

基于 BIM 技术和 BP 神经网络的成都理工大学图书馆天然采光研究

蒋佳欣¹ 王博² 王猛³ 蔡宋刚⁴ 倪婷¹ 教仪斌¹ 刘燕⁵

(1. 成都理工大学 环境与土木工程学院, 成都 610059;

2. 成都理工大学 网络安全学院, 成都 610059;

3. 成都理工大学 旅游与城乡规划学院, 成都 610059;

4. 成都理工大学 材料与化学化工学院, 成都 610059;

5. 电子科技大学 公共管理学院, 成都 610054)

【摘要】天然光营造的光环境以经济、自然、宜人、不可替代等特性为人们所习惯和喜爱。天然采光不仅有利于照明节能,而且有利于增加室内外的自然信息交流,改善空间卫生环境,调节空间使用者的心情。在建筑中充分利用天然光,对于创造良好光环境、节约能源、保护环境和构建绿色建筑具有重要意义。因此,优化建筑采光设计是很有必要的。本文提出了一个基于 BIM 技术和 BP 神经网络的建筑物天然采光分析思路,以成都理工大学图书馆为例,利用 Revit 软件建立三维可视化模型,生成 gbXML 格式的建筑物信息文件,再将 gbXML 文件导入 Ecotect 软件,在 Ecotect 软件内对图书馆的室内光环境进行模拟分析,计算自然采光系数,并定量分析窗台高度、玻璃透光率和墙体材料光反射率对室内光环境的影响。最后借助 Weka 软件,建立基于 BP 算法的神经网络模型,得到可预测在最优采光系数下变量变化范围的 BP 神经网络模型。

【关键词】BIM 技术;自然采光系数;神经网络;BP 算法;成都理工大学图书馆

【中图分类号】TU17 **【文献标识码】**A

【版权声明】本文被《土木建筑工程信息技术》、中国知网重要会议论文全文数据库(CPCD)收录上网,未经授权严禁登载。

前言

建筑信息模型(BIM)技术的迅速发展在建筑设计阶段影响很大。BIM 软件与专业建筑性能分析软件兼容性高,可通过将 BIM 模型导入建筑性能分析软件 Ecotect,采用交互式分析方法,调整设计参数,定量计算自然采光系数,定性分析建筑室内采光效果。目前,我国对采光分析的主要研究集中在用 Revit 搭建 BIM 模型并导入 Ecotect,通过对材质、光源、照明控制形成建筑节能分析模型,对不同设计方案效果预测,从而帮助评估光环境。其中,徐莉

等人以三星级绿色建筑项目为例,简化建筑设计施工图纸,建立模型模拟,使用光环境分析模块模拟计算并分析主要使用空间满足《建筑采光设计标准》的百分比,判断是否达到国家标准^[1]。孙敬采用实地调研、仪器测试、Ecotect 数值模拟、统计分析等方法,通过计算采光系数以及 Ecotect 模拟分析室内光环境,凭借数据的对比分析来了解不同室内材料、采光形式对室内光环境的影响^[2]。

然而,大部分的研究是通过大量时间计算采光系数,观察采光系数的变化从而分析光环境变化趋势,并不能高效地预测最优采光系数^[3,4]。Dabe 和

【基金项目】成都理工大学深化创新创业教育改革试点项目、成都理工大学地方本科高校大学生创新创业教育研究基地建设项目(编号:YJ2017-JD002);四川省哲学社会科学重点研究基地区域公共管理信息化研究中心项目(编号:QGXH17-08);成华区科技计划创新发展战略研究计划项目(编号:CHJK[2017]119)

【作者简介】蒋佳欣(1998-),女,在读本科生,主要研究方向:BIM 技术与绿色建筑;倪婷(1988-),女,讲师,博士,主要研究方向:管理决策、BIM 应用。

Dongre 利用 Ecotect 2011 软件的 Daysim、辐亮度分析工具和温度分布工具,利用动态模拟的方法,通过有效日照照度、日光自主性、热舒适时间和地毯面积窗比的比较分析,对选定参数进行评估,进而评估住宅单元类型设计中最关键的居住面积,从而预测日光和热舒适性^[5]。这一研究肯定了采光水平预测的重要性。本文以成都理工大学新图书馆作为研究对象,针对建筑设计阶段,考虑窗台高度、玻璃透光率和墙体材料光反射率对采光系数的影响,通过建立 BP 神经网络模型,对图书馆室内自然采光系数进行预测,并给出在最优采光系数下窗台高度、玻璃透光率和墙体材料光反射率变化范围,对优化设计方案有着十分重要的意义。

1 研究方法

1.1 BIM 技术

BIM 技术将真实的、完整的建筑信息集成到参数化三维模型中,其信息完备性、协调性、可视化,能很好应用在项目决策、设计、施工、运维的全寿命周期中,尤其在建筑设计阶段,在进行绿色建筑设计和评价过程中,传统的设计方法及绿色评价工作量大,计算繁琐,过程复杂,误差较大,很难适应和满足绿色建筑的大规模发展,而 BIM 技术的应用正好解决了绿色建筑设计中出现的问题^[6]。借助相应的 BIM 应用软件,创建简单的 BIM 模型,建筑师可根据模拟分析结果,对建筑设计进行优化调整,并且应用 BIM 技术进行分析计算可帮助减少设计变更的影响。BIM 技术的主流建模软件 Revit 与有关建筑节能分析软件兼容性高。采用 Revit 建立的绿建模型,可以通过 IFC 标准,或者 gbXML 标准文件导入到 Ecotect 软件中,来对绿建能耗进行分析;还可以对绿建的朝向、围护结构的开窗设置(如开窗位置和窗墙比)、声、光、热、风速、湿度、空气质量等方面进行分析^[7-8]。Revit 还可通过导出 DXF、gbXML、FBX 等多种格式的文件,以交互式形式,将真实有效的 BIM 数据及丰富的构建信息导入绿色建筑分析软件,通过可视化模拟分析计算,可得到热环境、光环境、声环境、风环境、日照等分析模型,定量计算相关系数。

Autodesk Ecotect Analysis 软件是一款功能全面的可持续设计及分析工具,是能够充分利用建筑信息模型有效提升建筑节能设计效率的模拟分析软

件,对建筑的各项性能的需求进行了模拟和综合考虑,其中便包括自然光和人工光的采光和日照等方面的研究分析,最后还能够对分析结果进行可视化表达,以此代替了以往繁琐的测试步骤。Sher 等基于当地的气候数据,采用 Ecotect 分析计算了建筑的日照因子和能源需求,对建筑物有无中庭的采光环境进行了比较,以评价建筑的整体节能效果^[9]。本文利用 Ecotect 设计软件,对项目阅览区域光环境进行了分析研究。首先将从 Revit 软件导出的绿色建筑可扩展标记语言(gbXML)格式的建筑模型信息文件导入 Ecotect 软件,建立对阅览区采光有影响的门和窗,再通过对项目的地理位置、气象数据、光照方向和光照时间进行设置,以及窗台高度、玻璃透光率和墙体材料光反射率变化的工况设置,最后完成自然采光系数的计算。

1.2 多层感知机及误差逆传播算法

多层感知机(MLP),也叫前馈神经网络,后文简称为神经网络模型。模型通常由一个输入层、一个或多个隐层和一个输出层构成^[10]。图 1 给出了一个全连接的神经网络模型。其中有向线为每个实例通过网络时的流动方向,对于神经网络模型,数据只会从输入节点通过隐层节点流动到达输出节点,没有周期或循环。

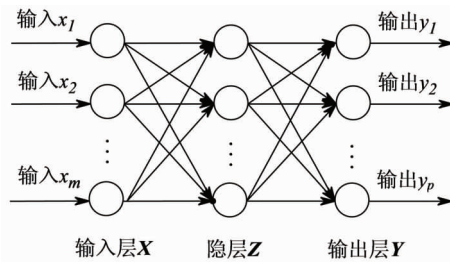


图 1 全连接的神经网络模型

神经网络模型可以用(1)表达式描述。式中,输入层 $X = (x_1, x_2, \dots, x_i, \dots, x_m)$, 隐层 $Z = (z_1, z_2, \dots, z_j, \dots, z_n)$, 输出层 $Y = (y_1, y_2, \dots, y_k, \dots, y_p)$; w_{ij} 和 w_{jk} 为权重,输入层第 i 个神经元与隐层第 j 个神经元之间的权重用 w_{ij} 表示,隐层第 j 个神经元与输出层第 k 个神经元之间的权重用 w_{jk} 表示, f 为激励函数, b_j 和 b_k 为偏置^[11]。

$$\begin{cases} z_j = f(\sum_{i=1}^m w_{ij}x_i + b_j) \\ y_k = f(\sum_{j=1}^n w_{jk}z_j + b_k) \end{cases} \quad (1)$$

本文采用的激励函数为(2)表达式。神经网络模型包括许多权重和偏置,故需要算法来调整这些权重,本文在该模型的基础下使用误差逆传播算法(BP)来训练神经网络。误差逆传播算法由信号的正向传播和误差的反向传播两个过程构成。在正向传播过程中,根据输入向量 $X^{[12]}$, 权重向量 W 和偏置向量 b , 计算最终输出值以及输出值与实际值之间的损失值,如果损失值不在给定的范围内则进行反向传播的过程,否则停止 W, b 的更新。在反向传播过程中,将输出值以某种形式通过隐层向输入层逐层反传,并将误差分摊给各层的所有单元,从而获得各层单元的误差信号,此误差信号即作为修正各单元权值的依据^[13]。权值和偏置不断调整的过程,就是网络训练的学习和训练过程,经过信号正向传播与误差反向传播,权值和偏置的调整反复进行,终止条件可以是网络收敛到最小的错误值,可以是一个训练时间标准,也可以是最大迭代次数^[14]。

$$\text{Sigmoid}(x) = \frac{1}{1 + e^{-x}} \quad (2)$$

1.3 采光分析流程

Revit 与 Ecotect 之间的数据交换是不完全双向的,即 Revit 模型信息可以进入 Ecotect 中模拟分析,但 Ecotect 只能誊抄数据或者通过 DXF 格式文件到 Revit 里作为参考^[15]。本文借助 BIM 技术建立三维可视化的图书馆土建模型,并导出绿色建筑可扩展标记语言格式的建筑模型信息文件,通过 Ecotect 计算自然采光系数,进行建筑室内自然采光分析,再将得到的数据整理,然后将数据导入模型进行训练和测试,从而建立可预测最优采光系数下变量变化范围的 BP 神经网络模型。分析流程如图 2 所示。

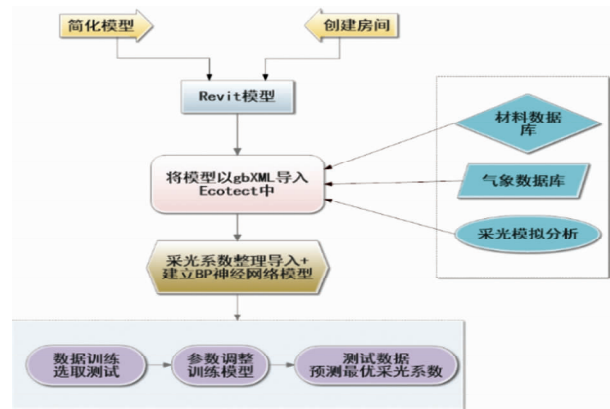


图2 采光分析过程

2 模型建立和环境设置

2.1 研究对象

成都理工大学新图书馆位于四川省成都市成华区二仙桥东三路1号,建筑总面积41407.29m²,建筑总高度24.9m,为地下一层、地上五层的框架结构。地下部分为书库和设备机房,地上一层到五层为书库、阅览室、休闲区和办公用房。项目所在地成都市是夏热冬冷气候区,属于亚热带季风性湿润气候。项目所在方位为北纬30°67',东经30°46'。根据《建筑采光设计标准》(GB/T50033)中划分的五类光气候区可知,成都市属于第V类光气候区,室外天然光临界照度值为4500lux,相对应的光气候系数应取1.20。

本文的主要研究对象为图书馆的阅览区,是在所有图书馆项目中对采光要求最高的功能区域之一,因此为满足读者在阅览区阅览所需要的光照强度,需要有合理的材质选择、空间划分以及窗墙比。根据规范《图书馆建筑设计规范》以及《建筑采光设计标准》可得到所有图书馆建筑通性,即阅览区采光等级属于Ⅲ级,采光系数标准值不低于3%,受到的天然光照度标准值不低于450lux,并且在立面上的窗墙比不低于1/5。

2.2 模型建立

在 Revit 软件中,新建项目后首先绘制新图书馆轴网标高,接着插入链接 CAD 图纸。按照 Revit 建模方法,绘制五层外墙、内墙、各层楼板以及五层顶天窗部分。其中,绘制墙体时要注意墙体与墙体之间的连接处处理,墙体高度要附着到楼板;处理中庭部分时,利用竖井洞口命令,按 CAD 平面图中庭部分形状剪切1-5层楼板,形成中空的中庭;处理图书馆大厅中空部分时,利用竖井洞口命令,按 CAD 平面图大厅尺寸形状,剪切1-5层楼板。模型建立如图3。

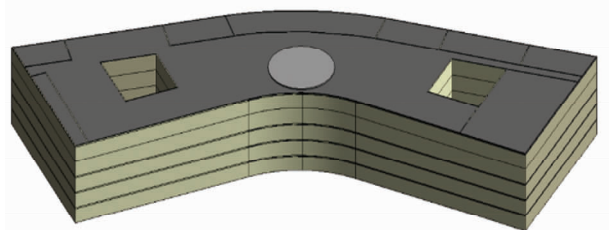


图3 成都理工大学新图书馆简化模型

2.3 模型处理

本文是通过 gbXML 格式进行 Revit 与 Ecotect 间的数据交换,必须对 Revit 模型进行一定的处理。由于 gbXML 格式的模型通过 Revit 中的“房间”来识别,因此在 Revit 中通过创建房间分割线来分隔“房间”。并且将“房间”的水平方向与垂直方向的空间根据实际模型的尺寸与空间来进行调整,使其充满整个模型,便可导出与 Revit 相同的模型,如图 4 所示。

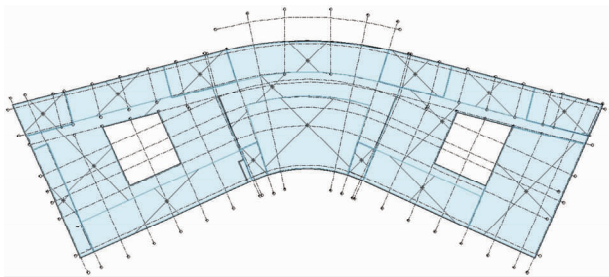


图 4 创建“房间”

模型处理完成后,在 Revit 中用“导出”-“gbXML”命令,左边是三维查看器,右边可以输入一些建筑的基本信息以及一些设置,如图 5 所示。

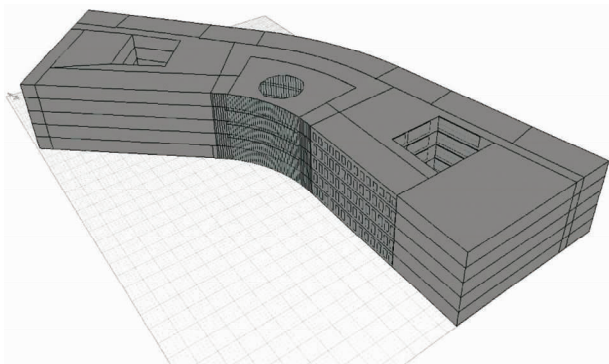


图 5 gbXML 模型的形状以及导出

考虑到 gbXML 格式的文件模型在 Ecotect 中无法较好地识别玻璃材质窗户、幕墙,因此在将 gbXML 格式文件导入 Ecotect 后,根据新图书馆 CAD 建筑图纸中的窗户、幕墙形状、位置来进行创建,如图 6 所示。

2.4 环境设置

模拟计算的图书馆阅览区 B 区内的各个表面和构件的反射率或透射率根据《建筑采光设计标准》、《住宅装饰装修工程施工规范》、《图书馆建筑规范》以及《玻璃建筑应用技术规程》所要求的范围

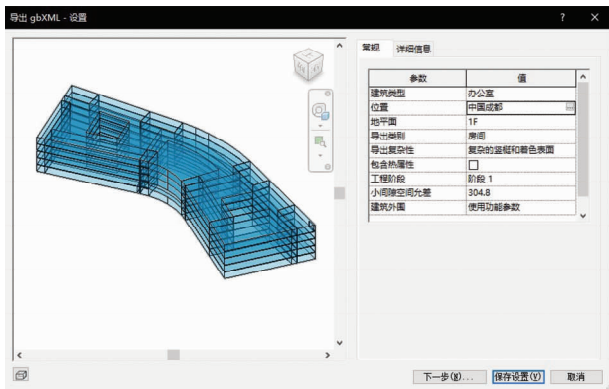


图 6 Ecotect 中创建玻璃窗户、幕墙

内设置的,阅览区窗户的玻璃透光率选择 0.2、0.3、0.4、0.5、0.6,墙体材料光反射率选择 0.502、0.604、0.702、0.804,窗台的高度选择 0.900m、1.000m、1.100m、1.200m、1.300m。

成都市属于第 V 类光气候区,室外天然光临界照度 4 000lux。Ecotect 采光模拟采用了 CIE 全阴天模式,将冬至日 12 月 22 日上午 9 点作为模拟时间,所模拟分析网格的工作面高为每层阅览区楼板上 0.750m 处,并在分析网格上每 1.0m 设置一个计算网格,网格个数为 35 × 9 个,分别为开间 35 个计算点和进深方向 9 个计算点,所有的计算点形成了计算网格。以此来分别模拟计算不同工况下图书馆阅览区 B 区的自然采光系数随着窗台高度、玻璃透光率以及墙体材料光反射率变化的分布情况,再将分析网格中的所有计算网格的采光系数平均值作为该工况下的数值,并对这些采光系数值进行数据处理,并进行对比分析。

3 工况设置及数据整理

3.1 工况设置

本文主要研究外窗玻璃材料、外窗位置、内墙体材料对室内光环境的影响。工况设置上面,设置变量 1 为窗台高度,取高度分别为 0.900m、1.000m、1.100m、1.200m、1.300m 的五组变量;设置变量 2 为玻璃透光率,取透光率分别为 0.2、0.3、0.4、0.5、0.6 的五组变量;设置变量 3 为墙体材料光反射率,取光反射率分别为 0.502、0.604、0.702、0.804 的四组变量。以采光系数作为因变量,研究三个变量多因素对图书馆室内阅览区采光情况影响,故对单层而言,设置 5 × 5 × 4 = 100 组变量,分别设置这 100

组工况,计算不同工况条件下的采光系数。本文以新图书馆地上五层楼为研究对象,故 100 组工况应分别设置分析网格高度为 0.750m、5.250m、9.750m、14.250m、18.750m,共得到 500 组数据。Ecotect 软件内计算如图 7、图 8。

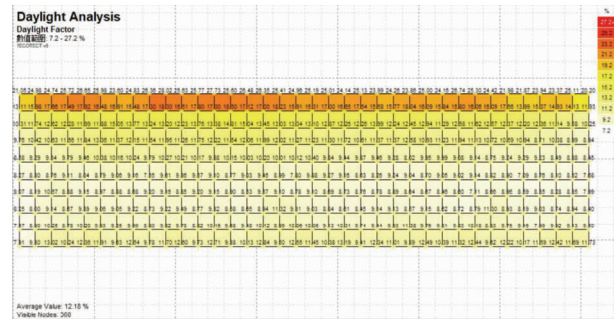


图 7 工况 (0.9-0.2-0.604) 下第 3 层楼计算情况

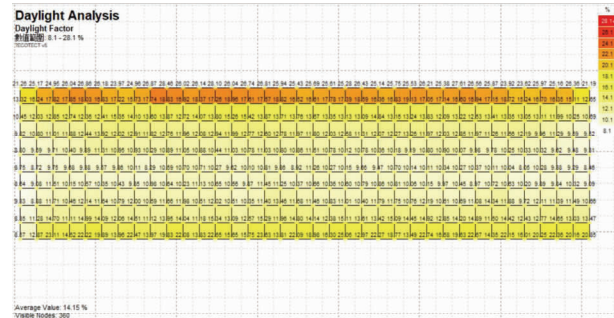


图 8 工况 (0.9-0.6-0.604) 下第 3 层计算情况

3.2 数据整理

将所得 500 组采光系数整理,形成表格,为导入算法模型做准备。挑选部分数据如表 1 所示。

4 神经网络模型的运用

4.1 数据选取与训练

文中基于 Ecotect 软件对图书馆阅览区 B 区进行相关数据计算,得出窗台高度、玻璃透光率和墙体材料光反射率三个因素在一定变化范围内的采光系数,每层楼有 100 组数据,共 5 层楼,总计 500 组。以第一层为例,用于训练的数据有 90 组,用于测试的数据有 10 组。文中实现算法的软件为 Weka。在该软件中使用 BP 算法时可以直接对数据进行归一化处理,故原数据可以直接使用,部分训练数据如表 2 所示。

在神经网络模型中,输入层由窗台高度、玻璃透光率和墙体材料光反射率三个节点构成,输出层

表 1 采光系数计算的部分数据

层数	窗台高度 (m)	玻璃透光率	墙体材料光反射率	采光系数 (%)
1	0.9	0.6	0.502	12.410
1	0.9	0.6	0.604	15.280
1	0.9	0.6	0.702	18.630
1	0.9	0.6	0.804	23.150
—	—	—	—	—
2	0.9	0.6	0.502	11.560
2	0.9	0.6	0.604	14.120
2	0.9	0.6	0.702	17.100
2	0.9	0.6	0.804	21.090
—	—	—	—	—
3	0.9	0.6	0.502	11.600
3	0.9	0.6	0.604	14.150
3	0.9	0.6	0.702	17.110
3	0.9	0.6	0.804	21.080
—	—	—	—	—
4	0.9	0.6	0.502	11.710
4	0.9	0.6	0.604	14.240
4	0.9	0.6	0.702	17.200
4	0.9	0.6	0.804	21.180
—	—	—	—	—
5	0.9	0.6	0.502	12.130
5	0.9	0.6	0.604	14.940
5	0.9	0.6	0.702	18.270
5	0.9	0.6	0.804	22.820

表 2 图书馆第一层部分训练数据

窗台高度 (m)	玻璃透光率	墙体材料光反射率	采光系数 (%)
0.9	0.2	0.502	10.560
0.9	0.2	0.604	13.400
—	—	—	—
1.0	0.3	0.702	17.220
1.0	0.3	0.804	21.730
—	—	—	—
1.1	0.4	0.604	14.330
1.1	0.4	0.702	17.680
—	—	—	—
1.1	0.5	0.702	18.160
1.1	0.5	0.804	22.690
—	—	—	—
1.2	0.6	0.502	12.390
1.2	0.6	0.604	15.250

为一个节点,即采光系数。在训练过程中需要确定隐层的个数、节点数、学习率和动量,因此,需要对

这些参数进行优化。优化的通常标准是均方根误差 rms 低于 0.10 或是训练达到一定总周期数。通过不断的学习和训练,每层选取的隐层个数、节点数、学习率和动量如表 3,训练次数均为 10 000 次。

表 3 训练参数

层数	隐层	隐层节点	学习率	动量	rms
1	2	6, 4	0.5	0.1	0.0924
2	2	8, 7	0.2	0.1	0.1114
3	2	9, 4	0.5	0.4	0.1078
4	2	10, 3	0.3	0.1	0.1239
5	3	5, 4, 2	0.3	0.2	0.0942

第一层使用的神经网络的拓扑结构如图 9 所示。

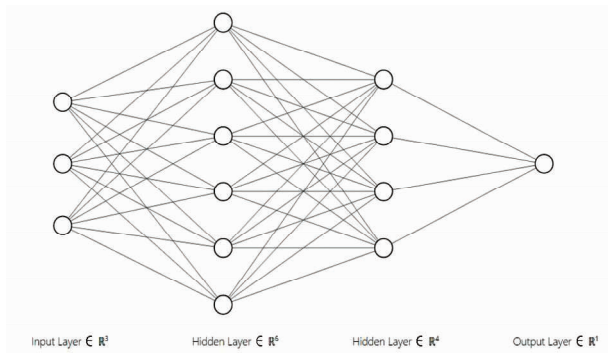


图 9 第一层楼的神经网络拓扑结构

4.2 数据测试和预测

每一层有 10 组数据用于测试,用这些数据对模型进行检验,与目标结果的误差较小,可以认为训练的神经网络模型通过测试,各层的测试结果见表 4 和图 10 所示。

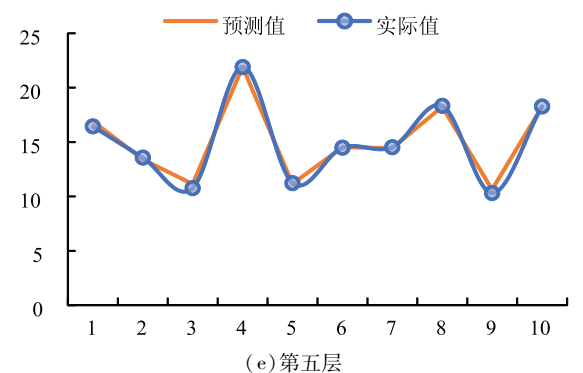
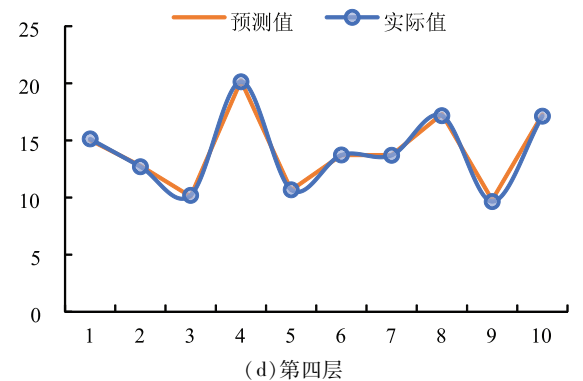
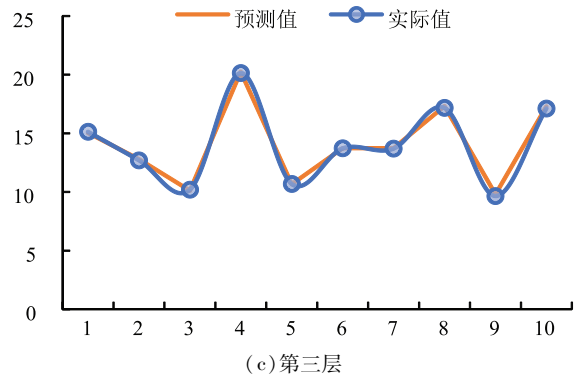
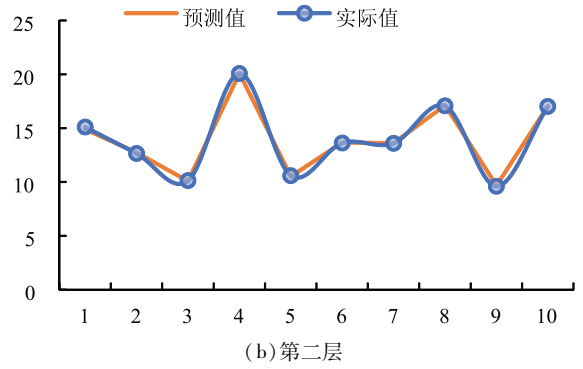
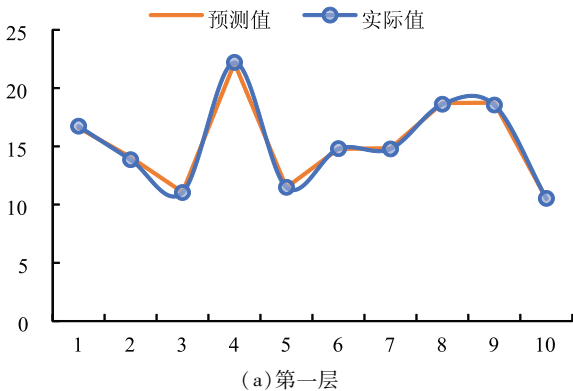


图 10 第一至五层测试结果

模型建立的目的是为了确定一个最优的采光系数,并在最优的采光系数下,给出窗台高度、玻

表 4 第一至五层测试结果

分层	样本	实际值	预测值	误差	分层	样本	实际值	预测值	误差
第一层	1	16.730	15.996	-0.734	第二层	1	15.110	14.902	-0.208
	2	13.860	13.984	0.124		2	12.650	12.747	0.097
	3	11.030	10.878	-0.152		3	10.130	10.09	-0.040
	4	22.210	22.150	-0.060		4	20.090	20.108	0.018
	5	11.480	11.448	-0.032		5	10.600	10.526	-0.074
	6	14.800	14.888	0.088		6	13.630	13.674	0.044
	7	14.780	14.825	0.045		7	13.600	13.619	0.019
	8	18.620	18.665	0.045		8	17.080	17.142	0.062
	9	10.530	10.632	0.102		9	9.610	9.673	0.063
	10	18.550	18.846	0.296		10	17.030	17.068	0.038
第三层	1	15.110	15.194	0.084	第四层	1	15.140	15.036	-0.104
	2	12.670	12.752	0.082		2	12.710	12.798	0.088
	3	10.150	10.082	-0.068		3	10.200	10.112	-0.088
	4	20.080	20.177	0.097		4	20.150	20.248	0.098
	5	10.630	10.573	-0.057		5	10.690	10.663	-0.027
	6	13.650	13.709	0.059		6	13.730	13.728	-0.002
	7	13.630	13.626	-0.004		7	13.710	13.727	0.017
	8	17.090	16.949	-0.141		8	17.180	17.322	0.142
	9	9.580	9.714	0.134		9	9.660	9.800	0.140
	10	17.040	16.873	-0.167		10	17.130	17.287	0.157
第五层	1	16.450	16.917	0.467	第五层	6	14.490	14.532	0.042
	2	13.580	13.425	-0.155		7	14.540	14.456	-0.084
	3	10.770	11.147	0.377		8	18.340	18.256	-0.084
	4	21.910	21.929	0.019		9	10.320	10.637	0.317
	5	11.230	11.167	-0.063		10	18.290	18.261	-0.029

璃透光率和墙体材料光反射率的范围。首先通过对 5 层的所有数据进行分析,其采光系数在最大的情况下,只有窗台高度在变化,而玻璃透光率和墙体材料光反射率是固定的,都是 0.6 和 0.804,因此,在进行数据预测是可以将这两个变量固定,从而变化墙体高度。于是让墙体高度从 0.900m 开始递增,增量为 0.001m,增加至 1.300m,共计 401 组数据,然后将数据导入每层楼建立的神经网络模型进行预测。表 5 给出在每层楼在采光系数最大下的各变量的范围。

在采光系数最大的情况下,玻璃透光率和墙体材料光反射率都是固定的,仅墙体高度有变化。预测结果显示:在最优采光系数下各层玻璃透光率固定为 0.6,墙体材料光反射率固定为 0.804,一层中,窗台高度变化范围为 0.982 ~ 1.003m; 二层中,窗台高度变化范围为 1.156 ~ 1.172m; 三层中,窗台高度变化范围为 1.048 ~ 1.049m; 四层中,窗台高

表 5 各层在最优采光系数下窗台高度、玻璃材质和墙体材料的变化范围

层数	窗台高度 (m)	玻璃透光率	墙体材料光反射率	采光系数 (%)
1	0.982 ~ 1.003	0.6	0.804	23.193
2	1.156 ~ 1.172	0.6	0.804	21.134
3	1.048 ~ 1.049	0.6	0.804	21.088
4	1.174 ~ 1.185	0.6	0.804	21.235
5	1.119 ~ 1.124	0.6	0.804	22.869

度变化范围为 1.174 ~ 1.185m; 五层中,窗台高度变化范围为 1.119 ~ 1.124m。

从预测的数据来看,预测的每一层的最优采光系数与原始数据中的几乎一致,说明神经网络模型对这种关系的预测能力比较出色。采光系数与窗台高度、玻璃透光率以及墙体材料光反射率三者的关系是非线性的,而影响采光系数的最大因素是窗台高度,综合五层楼的数据,要使采光系数最优,窗

台高度应在 0.900 ~ 1.200m 之间,玻璃材质取 0.6,墙体材料取 0.804。

在使用 Ecotect 软件计算采光系数的时候,每组数据计算的时间大致为 6-8 分钟,而神经网络模型只需要少量的数据进行学习训练就可以有较强的预测能力,其预测结果与真实结果误差极小,完全可以作为参考,并且在 10s 内就可以计算出预测的 401 组数据的采光系数。故在图书馆的建筑设计过程中可以采取这种方式来确定窗台高度、玻璃透光率和墙体材料光反射率,从而获得一个较优的采光系数。

5 结论

本文借助 BIM 技术主流建模软件 Revit,进行成都理工大学新图书馆模型建立,并导出 gbXML 格式文件,将 gbXML 格式文件导入可持续建筑设计及分析工具 Ecotect 软件,选取窗台高度、玻璃透光率和墙体材料光反射率为变量,建立工况,利用 Ecotect 软件对图书馆一至五层楼阅览区 B 区进行的采光和照明分析,得到 500 组自然采光系数数值,将数据分为训练集和测试集,对于五层楼分别建立了基于 BP 算法的神经网络模型,进行不断学习训练,成功训练后的模型在训练集和测试集都表现出出色的性能,然后将模型用来进行采光系数的预测,可以算出各层的最优采光系数,并给出在该系数下各变量的变化范围。

通过神经网络模型的预测,给出了各层在最优采光系数下窗台高度、玻璃透光率和墙体材料光反射率的变化范围。综合五层楼的数据,要使采光系数最优,窗台高度应在 0.900 ~ 1.200m 之间,玻璃透光率取 0.6,墙体材料光反射率取 0.804。

在成都理工大学新图书馆例子中,通过对建筑采光定量分析,建立基于 BP 算法的可预测最优采光系数的神经网络模型,不仅帮助评估建筑设计是否达到标准,而且可以确定可使建筑采光系数最优的窗台高度、玻璃透光率和墙体材料光反射率工况设置。天然采光是建筑节能的重要研究方向,引进太阳光进行室内照明可降低建筑照明能耗,而拥有良好自然采光的建筑不仅可以节约能源,还有利于对建筑内部各功能区域以及人工采光布置的优化设计和节能设计。本文可为建筑设计提供思路和方法,建立的可预测最优采光系数的神经网络模型

能够得到较为准确的采光系数预测数值,并给出在最优采光系数下窗台高度、玻璃透光率和墙体材料光反射率变化范围,从而使建筑设计师在设计阶段能够进一步提高建筑性能,优化建筑设计方案。

参考文献

- [1] 徐莉,朱少君. BIM 技术在绿色建筑中的应用[J]. 住宅科技, 2018, (8): 22-27.
- [2] 孙敬. 基于 Ecotect 模拟分析的校园建筑室内光环境研究[J]. 河北工程大学学报(自然科学版), 2015, (3): 78-82.
- [3] 哈维·伯恩斯坦, 斯蒂芬·琼斯, 迈克尔·罗素. 绿色 BIM 如何助力绿色设计和建造[J]. 土木建筑工程信息技术, 2015, 7(2): 20-36.
- [4] 吴伟, 梁铭, 彭杰, 等. 室内自然采光 BIM 模拟分析研究概述[J]. 土木建筑工程信息技术, 2016, 8(6): 18-22.
- [5] Dabe, TJ, Dongre, AR. Analysis of performance of the daylight into critical liveable area of "type design" dwelling unit on the basis of daylight metrics for hot and dry climate [J]. INDOOR and BUILT ENVIRONMENT, 2018, (27): 129-142.
- [6] 张智健, 杨莉琼, 李甜. BIM 技术在绿色建筑节能设计中的应用[J]. 建筑节能, 2018, (3): 26-30.
- [7] 张国华, 郭敏, 霍婕, 等. BIM 技术在绿色建筑全生命周期的应用——以北京市某医院建筑为例[J]. 技术与应用, 2015, (4): 82-84.
- [8] 周吾波, 何振宇, 王鹏, 等. 绿色建筑节能技术应用研究——以苏州明鑫环保科技大楼为例[J]. 土木建筑工程信息技术, 2016, 8(5): 90-94.
- [9] Sher, F, Kawai, A, Gulec, F. Sustainable energy saving alternatives in small buildings [J]. SUSTAINABLE ENERGY TECHNOLOGIES and ASSESSMENTS, 2019, (32): 92-99.
- [10] WAQAR T, DEMETGUL M. Thermal analysis MLP neural network-based fault diagnosis on worm gears [J]. Measurement, 2016, 86:56-66. DOI: 10.1016/j.measurement. 2016, 2(24).
- [11] 李艳晴, 修春波, 张欣. 基于卡尔曼滤波的迟滞神经网络风速序列预测[J]. 北京科技大学学报, 2014, (8): 118-124.
- [12] 高阳. 应急成品粮储备库工程造价估算方法研究[D]. 北京邮电大学, 2017.
- [13] 胡志辉. 基于光纤光栅的复合材料结构健康监测研究[D]. 南京航空航天大学, 2014.
- [14] Ferreira, RP; Martiniano, A; Ferreira, A, et al. Study

on Daily Demand Forecasting Orders Using Artificial Neural Network [J]. IEEE LATIN AMERICA TRANSACTIONS, 2016, (14): 129-142.

[15] Autodesk, Inc. Autodesk Ecotect Analysis 绿色建筑分析应用[M]. 北京:电子工业出版社, 2016:17-18.

Study on Natural Lighting Design for CDUT Library Based on BIM and BP Neural Network

Jiang Jiaxin¹, Wang Bo², Wang Meng³, Cai Songgang⁴,
Ni Ting¹, Ao Yibin¹, Liu Yan⁵

(1. *College of Environment and Civil Engineering, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, China;*

2. *College of Network Security, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, China;*

3. *College of Tourism and Urban-Rural Planning, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, China;*

4. *College of Materials and Chemistry & Chemical Engineering, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, China;*

5. *School of Public Affairs and Administration, University of Electric Science and Technology of China, Chengdu 610054, China)*

Abstract: The light environment created by natural light is preferred by public due to its own economic, natural, pleasant and irreplaceable characteristics. Natural lighting is not only conducive to energy conservation of lighting, but also conducive to increasing the exchange of natural information indoor and outdoor, improving the space health environment and regulating the mood of space users. Making full use of the natural light in the building is of great significance for creating a good light environment, saving energy, protecting the environment and building green buildings. Therefore, it is necessary to optimize the lighting design of buildings. This paper puts forward an idea of natural lighting analysis in building based on the BIM technology and the BP neural network. Taking the CDUT library (library of Chengdu University of Technology) as an example, a 3D visualization model is established by using Revit software to generate the building information file in gbXML format. Then, the gbXML file is imported into Ecotect software to simulate and analyze the indoor light environment of the library, to calculate the natural lighting coefficient, and to quantitatively analyze the impact of window height, glass transmittance and wall material light reflectivity on the indoor light environment. At last, with the help of Weka software, the neural network model based on BP algorithm is established, obtaining the BP neural network model which can predict the variation range of variables under the optimal lighting coefficient.

Key Words: BIM Technologies; Daylight Factor; Neural Network; BP Algorithm; CDUT Library