

在本研究中考虑了温度、湿度、空气质量、光照以及噪声五种环境因素对室内整体环境质量的影响, 共有  $2^5 = 32$  种可能性. 在本次调查中共出现 28 种环境因素组合情况, 具体见表 3. 将收集的数据集随机分成 4 : 1 两个部分, 其中 4/5 用作训练数据集, 1/5 用作测试数据集.

表 3 老人对整体室内环境质量满意度统计

Tah 3 Elders satisfaction with overall indoor environmental quality

编号	样本量	接受量	影响因素				
			温度	湿度	空气 质量	光照	噪声
1	1	0	0	0	0	0	0
2	—	—	0	0	0	0	1
3	1	0	0	0	0	1	0
4	2	0	0	0	0	1	1
5	4	0	0	0	1	0	0
6	3	0	0	0	1	0	1
7	11	0	0	0	1	1	0
8	20	0	0	0	1	1	1
9	1	0	0	1	0	0	0
10	1	0	0	1	0	0	1
11	2	0	0	1	0	1	0
12	2	0	0	1	0	1	1
13	2	0	0	1	1	0	0
14	12	1	0	1	1	0	1
15	17	2	0	1	1	1	0
16	21	8	0	1	1	1	1

续表 3

编号	样本量	接受量	影响因素				
			温度	湿度	空气 质量	光照	噪声
17	—	—	1	0	0	0	0
18	—	—	1	0	0	0	1
19	2	0	1	0	0	1	0
20	4	2	1	0	0	1	1
21	5	2	1	0	1	0	0
22	1	0	1	0	1	0	1
23	8	3	1	0	1	1	0
24	24	22	1	0	1	1	1
25	—	—	1	1	0	0	0
26	1	0	1	1	0	0	1
27	5	1	1	1	0	1	0
28	11	10	1	1	0	1	1
29	9	8	1	1	1	0	0
30	15	13	1	1	1	0	1
31	21	13	1	1	1	1	0
32	103	103	1	1	1	1	1

(1)学习率的确定

根据逻辑回归算法的基本原理, 选用 Sigmoid 函数作为实验的预测函数, 在进行目标函数计算后, 利用梯度下降法更新权重时, 最重要参数是学习率  $\alpha$ , 其取值的准确程度将直接影响模型的收敛情况. 因此本次模型实验首先做了不同学习率下梯度下降法的比较, 设计学习率分别为 10、0. 5、0. 1、0. 01 和 0. 001, 图 2 展示了不同学习率下梯度下降法的收敛情况.

图 2 中横坐标表示算法训练的次数, 纵坐标表示目标函数的数值即损失值, 不同的曲线表示在不同学习率下梯度下降算法的实验结果. 图示结果显示, 当学习率过小时, 模型的收敛速度很慢; 随着学习率的增大可以增加收敛速度, 但是当学习率过大时, 模型并不收敛. 并且随着训练迭代次数的增加, 收敛速度逐渐放缓最终趋于稳定. 根据实验结果, 确定本研究学习率  $\alpha=0.1$ .

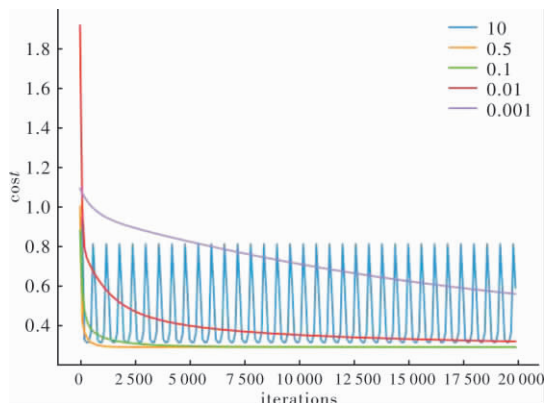


图 2 梯度下降法不同学习率下的收敛情况

Fig 2 Convergence of gradient descent with different learning rates

## (2) 结果分析

将本次调查对象合肥市某养老机构的数据输入到室内环境质量评价模型中, 得到老人对室内整体环境质量满意度的回归系数为

$$\theta_j = \begin{cases} -7.62 \\ 4.34 \\ 1.97 \\ 2.14 \\ 0.87 \\ 2.17 \end{cases}, j=0, 1, 2, 3, 4, 5$$

因此, 整体 IEQ 满意度评价模型为

$$S_{IEQ} = \frac{1}{1 + e^{-( -7.62 + 4.34x_1 + 1.97x_2 + 2.14x_3 + 0.84x_4 + 2.17x_5 )}} \quad (11)$$

其中:  $x_i$  ( $i=1, 2, \dots, 5$ ) 表示老年人对室内各环境参数满意度;  $\theta_1 \sim \theta_5$  的值代表了五个环境参数的相对重要性,  $\theta_j$  值越大说明所对应的环境参数对整体室内环境质量满意度的影响越大. 图 3 显示了目标函数随迭代次数增加而不断优化的过程.

研究结果显示, 对于养老机构的老年人来说, 空气温度、相对湿度、空气质量、光照以及噪声水平都会对整体室内环境质量满意度产生影响, 它们的相对重要性从最重要到最不重要进行排列为: 空气温度、噪声、空气质量、相对湿度和光

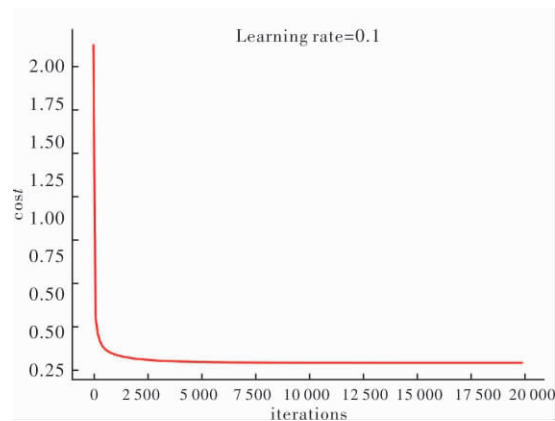


图 3 目标函数优化图

Fig 3 Objective function optimization graph

照, 其中, 影响最大的环境参数温度的权重是噪声权重的两倍, 说明相对于其他四个环境参数, 老人对温度所带来的影响是十分敏感的. 这主要是因为老年人的新陈代谢能力逐渐降低, 对温度的反应更为敏感, 相比于年轻人, 老年人可接受的温度范围较小<sup>[24]</sup>. 另一方面, 随着年龄的增大、身体机能的退化, 老年人对温度变化的调节能力变差, 当温度发生一定的变化时并不能快速适应. 而光照对整体室内环境满意度的影响最小, 这与 Humphreys 的研究<sup>[25]</sup>结果一致. 在调查过程中了解到, 老年人在不进行阅读的情况下对光照要求比较低; 并且在进行问卷调查时, 大多数的老人处于静坐状态, 对光照的要求也比较低, 可接受的照度水平较广. 因此, 老人对光照所带来的影响并不敏感. 另外, 噪声、空气质量与湿度的权重相近, 说明这三种环境参数对整体室内环境质量满意度的影响差异不大. 其中, 相对于空气质量和相对湿度来说, 噪声的影响稍大一些, 主要是因为大多数老年人患有心脏病、高血压、神经衰弱等疾病, 对噪声带来的影响比较敏感<sup>[26]</sup>.

本次建立模型实验将收集的数据集随机分为 4:1 两个部分, 其中训练数据集 247 条, 测试数据集 62 条. 利用训练数据集对模型进行训练求解最优回归系数, 再利用测试数据集对模型的准确率进行验证. 实验结果显示: 在学习率为 0.1 的情况下, 该模型的准确率达到 93.55%, 能够很好的预测老人对室内环境质量的满意度.

## 4 结论

本文利用机器学习建立了养老机构室内环境质量满意度的评价模型, 并对合肥市某养老机构进行调查评价得出以下结论:

(1) 室内环境质量是由多方面的环境因素共同

决定的,在对养老机构室内环境质量研究时需要考虑热环境、室内空气质量、光环境以及声环境的综合影响。通过问卷分析可知,在本次调查中,受访者对所处的养老机构的整体室内环境质量满意度水平并不高,其中对空气质量满意度最高,温度满意度最低。

(2)本研究利用机器学习建立了养老机构室内环境质量满意度的评价模型。结果表明,对于老人来说,空气温度、相对湿度、室内空气质量、光照以及噪声水平对整体室内环境质量满意度都有一定的影响。其中温度是对室内环境质量满意度影响最大的因素,光照是影响最小的因素。

(3)本研究通过准确率这个指标对该模型进行检验,发现该模型的准确率可以达到93.5%,能够很好的预测老人对整体室内环境质量的满意度。

## 参考文献 References

- [1] 国家统计局. 2018年国民经济和社会发展统计公报[EB/OL]. 国家统计局网站, 2019.  
National Bureau of Statistics, National Economic and Social Development Statistical Bulletin 2018[EB/OL]. National Bureau of Statistics Website, 2019.
- [2] 唐钧. 中国老年服务的现状、问题和发展前景[J]. 国家行政学院学报, 2015(3): 75-81.  
TANG Jun. The current situation, problems and development prospects of elderly services in China [J]. Journal of Chinese Academy of Governance, 2015(3): 75-81.
- [3] 中华人民共和国民政部. 2017年社会服务发展统计公报[EB/OL]. 中华人民共和国民政部网站, 2018.  
Ministry of Civil Affairs of the People's Republic of China. Statistical communique on the development of social services 2017 [EB/OL]. Website of the Ministry of Civil Affairs of the People's Republic of China, 2018.
- [4] 高梦希, 范维, 王燕, 等. 国内外养老机构服务质量评价体系现状[J]. 护理研究, 2019, 33(20): 3526-3529.  
GAO Mengxi, FAN Wei, WANG Yan, et al. Status quo of service quality evaluation system of pension institutions in China and abroad [J]. Chinese Nursing Research, 2019, 33(20): 3526-3529.
- [5] 赵辰光, 杨肖肖. 公建民营养老机构运营模式[J]. 中国老年学杂志, 2017, 37(22): 5714-5716.  
ZHAO Chenguang, YANG Xiaoxiao. Operating model of the public nutrition old institutions [J]. Chinese Journal of Gerontology, 2017, 37(22): 5714-5716.
- [6] 季翔, 肖炳科, 孙强. 城市机构养老服务设施规划配置布局研究——以徐州市主城区为例[J]. 现代城市研究, 2017(2): 27-32.  
JI Xiang, XIAO Bingke, SUN Qiang. The research of planning and configuration layout strategy on urban institution endowment service facilities: A case study of main city zone of Xuzhou [J]. Modern Urban Studies, 2017(2): 27-32.
- [7] KLEPEIS N E, NELSON W C, OTT W R, et al. The national human activity pattern survey (NHAPS): A resource for assessing exposure to environmental pollutants [J]. Journal of Exposure Analysis and Environmental Epidemiology, 2001, 11(3): 231-252.
- [8] United Nations. Transforming our world: The 2030 agenda for sustainable development [C]. New York: UN General Assembly, 2015.
- [9] 刘美霞, 姜乃琳, 李俊峰. 老年住宅开发和经营模式 [M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2008.  
LIU Meixia, LOU Nailin, LI Junfeng. Development and management model of senior housing [M]. Beijing: China Architecture & Building Press, 2008.
- [10] DE Dear R, BRAGER GS. Developing an adaptive model of thermal comfort and preference [J]. ASHRAE Trans, 1998; 104(1): 145-67.
- [11] 于竞宇, 柏勇珍, TANBIR Hassan. 基于 PMV 模型的合肥养老机构老年人热舒适度研究 [C] //《环境工程》2018 年全国学术年会论文集 (下册). 北京: 工业建筑杂志社有限公司;《环境工程》编辑部, 2018: 956-960, 967.  
YU Jingyu, BAI Yongzhen, TANBIR Hassan. Indoor thermal comfort of elders living in nursing homes for the aged in Hefei based on PMV model [C] // Proceedings of the 2018 National Academic Annual Conference of《Environmental Engineering》(Part 2). Beijing: Industrial Architecture Magazine Ltd.,《Environmental Engineering》Editorial, 2018: 956-960, 967.
- [12] MENDES A, PEREIRA C, MENDES D, et al. Indoor air quality and thermal comfort—results of a pilot study in elderly care centers in Portugal [J]. Journal of Toxicology and Environmental Health. Part A, 2013, 76(0): 333-344.
- [13] YUN G Y, KONG H J, KIM H, et al. A field survey of visual comfort and lighting energy consumption in open plan offices [J]. Energy and Buildings, 2012, 46: 146-151.
- [14] 贾继彦, 李念平, 潘尤贵. 教室声环境的主观反应及烦恼度阈限值的探讨 [J]. 环境污染与防治, 2002(6): 365-367.  
JIA Jiyan, LI Nianping, PAN Yougui. On subjective response to environment noise in classroom and annoying threshold [J]. Environmental Pollution & Control, 2002(6): 365-367.

(下转第 609 页)

- River[J]. Chinese and Foreign Architecture, 2020(06):159-163.
- [9] 马焕春. 城市河道生态治理与环境修复[J]. 环境与发展, 2020, 32(04):74-75.  
MA Huanchun. Ecological management and environmental restoration of urban rivers[J]. Environment and Development, 2020, 32(4):74-75.
- [10] 付飞,董靓. 基于生态廊道原理的城市河流景观空间分析[J]. 中国园林, 2012, 28(9):57-69.  
FU Fei, DONG Liang. Spatial analysis of urban river landscape based on ecological corridor principle[J]. Chinese Garden, 2012, 28(9):57-69.
- [11] 汤学虎. 河流廊道生态修复的工程技术原理和应用——以中法武汉生态城高罗河生态廊道为例[J]. 中外建筑, 2018(8):181-184.  
TANG Xuehu. Principle and application of engineering technology for ecological restoration of river corridors: Taking Gaoluo River ecological corridor in Wuhan Eco-city of China and France as an example[J]. Chinese and Foreign Buildings, 2018(8):181-184.
- [12] 杨楠. 基于生态修复的河流廊道规划研究与实践[A]//2018城市发展与规划论文集. 苏州:北京邦蒂会务有限公司, 2018:10.
- YANG Nan. Research and practice of river corridor planning based on ecological restoration[A]//Collection of papers on urban development and planning in 2018. Suzhou: Beijing Bangdi Conference Services Co., Ltd., 2018:10.
- [13] 徐静. 基于生态修复视角的中水补给性城市河道景观设计研究[D]. 武汉:华中科技大学, 2018.  
XU Jing. Landscape design of rechargeable urban rivers based on ecological restoration perspective[D]. Wuhan: Huazhong University of Science and Technology, 2018.
- [14] 田静. 城市湿地公园的水景营造研究[D]. 西安:西安建筑科技大学, 2015.  
TIAN Jing. Study on the waterscape construction of urban wetland park[D]. Xi'an: Xi'an Univ. of Arch. & Tech., 2015.
- [15] 张龙. 城市河道生态景观改造研究[D]. 昆明:西南林业大学, 2015.  
ZANG Long. Study on the ecological landscape reconstruction of urban rivers[D]. Kunming: Southwest Forestry University, 2015.

(编辑 沈波)

(上接第593页)

- [15] FRONTCZAK M, ANDERSEN R V, WARGOCKI P. Questionnaire survey on factors influencing comfort with indoor environmental quality in Danish housing[J]. Building and Environment, 2012, 50:56-64.
- [16] ASH RAE. Interactions affecting the achievement of acceptable indoor environments[s]. Atlanta, Georgia: ASHRAE Guideline, 2010.
- [17] FRONTCZAK M, WARGOCKI P. Literature survey on how different factors influence human comfort in indoor environments[J]. Building and Environment, 2011, 46(4):922-37.
- [18] WONG LT, MUI KW, HUIP S. A multivariate-logistic model for acceptance of indoor environmental quality (IEQ) in offices[J]. Building and Environment, 2008, 43(1):1-6.
- [19] MIHAI T, IORDACHE V. Determining the indoor environment quality for an educational building[J]. Energy Procedia, 2016, 85:566-574.
- [20] LAI A C K, MUI K W, WONG L T, et al. An evaluation model for indoor environmental quality (IEQ) acceptance in residential buildings[J]. Energy and Buildings, 2009, 41(9):930-936.
- [21] 丁彦,周士园,杭咏新. 冬季高校图书馆室内环境舒适度与建筑综合征的相关性[J]. 中国学校卫生, 2016, 37(1):104-107.  
DING Yan, ZHOU Shiyuan, HANG Yongxin. Investigation of the correlation of university library indoor comfort degree and sick building syndrome in winter[J]. Chinese Journal of School Health, 2016, 37(1):104-107.
- [22] 李武涛,赵安军. 基于多指标的教室室内环境状况分析的评估模型研究[J]. 资源信息与工程, 2018, 232(4):163-165.  
LI Wutao, ZHAO Anjun. Research on evaluation model of classroom indoor environment condition analysis based on multiple indicators[J]. Resource Information and Engineering, 2018, 232(4):163-165.
- [23] Macpherson. The assessment of the thermal environment[J]. British Journal of Industrial Medicine, 1962, 27(10):19.
- [24] WANG R L, CHEN C P. Field study on behaviors and adaptation of elderly people and their thermal comfort requirements in residential environments[J]. Indoor Air, 2010, 20(3):235-245.
- [25] HUMPHREYS M A. Quantifying occupant comfort: are combined indices of the indoor environment practicable[J]. Building Research & Information, 2005, 33(4):317-325.
- [26] 王世强. 低频噪声对老年人健康的影响[J]. 黑龙江科技信息, 2007(1):189.  
WANG Shiqiang. Effect of low-frequency noise on the health of the elders[J]. Heilongjiang Science and Technology Information, 2007(1):189.

(编辑 沈波)