

装配式住宅的新型工业化建设水平 综合评价实证研究

李惠玲,王 婷,张倩雯

(沈阳建筑大学管理学院,辽宁 沈阳 110168)

摘 要:以新型工业化为切入点,以装配式住宅为研究对象,以新型工业化带动建筑业转型升级为目标,从设计阶段、建造过程及综合管理效益3个方面构建指标体系,运用主客观相结合的综合赋权法及模糊物元法构建评价模型,并对万科春河里工程项目进行分析论证,为装配式住宅的新型工业化建设水平综合评价提供新的思路与方法。

关键词:装配式住宅;新型工业化;模糊物元法;综合评价

中图分类号:F299.27

文献标志码:A

新型建筑工业化是以建筑设计标准化、部品生产工厂化、现场施工装配化及项目生产集成化为特征,通过信息化整合设计、生产及施工,利用 BIM 碰撞检测技术对设计中存在的问题进行整改,以提高生产效率和建筑品质,实现建筑的可持续发展^[1-3]。新型建筑工业化作为我国建筑业转型升级的必由之路,其目标是发展装配式建筑,而新型住宅工业化又是实现建筑产业化的基础与重要手段。因此,客观全面地评价装配式住宅新型工业化建设水平成为推进新型建筑工业化发展的关键。

一、新型工业化研究现状

近年来,很多学者对新型工业化进行了相关研究,主要包括发展新型建筑工业化的必要性、重要性,新型建筑工业化“新”的突出表现^[4]及优缺点分析等。对于新型工业化方法的研究也有很多,如唐浩等^[5]采用时

间序列数据,运用数据包络分析法测度中国新型工业化的效率;谢春等^[6]采用聚类分析方法对我国新型工业化进行综合评价;学者们大多是从宏观层面上对新型工业化进行研究,但针对具体装配式住宅新型工业化评价的研究还比较少。因此,笔者以装配式住宅为研究对象构建新型工业化评价指标体系,将模糊物元评价模型与综合赋权法结合起来,引入装配式住宅的新型工业化评价中,并结合实证分析合理测度装配式住宅的新型工业化水平,为推进我国建筑业的转型升级提供新的思路与方法。

二、装配式住宅新型工业化水平评价指标体系的构建

新型建筑工业化实现的基础是构件部品的标准化设计、工厂化生产及信息化技术的深度融合。因此,笔者结合新型工业化的特点并针对装配式住宅自身特征,将项目建设

全过程划分为设计阶段、生产阶段、施工安装阶段及竣工验收阶段。依据指标体系构建原则,根据新型工业化内涵、特点,装配式住宅内涵、特点,并参考对研究领域专家进行访谈的结果,对新型工业化建设过程中的影响因素进行分类归纳,形成指标预选集。采取文献研究法及鱼骨分析法对各指标项进行归纳总结并筛选,确定初步评价指标体系。运用

专家咨询法对初步评价指标体系进行进一步的筛选,并将选出的所有指标进行汇总,以调查问卷的形式发给新型工业化领域、装配式住宅领域经验丰富的施工现场管理人员、BIM 技术人员及高校专家学者,经过不断调整,最终形成装配式住宅新型工业化建设水平评价指标体系(见表 1),包括 7 个一级指标,22 个二级指标,二级指标释义如表 2 所示。

表 1 装配式住宅新型工业化水平评价指标体系

目标层	准则层	因素层	
		一级指标	二级指标
装 配 式 住 宅 新 型 工 业 化 建 设 水 平 A	设计阶段要素 B_1	建筑标准化设计水平 C_{11}	模数协调设计水平 E_{111}
			构件部品标准化水平 ^[7] E_{112}
			通用构件预制率 E_{113}
	建造过程要素 B_2	信息化技术应用水平 C_{12}	BIM 专业协同度 ^[8] E_{121}
			BIM 碰撞检测水平 E_{122}
		部品生产工厂化水平 C_{21}	BIM 设计施工模拟水平 E_{123}
			构件部品种类 E_{211}
		施工机械装配化水平 C_{22}	构件部品装配率 E_{212}
			劳动生产率 E_{213}
	构件部品运输水平 E_{221}		
人员技术装备水平 C_{23}	技术集成化水平 E_{222}		
	现场劳动力降低率 E_{223}		
	技术装备率 E_{231}		
综合管理效益要素 B_3	项目管理水平 C_{31}	动力装备率 E_{232}	
		专业技术人员比例 E_{233}	
	生态环境效益 C_{32}	现场工业化管理制度水平 E_{311}	
		工人装配式建造培训水平 E_{312}	
		技术交底制度建设水平 E_{313}	
		扬尘排放减少量 ^[9] E_{321}	
		噪声降低率 E_{322}	
		垃圾排放减少量 E_{323}	

表 2 二级指标层指标释义

指标	释义
E_{111}	模数协调设计是尺寸协调的基础,模数尺寸协调是实现标准化的基础
E_{112}	建筑构件、部品、单元及平面布局 and 连接节点的标准化设计,其水平高低是衡量住宅标准化设计的重要指标
E_{113}	同一建筑部位或相同使用功能占有所有部品的比例
E_{114}	以户型重复率表示,即住宅中重复使用量最多的 3 个基本户型的面积之比
E_{121}	建筑、结构、设备等多个专业间协作设计,可优化协调专业间的设计
E_{122}	建设项目设计阶段和施工前用 BIM 技术进行碰撞检查,可快速、全面、准确地检测出图纸中不合理的地方,在施工前进行修改,减少不必要的损失
E_{123}	施工前对施工方案进行模拟论证,及时修改设计不合理之处,节约资源、规避风险
E_{211}	直接影响着工厂化生产水平高低,种类越全,其水平越高
E_{212}	构件或部品的面积或数量与之对应的总面积或总数量之比
E_{213}	年建筑业增加值和年末建设项目从业人数的比例

续表 二级指标层指标释义

指标	释义
E_{221}	对运输时间、运输次序、运输路线及存放地规划安排的合理性
E_{222}	技术的一体化水平,具体包括建筑、结构、机电和装修的一体化;设计、加工和装配的一体化;技术、市场和管理的一体化
E_{223}	采用机械化技术手段进行装配施工时,现场劳动人员的减少情况
E_{231}	年末建筑企业自有机械设备净值与年末全部职工或全部工人人数的比值,反映年末机械技术在人工分配的合理性
E_{232}	年末建筑企业自有机械设备总功率与年末全部职工或全部工人人数的比值,决定了机械装备在年末对人工分配的合理程度
E_{233}	施工现场机械化技术水平较高人员所占比例,专业人员投入越高,现场人员整体素质越高
E_{311}	反映施工的规范性水平、施工现场物品存放情况等是否符合现场相关规定及现场作业管理水平是否符合工业化的特点
E_{312}	即项目建设过程中不定期聘请在装配技术方面富有经验的专家对现场工人进行培训以提高现场装配工人的综合素质
E_{313}	目的在于加强现场作业各方进行技术交底活动,促进各专业的协同发展
E_{321}	采用新型工业化的施工模式后现场扬尘的减少情况
E_{322}	采用装配的施工手段对构件进行组装,对现场噪声减少量及减少噪声对人们学习生活带来的影响
E_{323}	采用工厂化的生产、实际现场作业频率的减少及材料用量的规范度对现场垃圾排放及堆放的影响

三、装配式住宅新型工业化评价模型的建立

1. 评价方法的确定

笔者主要研究装配式住宅新型工业化的发展问题,评价对象明确单一,倘若仅用单一的赋权法来确定权重,很难做到科学客观。因此,选择组合赋权法来确定权重,即将三角模糊数的主观赋权法与熵权法的客观赋权法结合,形成综合赋权法,并采取算术平均数的方法将主客观权重进行综合处理,计算组合权重,最终实现对各个指标的综合赋权。

2. 模糊物元评价模型的建立

模糊物元评价即在物元分析的基础上,结合模糊集合理论,提出的一种新的评价分析方法,可以充分结合模糊综合评价法和物元分析法的优点,更好解决模糊不相容问题。具体步骤如下:

(1)建立模糊物元。物元理论的核心思想即通过“事物、特征、量值”3个元素进行描述,由该元素组成的有序单元即为物元,假如物元的指标具有模糊性,则有序单元可以表示为“事物、特征、模糊量值”。此时的物元即为模糊物元。具体表达形式为

$$R = \begin{bmatrix} M \\ C \quad \mu(x) \end{bmatrix} \quad (1)$$

式中: R 为模糊物元; M 为事物名称; C 为事物特征; $\mu(x)$ 为与事物 M 的特征指标 C 相对应的量值新的隶属度。

如果对 m 个事物 M_1, M_2, \dots, M_m 的 n 个特征 C_1, C_2, \dots, C_n 进行描述,则称为 m 个事物的 n 维复合模糊物元,可表示为

$$R = \begin{pmatrix} M_1 & M_2 & \dots & M_m \\ C_1 & \mu(x_{11}) & \mu(x_{21}) & \dots & \mu(x_{m1}) \\ C_2 & \mu(x_{12}) & \mu(x_{22}) & \dots & \mu(x_{m2}) \\ \vdots & \vdots & \vdots & & \vdots \\ C_n & \mu(x_{1n}) & \mu(x_{2n}) & \dots & \mu(x_{mn}) \end{pmatrix} \quad (2)$$

(2)建立各指标的经典域和节域。①建立经典域。设 M_j 为装配式住宅新型工业化水平评价指标的第 j 个等级 ($j=1, 2, \dots, m$), Q_i 为关于 M_j 的第 i 评价指标 ($i=1, 2, \dots, n$), $x_{ij} = (a_{ij}, b_{ij})$ 表示评价指标 Q_i 所对应的评价等级 M_j 的量值区间,即经典域,则经典域的物元可表示为

$$R_{ij} = \begin{bmatrix} M_j \\ Q_1 & (a_{1j}, b_{1j}) \\ Q_2 & (a_{2j}, b_{2j}) \\ \vdots & \vdots \\ Q_n & (a_{nj}, b_{nj}) \end{bmatrix} \quad (3)$$

②建立节域。节域是表示物元特征各等

级所对应的值域。设 M_p 为评价指标 Q_i 全体, $x_{pi} = (a_{pi}, b_{pi}) (i = 1, 2, \dots, n)$ 为 M_p 关于 Q_i 所对应的量值范围, 则 R_p 可表示为

$$R_p = \begin{bmatrix} M_p \\ Q_1 & (a_{p1}, b_{p1}) \\ Q_2 & (a_{p2}, b_{p2}) \\ \vdots & \vdots \\ Q_n & (a_{pn}, b_{pn}) \end{bmatrix} \quad (4)$$

(3) 建立模糊复合物元。①确定隶属度。装配式住宅新型工业化建设水平各评价指标的实测值呈离散分布状态, 反复对指标因素进行检验时, 可认为这些观测值的数据对同一类别的隶属度服从正太分布, 故第 j 个评价等级 M_j 的第 i 个评价指标 Q_i 所对应的量值 $x_{ji} (i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, m)$ 的隶属度可表示为

$$u(x) = \exp\left[-\frac{(x-p)^2}{q}\right] \quad (5)$$

式中: $p = \frac{a+b}{2}$, $q = \frac{|a-b|}{1.665}$; a 和 b 分别为对应级别指标取值范围的临界值。

②确定关联系数。当经典域与节域重合的情况下, 关联函数 $z(x)$ 与隶属度函数 $u(x)$ 两者相同。即当确定关联函数中某一特定值 x_{ji} 时, 便可以求出其相应的函数值, 该函数值即为关联系数 z_{ji} , 一般由隶属度函数 $u(x_{ji})$ 确定, 则有

$$z_{ji} = u_{ji} = u(x_{ji}) (i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, m) \quad (6)$$

③建立复合模糊物元。通过各指标实测值可计算出相对于不同等级的隶属度, 经过关联函数变换, 建立关联系数复合模糊物元

$$R_z = \begin{bmatrix} M_1 & M_2 & \dots & M_m \\ Q_1 & z_{11} & z_{21} & \dots & z_{m1} \\ Q_2 & z_{12} & z_{22} & \dots & z_{m2} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ Q_n & z_{1n} & z_{2n} & \dots & z_{mn} \end{bmatrix} \quad (7)$$

(4) 建立评价指标权重复合物元。由于笔者所选指标对于总目标的重要程度和影响程度不同, 应分别建立各指标权重的复合物元, 选取三角模糊数层次法计算权重, 则权重复合物元可以表示为

$$R_w = \begin{bmatrix} Q_1 & Q_2 & \dots & Q_n \\ w_i & w_1 & w_2 & \dots & w_n \end{bmatrix} \quad (8)$$

(5) 计算关联度。关联度是对各评价指标与评价等级之间关联性大小的度量, 值越大则两者越接近, 反之越远。设 R_k 为 m 个关联度所组成的复合模糊物元, 可表示为

$$R_k = R_z \cdot R_w \quad (9)$$

选用最大关联度原则确定评价对象结果, 从所有的关联度中确定最大值 K_{\max} , 则有

$$K_{\max} = \max[K_1 \quad K_2 \quad \dots \quad K_n] \quad (10)$$

3. 新型工业化水平评价指标体系等级划分

科学、合理的指标评价标准对有效的评价装配式住宅新型工业化建设水平至关重要。新型工业化水平的评价指标主要有定量指标和定性指标 2 种类型, 无论采用哪一种对新型工业化水平进行评价, 都需要对指标进行量化处理。因此, 笔者在制定评价指标量化标准时遵循以下 2 点原则。

(1) 定量指标。通常由具体数据来反映, 评判标准参照相关规范、行业数据等直接带入数值。有一些不能直接获取具体数据的, 通过同行专家打分来确定。

(2) 定性指标。一般根据《绿色建筑评价标准》、《工业建筑评价标准》和各类相关规范及文献对指标的描述进行归纳总结。但现阶段我国针对装配式住宅新型工业化方面的研究还不够全面, 有一些指标并不能直接在规范中获取, 需要通过专家论证得以确定。

笔者根据上述评价原则, 将各评价因素的评价标准划分为 5 个等级, 即 I 级 = {低水平}, II 级 = {较低水平}, III 级 = {一般水平}, IV 级 = {较高水平}, V 级 = {高水平}。根据划分的 5 个等级对指标进行分类, 其中, 定量指标直接参考相关规范划定范围区间, 以实际数值反映; 定性指标采用专家打分的方法确定指标值, 选用百分制专家打分法对其进行量化^[10]。

四、实证分析

1. 数据样本

以沈阳春河里项目为依托, 围绕工业化的发展现状, 选择 17#楼作为评价对象, 通过

调研考察,收集数据资料。其中,定量指标根据该建设项目相关资料和数据计算得到,定性指标则由 10 位项目施工现场经验丰富的

技术人员根据所建立的评价指标量化标准进行打分,最终得到指标量值(见表 3)。

表 3 春河里 17#楼住宅工业化水平指标量值

指标	量值	指标	量值	指标	量值	指标	量值	指标	量值
E_{111}	78.00	E_{122}	65.00	E_{221}	68.00	E_{233}	0.27	E_{322}	69.00
E_{112}	0.45	E_{123}	75.00	E_{222}	67.00	E_{311}	85.00	E_{323}	0.82
E_{113}	0.68	E_{211}	5.00	E_{223}	0.20	E_{312}	75.00	—	—
E_{114}	0.45	E_{212}	0.65	E_{231}	1.72	E_{313}	100.00	—	—
E_{121}	72.00	E_{213}	6.34	E_{232}	5.10	E_{321}	0.43	—	—

2. 采用综合赋权法确定权重

根据三角模糊数层次分析法的具体步骤,可以得到 22 个二级指标的主观权重,再

根据熵权法的计算步骤,得到其客观权重,运用乘法合成归一化处理得到各个指标的综合权重(见表 4)。

表 4 新型工业化指标体系权重

准则层		因素层一级指标			因素层二级指标		
要素	权重	指标	组合权重	相对权重	指标	组合权重	相对权重
B_1	0.331 8	C_{11}	0.589 8	0.195 7	E_{111}	0.234 2	0.045 8
					E_{112}	0.493 6	0.096 6
					E_{113}	0.132 2	0.025 9
					E_{114}	0.140 0	0.027 4
					E_{121}	0.686 4	0.118 1
					E_{122}	0.195 5	0.026 6
		C_{12}	0.410 2	0.136 1	E_{123}	0.093 4	0.016 1
					E_{211}	0.500 2	0.111 9
					E_{212}	0.281 3	0.062 9
					E_{213}	0.218 5	0.048 8
					E_{221}	0.194 0	0.042 4
					E_{222}	0.426 5	0.093 2
C_{21}	0.444 9	0.223 6	E_{223}	0.379 5	0.082 9		
			E_{231}	0.319 6	0.019 3		
			E_{232}	0.360 9	0.021 8		
			E_{233}	0.319 6	0.019 3		
			E_{311}	0.232 6	0.013 6		
			E_{312}	0.339 0	0.027 0		
C_{22}	0.434 8	0.218 5	E_{313}	0.428 3	0.026 4		
			E_{321}	0.133 7	0.024 2		
			E_{322}	0.461 2	0.039 1		
			E_{323}	0.405 1	0.035 4		
C_{23}	0.120 3	0.060 4					
C_{31}	0.404 2	0.067 0					
C_{32}	0.595 8	0.098 7					
B_3	0.165 7						

3. 评价模型的应用

(1)确定隶属度。依据装配式住宅新型工业化水平评价指标的隶属度服从正太分布,由式(3)可计算出所有二级评价指标的

经典域临界值,确定各指标对应评价等级的 p 值和 q 值,由式(5)可计算出个评价指标关于等级 I、II、III、IV、V 的隶属度函数值(见表 5)。

表5 春河里17#楼各评价指标关于各等级的隶属度函数值

评价指标	隶属度函数值				
	I级	II级	III级	IV级	V级
E_{111}	0.000 0	0.000 4	0.105 9	0.972 7	0.000 3
E_{112}	0.180 6	0.500 5	0.500 5	0.062 5	0.000 3
E_{113}	0.000 0	0.000 4	0.105 8	0.972 7	0.034 9
E_{114}	0.062 6	0.062 8	0.840 9	0.013 1	0.000 0
E_{121}	0.000 5	0.000 8	0.368 6	0.641 8	0.000 0
E_{122}	0.000 5	0.013 1	0.840 9	0.210 3	0.000 0
E_{123}	0.000 1	0.000 2	0.210 3	0.840 9	0.000 1
E_{211}	0.023 0	0.500 0	0.500 0	0.023 0	0.000 0
E_{212}	0.000 5	0.013 1	0.840 9	0.210 2	0.000 0
E_{213}	0.194 9	0.141 4	0.931 5	0.148 1	0.000 1
E_{221}	0.000 2	0.004 4	0.641 7	0.368 6	0.000 0
E_{222}	0.000 2	0.006 4	0.712 1	0.310 0	0.000 0
E_{223}	0.002 0	0.925 9	0.145 9	0.002 0	0.002 0
E_{231}	0.313 7	0.859 9	0.351 3	0.017 4	0.000 1
E_{232}	0.078 9	0.410 6	0.546 8	0.000 0	0.000 0
E_{233}	0.000 0	0.712 0	0.309 9	0.000 5	0.000 0
E_{311}	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.062 5	0.500 0
E_{312}	0.000 0	0.000 2	0.210 3	0.840 9	0.000 0
E_{313}	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.062 5	0.500 0
E_{321}	0.016 2	0.641 7	0.329 0	0.006 4	0.000 0
E_{322}	0.000 1	0.002 9	0.570 4	0.432 3	0.000 0
E_{323}	0.000 0	0.000 0	0.034 9	0.972 6	0.009 3

(2)确定关联系数。笔者所选的春河里项目新型工业化水平各指标的经典域与节域是保持一致的,因此关联函数和隶属度函数可以相互转化,故表5中的隶属度函数值即为春河里项目各评价指标的关联系数。

(3)计算关联度。根据表5中的隶属度函数值,经过归一化处理后得到该项目的模糊复合物元矩阵 R_z ,利用三角模糊层次分析法和熵权法确定评价指标的权重物元 R_w ,由式(9)可计算出春河里项目的住宅工业化水

平贴近度复合物元 R_k ,根据最大关联度原则,得出

$$K_{\max} = \max [0.218\ 3, 1.436\ 2, 2.604\ 0, 2.145\ 2, 0.600\ 4] = K_3 = 2.604\ 0$$

故该项目的住宅工业化水平等级为III级,仅次于IV等级。因此,可以推断该项目的新型工业化水平处于一般偏上。为了更深入研究该评价指标体系中各指标对新型工业化水平的影响,笔者对春河里项目各指标的关联度及工业化水平进行分析(见表6~表8)。

表6 春河里17#楼准则层指标的关联度及工业化水平

指标	关联度	水平
B_1	[0.081 1, 0.210 8, 0.782 4, 0.921 3, 0.004 4]	较高偏下
B_2	[0.134 9, 1.137 6, 1.434 1, 0.292 8, 0.004 8]	一般偏下
B_3	[0.002 3, 0.087 8, 0.387 5, 0.931 1, 0.591 2]	较高偏下

表7 春河里17#楼因素层一级指标的关联度及工业化水平

指标	关联度	水平
C_{11}	[0.080 6, 0.207 6, 0.354 3, 0.353 2, 0.004 3]	一般偏上
C_{12}	[0.000 5, 0.003 2, 0.428 1, 0.568 1, 0.000 1]	较高偏下
C_{21}	[0.041 2, 0.264 4, 0.604 9, 0.089 4, 0.004 1]	一般偏下
C_{22}	[0.001 2, 0.329 5, 0.469 1, 0.199 6, 0.000 7]	一般偏下
C_{23}	[0.092 5, 0.543 7, 0.360 1, 0.003 8, 0.000 0]	较低偏上
C_{31}	[0.000 0, 0.000 1, 0.067 8, 0.344 5, 0.587 5]	高
C_{32}	[0.002 3, 0.087 7, 0.319 7, 0.586 6, 0.003 7]	较高偏下

表8 春河里17#楼因素层二级指标的关联度及工业化水平

指标	关联度	水平
E_{111}	[0.000 0,0.000 1,0.023 0,0.211 1,0.000 1]	较高偏下
E_{112}	[0.071 6,0.198 5,0.198 5,0.024 8,0.000 1]	一般
E_{113}	[0.000 0,0.000 1,0.012 6,0.115 5,0.004 1]	较高偏下
E_{114}	[0.008 9,0.009 0,0.120 2,0.001 9,0.000 0]	一般偏下
E_{121}	[0.000 3,0.000 5,0.250 1,0.435 5,0.000 0]	较高偏下
E_{122}	[0.000 1,0.002 4,0.154 4,0.038 6,0.000 0]	一般偏上
E_{123}	[0.000 1,0.000 2,0.023 6,0.094 1,0.000 1]	较高偏下
E_{211}	[0.011 0,0.239 1,0.239 1,0.011 0,0.000 0]	一般
E_{212}	[0.000 1,0.003 5,0.222 2,0.055 5,0.000 0]	一般偏上
E_{213}	[0.030 1,0.021 8,0.143 6,0.022 9,0.000 1]	一般偏上
E_{221}	[0.000 4,0.000 8,0.122 5,0.070 3,0.000 0]	一般偏上
E_{222}	[0.000 1,0.002 6,0.295 2,0.128 5,0.000 0]	一般偏上
E_{223}	[0.000 7,0.326 0,0.051 4,0.000 7,0.000 7]	较低偏上
E_{231}	[0.065 0,0.178 2,0.072 8,0.003 6,0.000 0]	较低偏上
E_{232}	[0.027 5,0.143 0,0.190 4,0.000 0,0.000 0]	一般偏下
E_{233}	[0.000 0,0.222 6,0.096 9,0.000 2,0.000 0]	较低偏上
E_{311}	[0.000 0,0.000 0,0.000 0,0.025 8,0.206 8]	高
E_{312}	[0.000 0,0.000 1,0.067 8,0.271 1,0.000 0]	较高偏下
E_{313}	[0.000 0,0.000 0,0.000 0,0.047 6,0.380 7]	高
E_{321}	[0.002 2,0.086 4,0.044 3,0.000 9,0.000 0]	较低偏上
E_{322}	[0.000 1,0.001 3,0.261 5,0.198 2,0.000 0]	一般偏上
E_{323}	[0.000 0,0.000 0,0.013 9,0.387 5,0.003 7]	较高偏下

4. 新型工业化建设水平评价结果分析

根据计算结果可知,春河里项目的工业化建设水平处于一般偏上,从评价结果来看,该项目的工业化水平还有很大的提升空间。

(1)对准则层要素进行分析,可以发现该项目建造过程的新型工业化水平处于一般偏下,低于综合评价一般偏上水平,说明建造过程直接影响着整个项目评价结果。因此,应针对建造过程的具体要素采取措施,如提高部品生产工厂化水平和施工机械装配化水平等,从而提高整个建造过程的新型工业化水平。

(2)对一级指标要素分析,可以发现建筑设计标准化水平处于一般偏上,低于设计阶段的综合评价结果,有待进一步提高。部品生产工厂化水平和施工机械装配化水平的工业化水平为一般偏下,与建造过程的综合评价结果基本相同,但人员技术装备水平处于较低偏上,较建造过程的综合评价水平而

言,并不是特别理想。作为直接影响建造过程的指标项,间接影响着项目整体评价结果,因此,需要进一步加强和完善。

(3)从整个二级指标的工业化水平来看,设计阶段的二级指标的工业化水平基本处于一般水平以上,较为理想。综合管理效益的大多数二级指标的工业化水平比较理想,但在指标扬尘排放减少量方面还有待提高。由于建造过程的所有二级指标的工业化水平均处于一般水平或较低水平,导致整个项目的工业化建设水平处于低水平。因此,提高建造过程要素中的所有二级指标的工业化水平对整个项目工业化建设水平的提升至关重要。

五、结 语

笔者运用物元分析理论,结合模糊集合理论为装配式住宅的新型工业化水平建立基于综合赋权法的模糊物元模型,并通过万科

春河里项目进行论证。将三角模糊数的主观赋权法与熵权法的客观赋权法相结合,既可以消除熵权法仅从数据出发的不足,又可减少层次分析法所带来的主观性问题,使评价结果更加客观真实。此外,该模型还可以采用软件编程实现,可操作性强,对我国装配式住宅新型工业化建设水平的评价具有重大的现实意义和指导价值。

参考文献:

- [1] 肖保存. 基于 BIM 技术的住宅工业化应用研究[D]. 青岛: 青岛理工大学, 2015.
- [2] 吴利松. BIM 技术在新型建筑工业化中的应用[J]. 中国高新技术企业, 2016(20): 117 - 118.
- [3] ZHANG J, LONG Y, Lü S, et al. BIM-enabled modular and industrialized construction in China [J]. Procedia engineering, 2016: 145.
- [4] 任凭, 牛凯征, 庄建英, 等. 浅议新型建筑工业化[J]. 建材发展导向, 2014, 12(12): 11 - 15.
- [5] 唐浩, 贺刚. 中国特色新型工业化综合评价指标体系的构建与实证研究[J]. 软科学, 2014(9): 139 - 144.
- [6] 谢春, 李建. 中国特色新型工业化评价指标体系构建及实证分析[J]. 系统工程, 2011, 29(3): 74 - 80.
- [7] 黄恒振. 建筑工业化背景下建筑构部件工厂化生产的可行路径设计[J]. 经营与管理, 2017(3): 77 - 79.
- [8] 纪颖波, 姚福义. 我国建筑工业化协同创新机制研究[J]. 建筑经济, 2017(4): 9 - 12.
- [9] 康铁钢. 经济视角下工业化建筑综合效益分析模型[J]. 工程经济, 2017(2): 47 - 52.
- [10] 李丛笑, 骆方, 郭振伟, 等. 绿色建筑评价工作的研究与探索: 中国城市科学研究会绿色建筑研究中心 2013 年工作[J]. 建设科技, 2014(6): 49 - 53.

An Empirical Study on the Comprehensive Evaluation of the New Industrial Construction in Prefabricated Residence

LI Huiling, WANG Ting, ZHANG Qianwen

(School of Management, Shenyang Jianzhu University, Shenyang 110168, China)

Abstract: With the new industrialization as the starting point, the prefabricated house as the research object, transformation and upgrading of the construction industry driven by new industrialization as the goal, the index system of new industrialization construction in prefabricated housing is constructed from three aspects: design stage, construction process and comprehensive management benefit. The comprehensive weighting method combined with subjective and objective modes and fuzzy matter-element method are used to construct the evaluation model, and the project of Wanke Chunheli is analyzed and demonstrated, which provides the evaluation of newly-typed industrialization construction in prefabricated housing with new ideas and methods.

Key words: prefabricated residence; new industrialization; fuzzy matter-element method; comprehensive evaluation