

doi:10.3969/j.issn.1673-9833.2023.03.011

基于 DPSIR 模型的建筑业可持续发展 评价及障碍因素分析 ——以山东省为例

徐鑫昊, 王连月, 刘 雪, 曲荣荣

(青岛理工大学 管理工程学院, 山东 青岛 266520)

摘 要: 为了探究建筑业的可持续发展情况及其障碍因素, 基于 DPSIR 框架, 构建建筑业可持续发展评价指标体系, 采用熵权 TOPSIS 法对 2012—2020 年山东省建筑业可持续发展水平进行评价分析, 并通过障碍度模型对障碍因素进行识别诊断。研究表明, 2012—2020 年山东省建筑业可持续发展水平持续向上发展, 其中状态水平和影响水平 9 a 间连续上涨, 驱动力水平、压力水平、响应水平虽有波动, 但都进入了中等及以上的发展水平。现阶段影响山东省建筑业可持续发展的主要障碍因素为产值利润率、建筑业亏损企业比例、从业人员增长率、从业人员比例和住房保障支出占财政支出比例。

关键词: 建筑业; 可持续发展; DPSIR 模型; 熵权 TOPSIS; 障碍度模型

中图分类号: TU023

文献标志码: A

文章编号: 1673-9833(2023)03-0075-08

引文格式: 徐鑫昊, 王连月, 刘 雪, 等. 基于 DPSIR 的建筑业可持续发展评价及障碍因素分析: 以山东省为例 [J]. 湖南工业大学学报, 2023, 37(3): 75-82.

Evaluation and Obstacle Analysis of Sustainable Development of Construction Industry Based on DPSIR Model: A Case Study of Shandong Province

XU Xinhao, WANG Lianyue, LIU Xue, QU Rongrong

(School of Management Engineering, Qingdao University of Technology, Qingdao Shandong 266520, China)

Abstract: In view of an inquiry into the sustainable development of the construction industry as well as its obstacle factors, an evaluation index system has thus been constructed of the sustainable development of the construction industry based on DPSIR framework. By adopting the entropy weight TOPSIS method, an evaluation and analysis have been made of the sustainable development level of the construction industry in Shandong Province from 2012 to 2020, followed by an identification and diagnosis of the obstacle factors based on the obstacle degree model. The research shows that from 2012 to 2020, the sustainable development level of construction industry in Shandong Province continued to show an upward development trend, with the status level and impact level rising continuously for 9 years. Although there is a fluctuation in the driving force level, pressure level and response level, they all have attained

收稿日期: 2022-07-06

基金项目: 山东省自然科学基金资助项目 (ZR2019PG007)

作者简介: 徐鑫昊 (1997-), 男, 山东淄博人, 青岛理工大学硕士生, 主要研究方向为建筑的可持续发展,

E-mail: 954500336@qq.com

通信作者: 王连月 (1977-), 女, 辽宁葫芦岛人, 青岛理工大学副教授, 硕士生导师, 主要研究方向为建筑企业信息管理, 物流与供应链, 大数据与智能化管理, E-mail: 2541146943@qq.com

at a medium or higher level of development. Currently, the main obstacle factors affecting the sustainable development of the construction industry in Shandong Province are the profit rate of output value, the proportion of loss-making enterprises in the construction industry, the growth rate of employees, the proportion of employees and the percentage of housing security costs in the financial expenditure.

Keywords: construction industry; sustainable development; DPSIR model; entropy-weight TOPSIS; obstacle model

0 引言

2015 年联合国大会上通过的《2030 年可持续发展议程》(以下简称《议程》), 提出了 17 个可持续发展目标^[1]。如今可持续发展已成为时代议题和各行各业的实践要求。我国各项产业中, 建筑业作为高污染、高能耗产业一直制约着社会可持续发展水平, 相关统计数据显示, 建筑业及其相关产业的能源消耗量约占总能源消耗量的 39%, 已成为实现可持续发展需要重点关注的行业^[2]。因此, 如何客观全面地评价建筑业的可持续发展水平, 准确识别其障碍因素, 是今后研究的热点问题。

很多学者对我国建筑业可持续发展水平进行了评价研究, 例如齐宝库等^[3]应用熵值法从潜力、水平、效率、能源消耗和生态环境 5 个方面评价了辽宁省的建筑业可持续发展情况, 并进行了总结与分析; 郑梦莹等^[4]从效益角度构建了评价指标体系, 并应用因子分析法对鄱阳湖周围相关城市的可持续发展水平进行了聚类分析; 王旭等^[5]从发展效率角度, 将指标分为投入型指标和产出型指标, 通过数据包络法对东北三省的建筑业有关数据进行了分析; 张森等^[6]将 TOPSIS (technique for order preference by similarity to an ideal solution) 法和灰色关联分析法相结合, 从发展潜力、发展水平和发展效率 3 个维度对 8 个省份的建筑业可持续发展水平进行了横向分析; 李凯峰等^[7]主要从经济、社会、资源、环境、技术和可持续性 6 个方面, 应用混沌粒子群算法探寻数据最优投影方向对辽宁省的建筑业可持续发展情况进行了评价分析。

综上所述, 学者们在建筑业可持续发展研究方面已经取得了不错的研究成果, 但仍然存在一些不足: 1) 研究多从不同的维度入手, 并没有形成全面统一的研究理论, 具有一定的片面性; 2) 缺乏对建筑业可持续发展指标障碍度的研究, 因而会影响优化对策提出的准确性; 3) 研究区域多集中于东北、南方等地区的省份, 而山东省作为建筑业大省, 以山东省为例更能反映我国建筑业的现状与问题。

因此, 本文拟借助 DPSIR (drive-pressure-state-influence-response) 模型框架, 从推动发展的驱动力、制约发展的压力、发展的状态、发展的影响和促进发展的响应措施 5 个方面, 更加系统全面地构建建筑业可持续发展评价指标体系, 并以山东省为例, 选取山东省 2012—2020 年的建筑业相关数据, 运用熵权 TOPSIS 法评价建筑业的可持续发展水平, 最后通过障碍度模型识别影响可持续发展的障碍因素, 为提高山东省建筑业可持续发展水平提供参考。

1 基于 DPSIR 的建筑业可持续发展评价指标体系构建

为了使建筑业可持续发展评价指标体系更加贴合可持续发展的目标, 本文结合《议程》中的目标要求^[8]和建筑行业特点, 选取了 23 个评价指标, 将评价指标结合 DPSIR 模型框架, 从驱动力、压力、状态、影响和响应 5 个方面构建建筑业可持续发展评价指标体系^[9]。其中驱动力是社会、行业的发展对建筑业可持续性起到的促进作用, 包括产值利润率、城镇居民人均可支配收入、从业人员增长率、建筑业劳动生产率和技术装备率 5 项指标; 压力是自然资源的消耗和企业的不利因素对可持续发展的威胁, 包括能源、钢材、木材、水泥的消耗量和建筑企业资产负债率、建筑业亏损企业比例 6 项指标; 状态是建筑业在社会经济发展过程中的具体体现及其发展态势, 包括建筑业产值占社会总产值比例、从业人员比例、人均竣工面积和年末自有施工机械总功率 4 项指标; 影响是行业持续发展给城市环境以及人们生产生活中带来的积极影响, 包括城镇化率、建筑业人员平均工资、城镇居民人均住房面积和人均园林绿地面积 4 项指标; 响应是政府在资金方面、政策方面对促进建筑业可持续发展做出的积极响应, 包括城乡社区支出占财政支出的比例、住房保障支出占财政支出的比例、新增节能建筑面积和新增绿色建筑面积 4 项指标。具体评价指标体系如表 1 所示。

表1 建筑业可持续发展评价指标

Table 1 Evaluation index of sustainable development of the construction industry

目标层	一级指标层	二级指标层	指标性质
建筑业可持续发展	驱动力 D	产值利润率 D_1	正向
		城镇居民人均可支配收入 D_2	正向
		从业人员增长率 D_3	正向
		建筑业劳动生产率 D_4	正向
		技术装备率 D_5	正向
	压力 P	亿元产值能源消耗量 P_1	负向
		亿元产值钢材消耗量 P_2	负向
		亿元产值木材消耗量 P_3	负向
		亿元产值水泥消耗量 P_4	负向
		建筑企业资产负债率 P_5	负向
		建筑业亏损企业比例 P_6	负向
	状态 S	建筑业产值占社会总产值比例 S_1	正向
		从业人员比例 S_2	正向
		人均竣工面积 S_3	正向
		年末自有施工机械总功率 S_4	正向
	影响 I	城镇化率 I_1	正向
		建筑业人员平均工资 I_2	正向
		城镇居民人均住房面积 I_3	正向
		人均园林绿地面积 I_4	正向
	响应 R	城乡社区支出占财政支出的比例 R_1	正向
		住房保障支出占财政支出的比例 R_2	正向
		新增节能建筑面积 R_3	正向
		新增绿色建筑面积 R_4	正向

2 建筑业可持续发展评价及障碍度模型构建

2.1 熵权 TOPSIS 模型

熵权 TOPSIS 法是对 TOPSIS 方法的改进,首先通过熵权法对指标确权,然后应用指标权重和标准化数据构建 TOPSIS 模型的规范化决策矩阵,计算各评价对象与最优解和最劣解的距离,最后通过与最优解的贴近度来对各评价对象进行优劣排序^[10-12]。

2.1.1 数据处理

本文指标数据具有多种不同的量纲,在权重计算前需要对其进行归一化处理,处理过程如下:

$$\begin{cases} \text{正向指标为 } x_{ij} = \frac{c_{ij} - \min\{c_{ij}\}}{\max\{c_{ij}\} - \min\{c_{ij}\}}, \\ \text{负向指标为 } x_{ij} = \frac{\max\{c_{ij}\} - c_{ij}}{\max\{c_{ij}\} - \min\{c_{ij}\}}. \end{cases} \quad (1)$$

式中: c_{ij} 为第 i 年第 j 项指标的原始数据值; x_{ij} 为经过处理后的数据。对于正向指标, x_{ij} 越大越好;对于负向指标,则 x_{ij} 越小越好。将归一化后的数据构建规范化矩阵 $X = (x_{ij})_{m \times n}$ ($i=1, 2, \dots, n$)。

2.1.2 熵权法确权

1) 计算第 i 个样本下第 j 个指标数据所占的比例,计算式为

$$y_{ij} = x_{ij} / \sum_{j=1}^n x_{ij}. \quad (2)$$

式中 y_{ij} 为第 i 年第 j 个指标数值标准化处理后所占的比例。

2) 计算指标的信息熵,计算式为

$$e_j = - \left(\sum_{i=1}^m y_{ij} \ln y_{ij} \right) / \ln m. \quad (3)$$

式中 e_j 为各指标的信息熵, $j=1, 2, \dots, n$ 。

3) 计算指标权重,计算式为

$$w_j = (1 - e_j) / \sum_{j=1}^n (1 - e_j). \quad (4)$$

式中 w_j 为通过各指标数据信息熵得到的指标权重, $j=1, 2, \dots, n$ 。

2.1.3 TOPSIS 法计算贴近度

1) 构建 TOPSIS 模型决策矩阵,计算式为

$$Z = (z_{ij})_{m \times n}. \quad (5)$$

式中 $z_{ij} = w_j x_{ij}$ 。

2) 确定决策矩阵 Z 中每个指标的最优解 Z^+ 和最劣解 Z^- , 计算式如下:

$$\begin{cases} Z^+ = (Z_1^+, Z_2^+, \dots, Z_n^+), \\ Z^- = (Z_1^-, Z_2^-, \dots, Z_n^-). \end{cases} \quad (6)$$

式中,

$$\begin{cases} Z_j^- = \min_{1 \leq i \leq m} \{z_{ij}\}, \\ Z_j^+ = \max_{1 \leq i \leq m} \{z_{ij}\}, \end{cases} \quad j=1, 2, \dots, n。$$

Z_j^+ 、 Z_j^- 分别为决策矩阵 Z 中第 j 列的最大值和最小值。

3) 计算每个指标到最优解和最劣解的距离 D_i^+ 和 D_i^- , 计算式如下:

$$\begin{cases} D_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (z_{ij} - Z_j^+)^2}, \\ D_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (z_{ij} - Z_j^-)^2}. \end{cases} \quad (7)$$

式中: D_i^+ 为第 i 年的评价方案与最优解的距离, 其值越小, 表示与最优解的距离越近; D_i^- 为第 i 年的评价方案与最劣解的距离, 其值越大, 表示与最劣解的距离越远, 则该评价方案越优质。

4) 计算各评价方案与最优解的相对贴近度 C_i , 计算式为

$$C_i = D_i^- / (D_i^+ + D_i^-), \quad (8)$$

方案中的 C_i 值越大, 表示其与最优解越接近, 则该方案越好。

2.2 障碍度模型

障碍度模型最早被应用于土地资源可持续利用障碍因素分析, 本研究将此模型运用到建筑业可持续发展障碍因素分析上, 以探究在时间序列上影响建筑业可持续发展的因素指标^[13-15]。计算步骤如下:

1) 计算各指标标准化数据的偏离度, 计算式为

$$l_{ij} = 1 - x_{ij}。 \quad (9)$$

2) 应用指标偏离度和熵权法计算出来的信息熵权重计算各指标障碍度, 计算式为

$$O_{ij} = l_{ij} w_j / \sum_{j=1}^n l_{ij} w_j。 \quad (10)$$

3) 计算一级指标层各指标障碍度, 计算式为

$$O_i = \sum_{j=1}^n O_{ij}。 \quad (11)$$

3 实证研究

3.1 背景及数据来源

山东省是传统建筑业大省, 过去建筑业的发展对山东省经济做出了重大的贡献, 同时山东省又是空气污染较为严重的省份^[16], 以山东省为例具有典型性和代表性。因此, 本研究拟基于山东省 2012—2020 年的建筑业相关数据评价山东省建筑业的可持续发展情况。

相关指标数据中, 城乡社区支出占财政支出的比例和住房保障支出占财政支出的比例, 来自山东省财政厅官网, 其他指标数据来自《中国统计年鉴》《中国建筑业统计年鉴》《中国能源统计年鉴》《山东统计年鉴》《山东建设年鉴》。

3.2 模型评价与结果分析

3.2.1 可持续发展评价结果与分析

根据上述计算步骤对指标数据进行归一化处理, 得到规范化矩阵, 再由熵权 TOPSIS 法计算山东省 2012—2020 年的驱动力、压力、状态、影响、响应和综合可持续发展水平的贴近度, 结果如表 2 所示, 其数据波动情况如图 1 所示, 各一级指标评价值变化雷达图如图 2 所示。

从图 1 可以看出, 2012—2020 年山东省建筑业可持续发展水平一直稳步提升, 总体由 2012 年的 0.211 上升到 2020 年的 0.683, 并进入了较高的发展水平。2012 年山东省确立了要以房地产业、建筑业为重点, 大力推动实施产业转型工程的工作目标^[17], 2013 年山东省政府出台了《关于大力推进绿色建筑行动的实施意见》, 提出了“十二五”期间(2011—2015 年)发展绿色建筑的主要目标及重点任务^[18]。此后, 山东省的建筑业可持续发展水平快速提升, 并于 2016 年进入了中层次的发展水平。

表 2 2012—2020 年山东省可持续发展水平评价结果

Table 2 Evaluation results of sustainable development level of Shandong Province from 2012 to 2020

年份	综合评价		驱动力		压力		状态		影响		响应	
	贴近度	水平	贴近度	水平	贴近度	水平	贴近度	水平	贴近度	水平	贴近度	水平
2012	0.211	较低	0.267	较低	0.398	较低	0.118	低	0.107	低	0.079	低
2013	0.311	较低	0.334	较低	0.598	中	0.244	较低	0.254	较低	0.157	低
2014	0.351	较低	0.368	较低	0.630	较高	0.226	较低	0.376	较低	0.371	较低
2015	0.365	较低	0.386	较低	0.543	中	0.239	较低	0.472	中	0.460	中
2016	0.403	中	0.325	较低	0.591	中	0.276	较低	0.644	较高	0.532	中
2017	0.512	中	0.430	中	0.731	较高	0.414	中	0.717	较高	0.697	较高
2018	0.522	中	0.352	较低	0.701	较高	0.494	中	0.756	较高	0.732	较高
2019	0.595	中	0.517	中	0.635	较高	0.609	较高	0.813	高	0.562	中
2020	0.683	较高	0.663	较高	0.573	中	0.775	较高	0.936	高	0.552	中

注: 贴近度 0~0.2 为低水平, 0.2~0.4 为较低水平, 0.4~0.6 为中水平, 0.6~0.8 为较高水平, 0.8~1.0 为高水平。

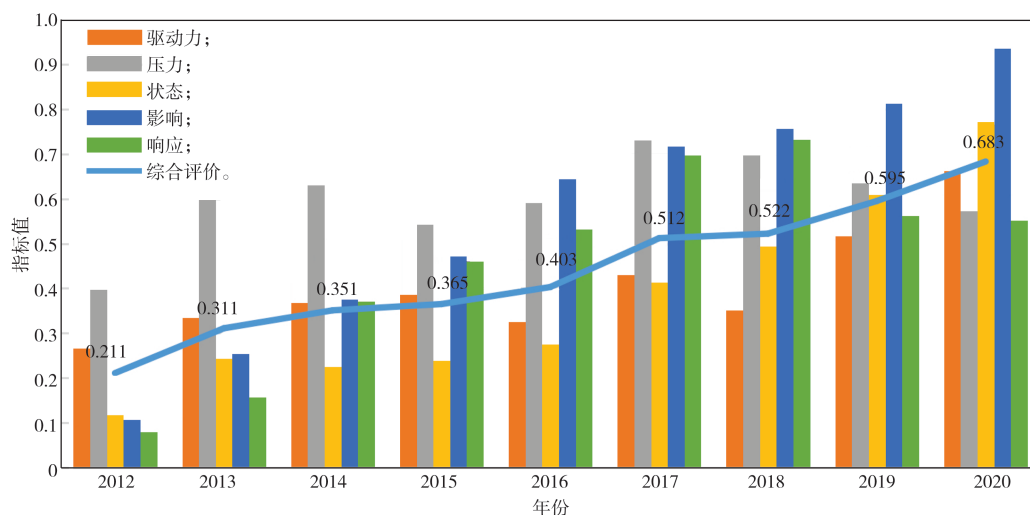


图1 2012—2020年山东省建筑业可持续发展水平波动图

Fig. 1 Fluctuation chart of sustainable development level of the construction industry in Shandong Province from 2012 to 2020

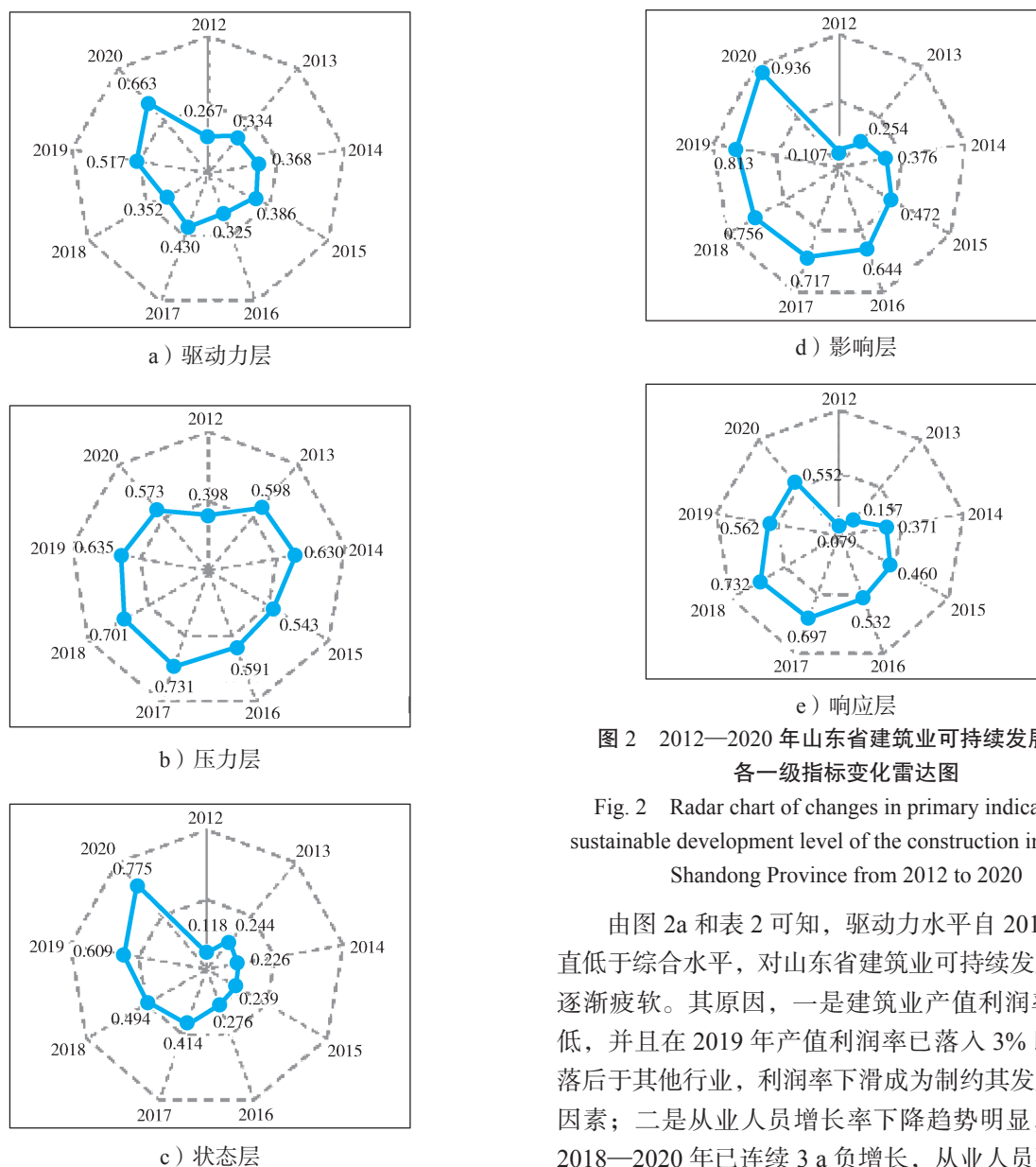


图2 2012—2020年山东省建筑业可持续发展水平各一级指标变化雷达图

Fig. 2 Radar chart of changes in primary indicators of sustainable development level of the construction industry in Shandong Province from 2012 to 2020

由图 2a 和表 2 可知,驱动力水平自 2016 年后一直低于综合水平,对山东省建筑业可持续发展推动力逐渐疲软。其原因,一是建筑业产值利润率持续走低,并且在 2019 年产值利润率已落入 3% 以内,远落后于其他行业,利润率下滑成为制约其发展的重要因素;二是从业人员增长率下降趋势明显,甚至在 2018—2020 年已连续 3 a 负增长,从业人员减少导致

劳动力不足,人工费用增加,进一步压缩行业利润。

由图 2b 和表 2 可知,压力水平在这 9 a 间呈现波动式发展,近几年虽然一直保持在中、较高层级,但贴适度却一直下降,压力水平从 2017 年 0.731 的较高水平下降到 2020 年 0.573 的中水平,原因在于建筑企业资产负债率和亏损比例不断增高,对山东省建筑业的可持续发展产生了明显的消极影响。

由图 2c 和表 2 可知,状态水平从 2012 年 0.118 的低水平一直提升到 2020 年 0.775 的较高水平,体现出建筑业作为国民经济的支柱产业地位依然稳固。

由图 2d 可知,影响水平从 2012 年的 0.107 稳步上升到了 2020 年的 0.936,年均增长率为 31.9%,反映出山东省建筑业的发展给社会经济、人民生活带来的积极作用,有利于建筑业的可持续发展。

由图 2e 可知,响应水平从 2012 年的 0.079 一直稳步上升到 2020 年的 0.552,2013 年山东省出台推进绿色建筑发展的政策后,响应水平显著提高,之后大力推行既有建筑节能改造、被动式超低能耗建筑、绿色建筑等环境友好型建设科技,并在 2017 年达到了较高的发展水平,表明政府采取的一系列促进可持续发展的政策取得了一定效果。

3.2.2 障碍度识别结果与分析

在评价 2012—2020 年山东省建筑业可持续发展水平的基础上,应用障碍度模型计算公式,计算出 2012—2020 年山东省建筑业可持续发展各二级指标的障碍度散点图和一级指标的折线图,分别如图 3 和 4 所示。根据指标障碍度散点图,识别出 2012—2020 年

每一年中排前 5 名的主要障碍因素指标,如表 3 所示。

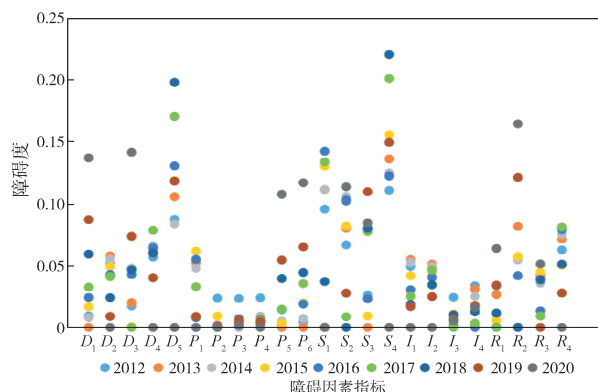


图 3 2012—2020 年山东省建筑业可持续发展各二级指标障碍度散点图

Fig. 3 Scatter diagram of obstacles in secondary indicators of sustainable development of construction industry in Shandong Province from 2012 to 2020

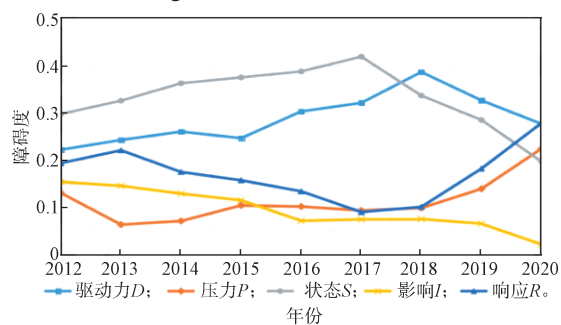


图 4 2012—2020 年山东省建筑业可持续发展各一级指标障碍度折线图

Fig. 4 Broken line chart of obstacles of primary indicators of sustainable development of construction industry in Shandong Province from 2012 to 2020

表 3 2012—2020 年山东省建筑业可持续发展主要障碍因素指标及障碍度

Table 3 Main obstacle factor indicators and obstacle degrees of sustainable development of construction industry in Shandong Province from 2012 to 2020

年份	项目	排 序				
		1	2	3	4	5
2012	障碍因素指标	S_4	S_1	D_5	S_2	R_4
	障碍度	0.110 0	0.095 6	0.087 4	0.066 7	0.062 6
2013	障碍因素指标	S_4	S_1	D_5	R_2	S_2
	障碍度	0.135 6	0.110 8	0.105 0	0.081 7	0.080 0
2014	障碍因素指标	S_4	S_1	S_2	S_5	R_4
	障碍度	0.124 4	0.110 5	0.105 3	0.083 5	0.075 1
2015	障碍因素指标	S_4	S_1	D_5	S_2	D_4
	障碍度	0.155 0	0.129 7	0.118 0	0.081 9	0.062 9
2016	障碍因素指标	S_1	D_5	S_4	S_2	R_4
	障碍度	0.141 6	0.129 9	0.121 6	0.102 2	0.079 2
2017	障碍因素指标	S_4	D_5	S_1	R_4	D_4
	障碍度	0.200 6	0.169 9	0.133 2	0.081 2	0.078 5
2018	障碍因素指标	S_4	D_5	S_3	D_4	D_1
	障碍度	0.220 0	0.197 5	0.080 2	0.060 2	0.059 2
2019	障碍因素指标	S_4	R_2	D_5	S_3	D_1
	障碍度	0.148 9	0.120 5	0.117 5	0.109 0	0.087 1
2020	障碍因素指标	R_2	D_3	D_1	D_6	S_2
	障碍度	0.163 9	0.140 8	0.136 4	0.116 2	0.113 0

从图4所示各一级指标的动态变化趋势可以看出,2012—2020年山东省建筑业可持续发展障碍因素主要经历了3个阶段的发展变化。

第一阶段:2012—2015年。此阶段各一级指标障碍度排名为状态、驱动力、响应、影响、压力依次减小。结合表3可知,在这一阶段 S_1 (建筑业产值占社会总产值比例)、 S_2 (从业人员比例)、 S_4 (年末自由施工机械总功率)、 D_3 (从业人员增长率)、 R_4 (新增绿色建筑面积)指标障碍度排名靠前,是主要障碍因素,说明在这一阶段山东省建筑企业的机械化水平不高,建筑业产值在社会总产值所占比例趋于稳定,绿色建筑发展缓慢。同时,从业人员开始减少,表明山东省亟需通过深化改革措施,恢复行业活力,优化发展环境。

第二阶段:2016—2018年。此阶段驱动力、状态依然是主要的障碍因素,但这一阶段压力因素的障碍度上升并逐渐超过了影响、响应因素,原因在于这几年建筑企业资产负债率增加,企业负担越来越重,已经成为影响建筑业可持续发展的重要因素。为了促进建筑业持续健康发展,2017年山东省政府出台了以贯彻“放管服”为主的6项建筑业改革实施意见^[19]。

第三阶段:2019—2020年。此阶段状态因素的障碍度明显下降,而压力因素、响应因素继续上升,各一级指标障碍度排名由大到小依次为驱动力、压力、响应、状态、影响。 D_1 (产值利润率)、 D_3 (从业人员增长率)、 S_2 (从业人员比例)、 P_6 (建筑业亏损企业比例)已发展成为制约山东省建筑业可持续发展的主要因素,说明山东省建筑业规模经济情况不严重,山东省应加大力度推进建筑工业化,发展装配式建筑技术,提高行业整体创新能力。此外, R_2 (住房保障支出占财政支出的比例)成为新的障碍因素,未来山东省还需加大住房保障支持力度。

4 结语

正确了解建筑业的可持续发展水平以及合理分析阻碍其发展的障碍因素,对进一步促进建筑业可持续发展具有重要作用。本研究通过引入DPSIR框架理论,构建了新的建筑业可持续发展评价体系,运用熵权TOPSIS法和障碍度模型对建筑业可持续发展情况进行评价和障碍因素分析,并以山东省为例进行了实证研究。目前,山东省建筑业可持续发展势头良好,其综合评价值从0.211上升至0.683,年均增长率约为5.9%;产值利润率下降、建筑业亏损企业比例增加、从业人员增长率下降、从业人员比例和住房保障

支出占财政支出比例减少,是制约山东省建筑业可持续发展的主要障碍因素。基于统计年鉴数据进行了指标分析,但没有考虑指标间的相互影响及其对整体发展水平的作用,比如技术装备率的变化会对建筑业劳动生产率产生影响,后续研究将从这方面着手。

参考文献:

- [1] 朱磊,陈迎.“一带一路”倡议对接2030年可持续发展议程:内涵、目标与路径[J].世界经济与政治,2019(4):79-100,158.
ZHU Lei, CHEN Ying. Integrating Belt and Road Initiative with UN 2030 Sustainable Development Agenda: Connotations and Routes[J]. World Economics and Politics, 2019(4): 79-100, 158.
- [2] 段海燕,陈思颜,刘源源,等.生命周期视角下中国建筑业能源区域消耗特征研究[J].中国人口·资源与环境,2020,30(7):57-65.
DUAN Haiyan, CHEN Siyan, LIU Yuanyuan, et al. Characteristics of Regional Energy Consumption of China's Construction Industry from the Perspective of Life Cycle[J]. China Population, Resources and Environment, 2020, 30(7): 57-65.
- [3] 齐宝库,李长福.基于熵值法的建筑业可持续发展评价实证研究:以辽宁省为例[J].科技管理研究,2014,34(5):69-73.
QI Baoku, LI Changfu. Empirical Research on Evaluation of Sustainable Development of Construction Industry Based on Entropy Value Method: Taking Liaoning Province as an Example[J]. Science and Technology Management Research, 2014, 34(5): 69-73.
- [4] 郑梦莹,蔡建国.基于因子和聚类分析法的建筑业可持续发展评价研究[J].科技管理研究,2014,34(12):223-227.
ZHENG Mengying, CAI Jianguo. Study on Construction Industry's Sustainable Development Based on Factor and Cluster Analysis[J]. Science and Technology Management Research, 2014, 34(12): 223-227.
- [5] 王旭,冯建浩,马齐如.基于DEA-Tobit方法的东北三省建筑业可持续发展效率分析[J].土木工程与管理学报,2017,34(3):8-12.
WANG Xu, FENG Jianhao, MA Qiru. Sustainable Development Efficiency Analysis of the Northeast Three Provinces Construction Based on DEA-Tobit Method[J]. Journal of Civil Engineering and Management, 2017, 34(3): 8-12.
- [6] 张淼,覃亚伟,刘佳静.基于TOPSIS与灰色关联分析的区域建筑业可持续发展评价[J].土木工程与管理学报,2018,35(4):189-193.

- ZHANG Miao, QIN Yawei, LIU Jiajing. Evaluation on Sustainable Development of Regional Construction Industry Based on TOPSIS and Grey Relational Analysis[J]. Journal of Civil Engineering and Management, 2018, 35(4): 189-193.
- [7] 李凯峰, 花尉攀. 混沌粒子群优化投影寻踪算法对建筑业可持续发展评价[J]. 山东农业大学学报(自然科学版), 2019, 50(2): 323-327.
- LI Kaifeng, HUA Weipan. Evaluation on Sustainable Development in the Construction Industry with Chaos Particle Swarm Optimization Projection Pursuit Algorithm[J]. Journal of Shandong Agricultural University (Natural Science Edition), 2019, 50(2): 323-327.
- [8] 联合国开发计划署. 什么是可持续发展目标? [EB/OL].(2015-09-27)[2022-07-10]. <https://www.undp.org/sustainable-development-goals>.
- United Nations Development Programme. What Are Sustainable Development Goals?[EB/OL].(2015-09-27)[2022-07-10]. <https://www.undp.org/sustainable-development-goals>.
- [9] 解 蕾, 姚 扬, 但智钢, 等. 基于 DPSIR 模型的省域绿色发展绩效评价[J]. 环境工程技术学报, 2022, 12(5): 1681-1686.
- XIE Lei, YAO Yang, DAN Zhigang, et al. Evaluation of Provincial Green Development Performance Based on DPSIR Model[J]. Journal of Environmental Engineering Technology, 2022, 12(5): 1681-1686.
- [10] 周雅欣, 王建伟, 高 洁, 等. 基于 DPSIR 的低碳交通发展评价及障碍因子分析: 以北京市为例[J]. 生态经济, 2020, 36(4): 13-18.
- ZHOU Yaxin, WANG Jianwei, GAO Jie, et al. Evaluation and Obstacle Factor Diagnoses of Low Carbon Transport Development Based on DPSIR: a Case Study of Beijing[J]. Ecological Economy, 2020, 36(4): 13-18.
- [11] 于小芹, 马云瑞, 余 静. 基于熵权 TOPSIS 模型的山东省海岸带生态修复政策效果评价研究[J]. 海洋环境科学, 2022, 41(1): 74-79.
- YU Xiaoqin, MA Yunrui, YU Jing. Evaluation of Coastal Ecological Restoration Policy Effect Based on Entropy-Weight TOPSIS Model in Shandong Province[J]. Marine Environmental Science, 2022, 41(1): 74-79.
- [12] 高 升, 孙会荟, 刘 伟. 基于熵权 TOPSIS 模型的海洋经济系统脆弱性评价与障碍度分析[J]. 生态经济, 2021, 37(10): 77-83.
- GAO Sheng, SUN Huihui, LIU Wei. Vulnerability Assessment and Obstacle Degree Analysis of Marine Economic System Based on Entropy Weight TOPSIS Model[J]. Ecological Economy, 2021, 37(10): 77-83.
- [13] 沈 时, 王 栋, 王远坤, 等. 水资源承载力综合评价的组合权重-MNCM 法[J]. 南京大学学报(自然科学), 2021, 57(5): 887-895.
- SHEN Shi, WANG Dong, WANG Yuankun, et al. Combined Weight-MNCM Evaluation Method for Water Resources Carrying Capacity[J]. Journal of Nanjing University (Natural Science), 2021, 57(5): 887-895.
- [14] 栗欣如, 姜文来, 冯 欣. 我国水利绿色发展水平测算分析[J]. 中国农业资源与区划, 2021, 42(1): 7-17.
- LI Xinru, JIANG Wenlai, FENG Xin. Calculation and Analysis of Water Conservancy Green Development in China[J]. Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning, 2021, 42(1): 7-17.
- [15] 管文闯, 饶碧玉, 路 远, 等. 基于 DPSIRM 模型的高原城市水源地水资源脆弱性评价及障碍诊断[J]. 中国农村水利水电, 2022(3): 147-154, 162.
- GUAN Wenchuang, RAO Biyu, LU Yuan, et al. Evaluation of Water Resources Vulnerability and Obstacle Diagnosis of Water Sources in Plateau Cities Based on DPSIRM Model[J]. China Rural Water and Hydropower, 2022(3): 147-154, 162.
- [16] 刘 路. 2015—2016 年全国主要城市空气污染时空变化分析[D]. 上海: 上海师范大学, 2018.
- LIU Lu. Spatial and Spatial Changes of Air Pollution in Major Cities from 2015 to 2016[D]. Shanghai: Shanghai Normal University, 2018.
- [17] 新华社. 山东省 2012 年将大力推动房地产建筑产业转型 [EB/OL].(2012-01-26)[2022-07-10]. http://www.gov.cn/jrzq/2012-01/26/content_2052566.htm.
- Xinhua News Agency. Shandong Province Will Vigorously Promote the Transformation of Real Estate Construction Industry in 2012[EB/OL]. (2012-01-26)[2022-07-10]. http://www.gov.cn/jrzq/2012-01/26/content_2052566.htm
- [18] 山东省人民政府. 山东省人民政府关于大力推进绿色建筑行动的实施意见[J]. 山东省人民政府公报, 2013(10): 2-5.
- Shandong Provincial People's Government. Implementation Opinions of Shandong Provincial People's Government on Vigorously Promoting Green Building Action[J]. Gazette of the People's Government of Shandong Province, 2013(10): 2-5.
- [19] 山东省人民政府办公厅. 山东省人民政府办公厅关于贯彻国办发[2017]19号文件促进建筑业改革发展的实施意见[J]. 居业, 2017(8): 18-20.
- General Office of Shandong Provincial People's Government. Opinions of the General Office of the People's Government of Shandong Province on Implementing Document No.19 [2017] Issued by the State Council to Promote the Reform and Development of the Construction Industry[J]. Create Living, 2017(8): 18-20.

(责任编辑: 姜利民)