

# 基于模糊聚类分析的适老健身设施功能集构建

吴俭涛<sup>a</sup>, 张硕<sup>b</sup>, 孙利<sup>a</sup>, 刘子路<sup>a</sup>, 陈永亮<sup>b</sup>

(a.燕山大学 艺术与设计学院 b.燕山大学 机械工程学院, 秦皇岛 066004)

**摘要:** **目的** 针对社区适老化健身设施品类单一、无法满足 60~74 岁老年人多样化健身需求等问题, 提出利用模糊聚类分析法对适老健身设施进行功能集的构建, 为适老健身设施模块化、集成化设计提供参考。**方法** 通过对目标老龄群体进行需求调研与权重计算, 得到 13 项适老健身设施的二级功能模块, 并从功能域、结构域、用户需求域等角度构建各模块关联性矩阵, 利用三大子关联矩阵数据推导出综合关联矩阵 Rc 标准指数, 将其作为模糊等价矩阵数据输入 Matlab 软件中进行模糊聚类分析并生成动态聚类树, 以得出多组适老健身设施功能集合方案。**结果** 通过模糊聚类与动态聚类树分析, 得到 4 种适老健身设施功能集合方案, 同时从结构学角度对适老健身设施的接触面和支撑面进行分析, 选取结构相似的适老健身设施进行集成化设计, 最终得出适老健身设施的最佳功能集。**结论** 通过模糊聚类分析方法建立的适老健身设施功能集, 能够有效解决社区老龄群体对健身设施的多样化需求, 为后续适老健身设施设计提供了新的思路。

**关键词:** 适老健身设施; 关联性矩阵; 模糊聚类分析; 功能集构建

**中图分类号:** TB472 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2022)06-0096-07

**DOI:** 10.19554/j.cnki.1001-3563.2022.06.013

## Function Set of Fitness Facilities for the Elderly Based on Fuzzy Cluster Analysis

WU Jian-tao<sup>a</sup>, ZHANG Shuo<sup>b</sup>, SUN Li<sup>a</sup>, LIU Zi-lu<sup>a</sup>, CHEN Yong-liang<sup>b</sup>

(a.School of Arts and Design Yanshan University b.School of Mechanical Engineering  
Yanshan University, Qinhuangdao 066004, China)

**ABSTRACT:** The single category of fitness facilities cannot meet the needs of the 60-74-year-olds, so the fuzzy cluster analysis method is used to construct the function set of fitness facilities which can be modularized and integrated. Through the needs research and weight calculation, 13 secondary functional modules are obtained, and the correlation matrix of each module is constructed from the perspectives of functional domain, structural domain, and user demand domain. The data derives the comprehensive incidence matrix Rc standard index, which is input into the Matlab software to generate a dynamic clustering tree. Four types of fitness facilities suitable for the elderly are obtained. The fitness facilities are analyzed from the structural point of view, and finally the best function set of fitness facilities suitable for the elderly is obtained. The functional set of fitness facilities for the elderly established by the fuzzy cluster analysis method can effectively solve the diversified needs of the elderly in the community for fitness facilities, and provide new ideas for the subsequent design of fitness facilities for the elderly.

**KEY WORDS:** fitness facilities for the elderly; correlation matrix; fuzzy cluster analysis; function set

社区的适老健身设施是老年人强健体魄、锻炼身心的主要载体, 并与社区生活质量及文化氛围密切相关<sup>[1]</sup>。目前, 适老型设施仍存在缺乏清晰定位、设施

资源与老年需求不平衡等社会问题, 通过剖析当前社区设施规划的相关理论和方法可以发现, 集成化设计在适老型设施设计研究中逐步成为热点。姚雪松<sup>[2]</sup>

收稿日期: 2021-11-26

基金项目: 河北省社科基金 (HB20YS003)

作者简介: 吴俭涛 (1976—), 女, 博士, 教授, 主要研究方向为高端装备产品智能设计、康养辅具设计。

通信作者: 孙利 (1973—), 男, 博士, 教授, 主要研究方向为机械装备设计、康养辅具创新设计。

等提出将娱乐健身类和休息服务类综合功能设施进行集成构建的意见。周春娇<sup>[3]</sup>运用 FAST 分析法构建了设施功能集成系统图，并形成了末位功能结构模块集合。王梓涵<sup>[4]</sup>等在老年人居家生活家具产品中引入集成化的设计理念，对老年家具产品进行了再设计。

以上研究将设施规划作为主要研究内容，提出了集成化的设施构建思路，但未从用户需求、功能及结构等方面进行剖析。笔者拟结合上述成果，以社区老年人群作为主要目标用户，建立需求与功能的映射关系，以模糊聚类形式来定义适老健身设施的模块属性，并通过支撑面和接触面的物理结构相似性进行分析，从而将具有相似功能与结构的模块进行集成，最终完成适老健身设施功能的集合方案。

### 1 适老健身设施需求与功能映射体系构建

围绕集成化适老健身设施研究重点，对其功能模块进行重构和拟合，其过程主要包括需求提取、模块划分和聚类分析 3 个环节<sup>[5]</sup>。需求提取即准确获取目标用户的个性化需求，该部分是进行设计开发的首要环节。模块划分则是产品集成化设计的基础，需要对适老健身设施各功能元进行精准分类，以便后续对各模块进行聚类分析。模糊聚类表示各模块间的相互关系，通过将具有相似功能的模块进行归纳和划分，最终实现适老健身设施的集成化设计。

明确适老健身设施的发展导向，可以有效识别适老健身设施的描述和分类<sup>[6]</sup>，通过优先建立需求与功

能的映射关系，可以为功能元间的相关性分析提供客观参考<sup>[7]</sup>，从而形成合理的适老健身设施模块体系，系统地指导模块属性划分和聚类结果实现。

#### 1.1 老龄人群确定与需求分析

用户需求与产品功能的映射对设计方案起决定作用，纵观国内健身设施市场业态，老年健身产品呈现出系统化、场景化、生活化等特点<sup>[8]</sup>，因此，精准确定用户群体及其对健身设施的功能需求是研究的重要基础。

联合国世界卫生组织 WHO 将老年人分为几类：年轻老年人（60~74 岁）、老年人（75~89 岁），长寿老人（90 岁以上）。资料显示，75~85 岁的老年人已经出现水平移动尚可、垂直移动困难的情况<sup>[9]</sup>，因此，利用集成化进行适老健身设施设计的主要服务对象为 60~74 岁的老年群体。

采用访谈形式对 60~74 岁老年群体进行需求调研，访谈过程共选取 60~74 岁老年人共计 38 位，其中 60~64 岁（含 64~65 岁）15 位，65~69 岁 11 位（含 69~70 岁），70~74 岁（含 74~75 岁）12 位。访谈形式采用半结构型访谈，即访谈之前确定好访谈结构与提纲，但受访的老龄群体可根据自身感受开放式地回答问题，通过此种方式来保证访谈主体内容的统一性和丰富性。访谈内容主要包括受访对象的基本信息、现有设施的使用频率、现有设施的使用痛点与改进建议，以及期望新增健身器材的类型与功能等。通过访谈进行信息整理，总结出 60~74 岁老年群体对适老健身设施个性化需求展开项，见图 1。

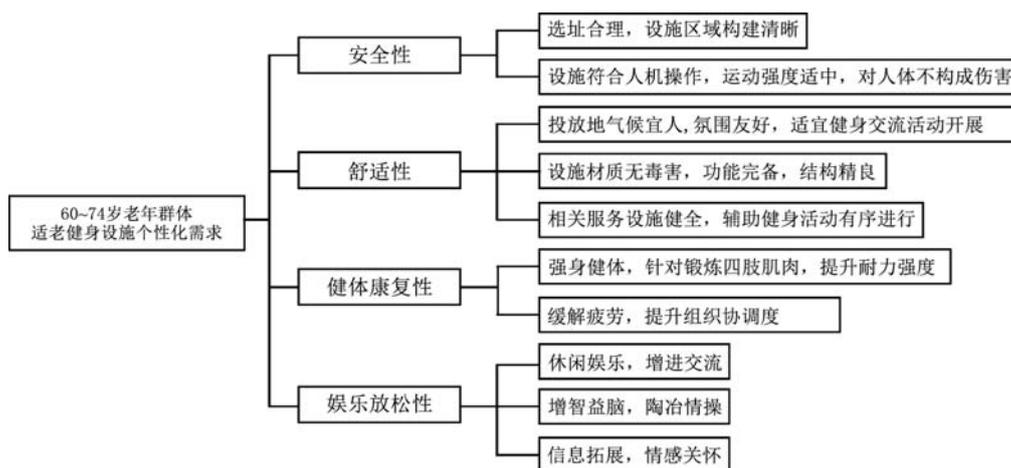


图 1 60~74 岁老年群体对适老健身设施个性化需求展开项

Fig.1 The elderly group aged 60~74 launched a project on the personalized needs of fitness facilities for the elderly

该年龄段群体对适老健身设施的需求归纳为 4 个大类即一级需求，分别是安全性需求、舒适性需求、康复锻炼性需求和娱乐互动性需求，编号分别为  $CR_1—CR_4$ 。每项一级需求下包含 2~3 项二级需求，分别将其编号为  $CR_{11}—CR_{43}$ ，将需求进行编号后用于各项需求的权重计算。

#### 1.2 适老健身设施用户需求权重计算

通过对目标老龄人群个性化需求进行调研，构建了  $CR_1—CR_4$  一级需求和  $CR_{11}—CR_{43}$  二级需求，为了准确测量各项需求的重要度，采用层次分析法对各项需求进行权重计算。首先对一级需求进行重要度计算，由 5 名具有丰富健身设施设计经验的工程师共同

构建一级需求项的判断矩阵,通过和积法计算  $CR_1$ — $CR_4$ 各项需求的权重系数,将矩阵数值进行归一化后再横向求得平均值,各项需求的权重系数见表1。

表1 60~74周岁老年用户健身设施一级需求判断矩阵

Tab.1 First level demand judgment matrix of fitness facilities for elderly users aged 60~74

	$CR_1$	$CR_2$	$CR_3$	$CR_4$	$\omega$
$CR_1$	1	2	2	3	0.4168
$CR_2$	1/2	1	2	2	0.2695
$CR_3$	1/2	1/2	1	2	0.1928
$CR_4$	1/3	1/2	1/2	1	0.1209

为确保矩阵输入数据的可行性,采用层次分析法对表1矩阵进行一致性检验。由表1各项需求的权重系数可知,60~74岁老年群体对适老健身设施的需求程度依次为安全性>舒适性>健体康复性>娱乐放松性,鉴于安全性和舒适性的需求,需要以更精准的数据分析为依托,如采用仿真分析或脑电、肌电等生理电信号形式进行测试,而不适合采用模糊聚类方法对其进行模块化设计,因此,选取图1中的健体康复性和娱乐放松性这2项一级需求来进行分析。

由于  $CR_1$ — $CR_4$ 需求中康复锻炼性  $CR_3$ 和娱乐互动性  $CR_4$ 对模块功能划分的影响较大,所以对康复锻炼性  $CR_3$ 和娱乐互动性  $CR_4$ 进行二级需求构成的单元体系的建立,并采用同样的方法进行二级需求的权重计算,最终与一级权重的乘积即为各二级需求的综合权重,见表2。

表2 康复锻炼性和娱乐互动性二级需求权重

Tab.2 The secondary demand weight of rehabilitation exercise and entertainment interactive

一级需求及权重 $\omega_a$	二级需求及权重 $\omega_b$	综合权重 $\omega_c$	重要度顺序
健体康复性 $CR_3$ 0.1928	强身健体 $CR_{31}$ 0.669	0.1290	1
	缓解疲劳 $CR_{32}$ 0.331	0.0638	2
娱乐放松性 $CR_4$ 0.1209	休闲娱乐 $CR_{41}$ 0.500	0.0605	3
	增智益脑 $CR_{42}$ 0.330	0.0399	4
	信息拓展 $CR_{43}$ 0.170	0.0206	5

由表可知,较为重要的二级需求分别是强身健体  $CR_{31}$ 、缓解疲劳  $CR_{32}$ 、休闲娱乐  $CR_{41}$ ,因此在后续中需要着重考虑这3项二级需求。

### 1.3 适老健身设施映射体系关系构建

得到权重系数较高的用户需求后,需要将其转化成影响产品功能结构的设计参数。为此建立用户需求域、功能域、结构域三者间的映射<sup>[10]</sup>,以此构建需求与功能映射的适老健身设施体系。通过调研得出强身健体  $CR_{31}$ 、缓解疲劳  $CR_{32}$ 、休闲娱乐  $CR_{41}$ 为权重较高的用户需求,因此,着重对此3项需求进行功能模块体系的建立,见图2。信息显示模块属于交互界面部分,所以暂不拓展其二级需求。

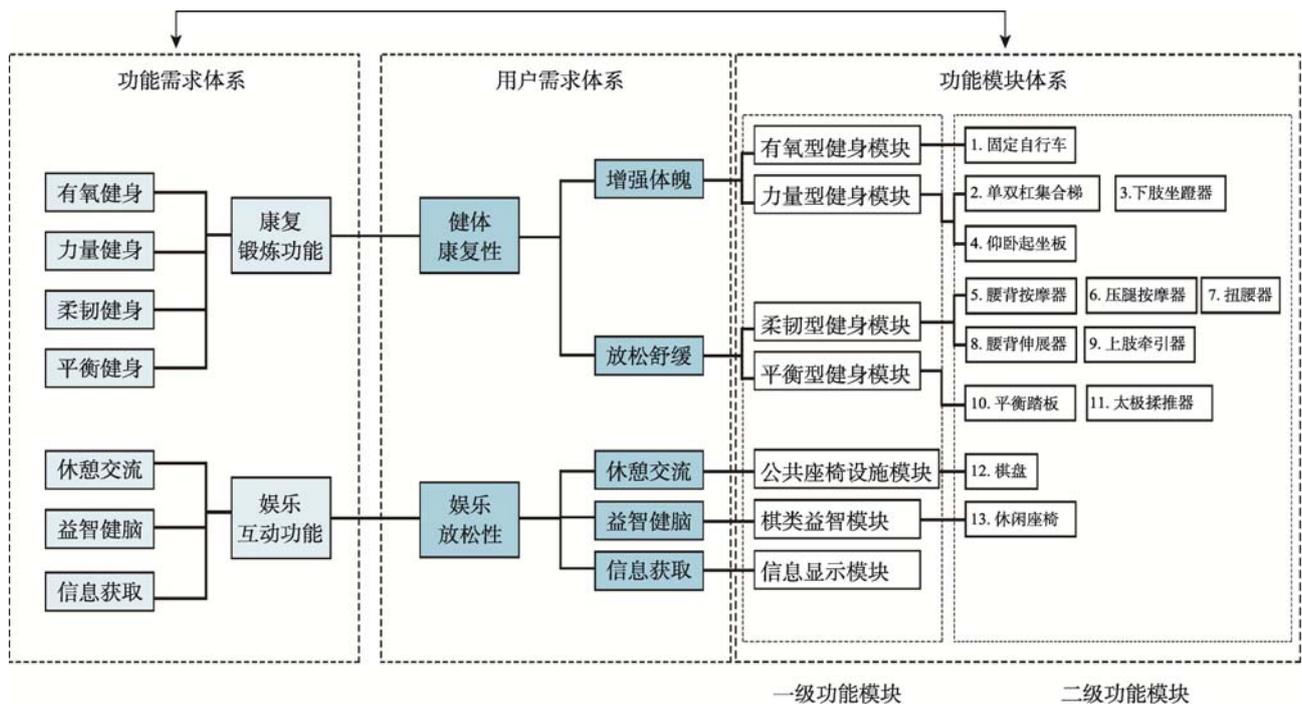


图2 适老化健身设施映射体系关系构建

Fig.2 Construction of the mapping system relationship of aging fitness facilities

## 2 适老健身设施模块划分实现

### 2.1 适老健身设施功能模块划分评价准则建立

为了使模块划分更加合理,需要对产品各个单元关联性进行分析<sup>[11]</sup>。以功能关联分析为例,设  $P_i$  和  $P_j$  为 2 个产品单元,其关联系数在 0—9 标度内选取,关联系数为 0 时代表单元间无关联性,关联系数为 9 时代表单元间具有极强关联性<sup>[12]</sup>,功能关联性评价准则见表 3,结构和需求关联系数均以同样方式进行确定。

表 3 功能关联性评价准则

Tab.3 Functional relevance evaluation criteria

关联系数	功能关联程度
0	$P_i$ 和 $P_j$ 无功能关系
1	$P_i$ 与 $P_j$ 功能关系较弱
3	$P_i$ 与 $P_j$ 功能关系适中
5	$P_i$ 与 $P_j$ 功能关系微强
7	$P_i$ 与 $P_j$ 功能联系较强
9	$P_i$ 与 $P_j$ 功能联系极强

### 2.2 多因素功能模块关联矩阵构建及转化

按照 3 类关联评价准则来确定各单元两两之间关联性数值,并构建相应的关联性矩阵<sup>[10]</sup>。

1) 分别建立功能、结构、需求三大关联性矩阵。已知单元  $P_i$  和  $P_j$  ( $i, j=1, 2, \dots, n$ ),  $P_{(i,j)}$  为二者间关联系数,关联矩阵  $R$  表示如下:

$$R = \begin{bmatrix} P_{(1,1)} & P_{(1,2)} & \dots & P_{(1,n)} \\ P_{(2,1)} & P_{(2,2)} & \dots & P_{(2,n)} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ P_{(n,1)} & P_{(n,2)} & \dots & P_{(n,n)} \end{bmatrix}$$

2) 计算综合关联矩阵  $R_c$  标准指数。根据构建的三大矩阵数据可得到  $R_c$  标准指数,其计算公式如下:

$$R_c(i, j) = \beta[\omega_f P_f(i, j) + \omega_s P_s(i, j) + \omega_r P_r(i, j)] \quad (1)$$

其中,  $\beta$  为正则化系数,  $\beta$  取值为  $1/9$ <sup>[13]</sup>,  $\omega_f$ 、 $\omega_s$ 、 $\omega_r$  分别为功能关联指数、结构关联指数、用户需求关联指数的权重系数,可由层次分析法确定;  $P_f(i, j)$ 、 $P_s(i, j)$ 、 $P_r(i, j)$  分别为功能关联指数、结构关联指数、需求关联指数,并由经验丰富的工程师进行数值确定。

### 2.3 适老健身设施功能模块关联矩阵输出

依据图 2 的映射体系,将 13 项二级功能模块进行编号处理,随即建立功能、结构和用户需求关联性矩阵,矩阵中的数值由经验丰富的健身设施产品设计工程师进行确定。以 0—9 标度法作为各类关联性数值确定准则,通过 5 位专家协同判定,得出功能关联矩阵  $R_f$ 、结构关联矩阵  $R_s$ 、用户需求关联矩阵  $R_r$ ,见图 3。

为了确定综合关联矩阵计算中包含的功能关联指数  $P_f$ 、结构关联指数  $P_s$  和用户需求关联指数  $P_r$  的权重系数  $\omega_f$ 、 $\omega_s$ 、 $\omega_r$ ,采用层次分析法来求解,该矩阵数值同样由 5 名经验丰富的健身设施产品设计工程师进行确定,  $P_f$ 、 $P_s$ 、 $P_r$  的关联矩阵,见表 4。

功能关联性矩阵 $R_f$													结构关联性矩阵 $R_s$													用户需求关联性矩阵 $R_r$															
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.			
1.	9	0	5	0	0	0	5	0	0	5	0	1	1	1.	9	0	7	0	0	0	7	0	0	7	0	7	0	1.	9	0	5	0	0	0	5	5	5	5	0	5	3
2.	0	9	1	0	0	0	0	5	0	3	0	1	0	2.	0	9	0	0	0	0	7	0	7	0	7	0	2.	0	9	1	0	0	0	0	0	3	7	0	5	5	
3.	5	1	9	0	0	3	1	0	5	5	0	3	0	3.	7	0	9	0	0	5	5	0	7	7	0	0	3.	5	1	9	0	0	3	5	1	7	5	0	1	5	
4.	0	0	0	9	7	0	0	0	1	0	0	9	3	4.	0	0	0	9	0	0	0	9	0	0	9	7	4.	0	0	0	9	0	0	1	0	0	0	0	7	7	
5.	0	0	0	7	9	7	0	1	1	7	0	7	3	5.	0	0	0	9	9	0	5	9	9	0	9	7	5.	0	0	0	9	7	1	0	0	7	0	7	7		
6.	0	0	3	0	7	9	0	0	0	0	0	0	0	6.	0	0	5	0	9	9	0	0	0	0	0	0	6.	0	0	3	0	7	9	0	0	3	3	0	0	0	
7.	5	0	1	0	0	0	9	5	3	1	0	0	0	7.	7	0	5	0	0	0	9	7	5	1	0	0	7.	5	0	5	1	1	0	9	5	1	3	0	1	1	
8.	0	5	0	0	1	0	5	9	3	5	0	0	0	8.	0	7	0	0	5	0	7	9	3	5	0	0	0	8.	5	0	1	0	0	0	5	9	5	3	0	0	5
9.	0	0	5	1	1	0	3	3	9	3	1	0	0	9.	0	0	7	9	9	0	5	3	9	7	7	0	7	9.	5	3	7	0	0	3	1	5	9	7	5	5	5
10.	5	3	5	0	7	0	1	5	3	9	3	3	1	10.	7	7	7	0	9	0	1	5	7	9	3	7	3	10.	5	7	5	0	7	3	3	3	7	9	7	5	5
11.	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3	9	5	0	11.	0	0	0	0	0	0	0	7	3	9	7	3	11.	0	0	0	0	0	0	0	0	5	7	9	7	1	
12.	1	1	3	9	7	0	0	0	0	3	5	9	3	12.	7	7	0	9	9	0	0	0	7	7	9	5	12.	5	5	1	7	7	0	1	0	5	5	7	9	9	
13.	1	0	0	3	3	0	0	0	0	1	0	3	9	13.	0	0	0	7	7	0	0	0	7	3	5	9	13.	3	5	5	7	7	0	1	5	5	5	1	9	9	

图 3 13 项二级功能模块的功能、结构、用户需求关联性矩阵数据

Fig.3 The correlation matrix data of function, structure, and user needs of 13 secondary function modules

表4 功能、结构、用户需求关联性矩阵  
Tab.4 The correlation matrix of function, structure, and user needs

	$P_f$	$P_s$	$P_r$	$\omega$
$P_f$	1	3	1/2	0.3000
$P_s$	1/3	1	1/6	0.1000
$P_r$	1/2	2	1	0.6000

根据层次分析法可计算出  $\lambda=3$ 、 $CI=0$ ，故该矩阵通过一致性检验。同时通过该矩阵可得到功能关联指数、结构关联指数和用户需求关联指数的权重系数  $\omega_f$ 、 $\omega_s$ 、 $\omega_r$ ，分别为 0.30、0.10、0.60，因此通过式(1)可得出综合关联矩阵  $Rc$  标准化数值，转化后形成的模糊等价矩阵，见图 4。随后需要将该矩阵数据进行模糊聚类分析，从而实现适老健身设施的功能集合构建。

	$P_1$	$P_2$	$P_3$	$P_4$	$P_5$	$P_6$	$P_7$	$P_8$	$P_9$	$P_{10}$	$P_{11}$	$P_{12}$	$P_{13}$
$P_1$	1	0	0.577 78	0	0	0	0.577 78	0.333 33	0.333 33	0.577 78	0	0.444 44	0.233 33
$P_2$		1	0.1	0	0	0	0	0.244 44	0.2	0.644 44	0	0.444 44	0.333 33
$P_3$			1	0	0	0.355 556	0.422 22	0.066 67	0.711 11	0.577 78	0	0.166 67	0.333 33
$P_4$				1	0.233 33	0	0.066 67	0	0.133 33	0	0	0.866 67	0.644 44
$P_5$					1	0.8	0.066 67	0.888 9	0.133 33	0.8	0	0.8	0.644 44
$P_6$						1	0	0	0.2	0.2	0	0	0
$P_7$							1	0.577 78	0.222 22	0.244 44	0	0.066 67	0.066 67
$P_8$								1	0.466 67	0.422 22	0	0	0.333 33
$P_9$									1	0.644 44	0.444 44	0.333 33	0.411 11
$P_{10}$										1	0.6	0.511 11	0.4
$P_{11}$											1	0.711 11	0.1
$P_{12}$												1	0.755 56
$P_{13}$													1

图4 适老健身设施模糊等价矩阵数据

Fig.4 Fuzzy equivalent matrix data of fitness facilities for the elderly

### 3 基于模糊聚类分析的适老健身设施功能集构建

为了构建适老健身设施的功能集合，需要将图 4 中得到的模糊等价矩阵数据进行模糊聚类分析，不同状态会对整个适老健身设施系统功能产生不同程度的影响。输入阈值  $\lambda$ ，可生成动态聚类树，依据一定的限定条件从多组模块聚类方案中筛选出最优聚类集合<sup>[14]</sup>。

在 Matlab 中输入综合矩阵数据并调用 Dendrogram 函数， $\lambda$  取值为 0~1，随着  $\lambda$  数值逐渐增加，聚类的颗粒度也随之变化，生成的动态聚类树见图 5。

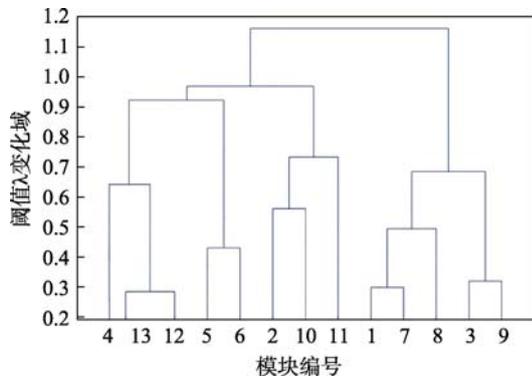


图5 适老健身设施功能模块动态聚类树

Fig.5 Dynamic clustering tree for functional modules of fitness facilities for the elderly

图 5 中横坐标数值代表模块编号，纵坐标数值代表阈值  $\lambda$  变化域。随着  $\lambda$  数值的变化，会形成多种适

老健身娱乐设施的功能集合方案，见表 5。其中，括号内的数字代表可集合的功能模块。

表5 阈值变化对应的功能集合方案

Tab.5 Function collection scheme corresponding to threshold change

$\lambda$ 数值	二级功能模块下单元集合
0.30	4, (12, 13), 5, 6, 2, 10, 11, (1, 7), 8, 3, 9
0.40	4, (12, 13), 5, 6, 2, 10, 11, (1, 7), 8, (3, 9)
0.50	4, (12, 13), (5, 6), (2, 10), 11, (1, 7), 8, (3, 9)
0.60	4, (12, 13), (5, 6), (2, 10), 11, (1, 7, 8), (3, 9)

当  $\lambda$  分别取值为 0.30、0.40、0.50、0.60 时，二级功能模块会有多种组合方式。其中括号内为可进行集成化组合设计的健身设施功能元，为了选取最适的集合方案同时确定  $\lambda$  的取值，因此需要从不同功能元的物理结构角度来进一步分析，并选取物理结构相似的功能元进行集合。

从物理结构角度分析功能元，主要从 2 个方面出发，分别是接触面和支撑面。接触面指的是 2 个平面接触的部分，支撑面指的是外轮廓的支撑点连线成的面，具有相似结构面和接触面的功能元更适合进行功能集合。适老健身设施系统功能单元支撑面与接触面分析见图 6，其显示的是 13 种适老健身设施系统功能单元的支撑面和接触面分析，其中黄色实线框选区域为支撑面，蓝色虚线框选区域为接触面。

通过图 6 中各功能单元支撑面和接触面的展示，同时对应表 5 中  $\lambda$  分别取值为 0.30、0.40、0.50、0.60 时所对应的模块单元集合分析发现，当  $\lambda$  取值不断增

大时，单元集合越集中，当  $\lambda$  取值为 0.3 和 0.4 时，5. 腰背按摩器和 6. 压腿按摩器具有相似度较高的支撑面和接触面，但未被集合到一组。而当  $\lambda$  取值为 0.6 时，2. 单双杠集合梯和 10. 平衡踏板/晃板二者被集合为一组，但二者的接触面差异较大，并不适合进行集合，因此选取  $\lambda$  取值为 0.5 时为最优解，集合方案可表示为 4. 仰卧起坐板，( 12. 棋盘，13. 休闲座椅 )、( 5. 腰背按摩器，6. 压腿按摩器 )、( 2. 单双杠集合梯，10. 平衡踏板 )，11. 太极揉推器，( 1. 固定自行车，7. 扭腰器 )、8. 腰背伸展器，( 3. 下肢坐蹬器，9. 上肢牵引器 )。为了使集合后的方案更加合理，对  $\lambda$  取值为 0.5 时的方案进行结构面和支撑面分析。



图 6 适老健身设施系统功能单元支撑面与接触面分析  
Fig.6 Analysis of the supporting surface and contact surface of the elderly fitness facility

由图 6 可看出，未被集合的独立单元 4. 仰卧起坐板及 8. 腰背伸展器的支撑面构成相近、接触面形态大致相同，同时都可使用户人群腰背部得到锻炼，因此将其进行组合。已被集合的单元 1. 固定自行车及 7. 扭腰器间在尺寸规格、功能结构上都存在较强差异性，因此拆分为 2 个独立功能元。修正后方案可表示为 2. 单双杠集合梯，10. 平衡踏板，1. 固定自行车，7. 扭腰器，( 3. 下肢坐蹬器，9. 上肢牵引器 )，( 5. 腰背按摩器，6. 压腿按摩器 )，11. 太极揉推器，( 4. 仰卧起坐板，8. 腰背伸展器 )，( 12. 棋盘，13. 休闲座椅 )，在设计实践中可依据功能需求进行功能元交叉组合或拆分。

根据筛选出的单双杠集合梯、平衡踏板等子功能集合，对交叉的子功能元结构参数进行标准化设计，

生成系列化零部件，以零部件转换的形式满足不同形态的功能模块集合方案构成，见图 7。



图 7 零部件构成的功能集合结构模型  
Fig.7 Functional assembly structure model composed of parts

同理，根据构建的适老健身设施功能集合对其他适老健身设施方案采用同样方式依次进行设计，见图 8。

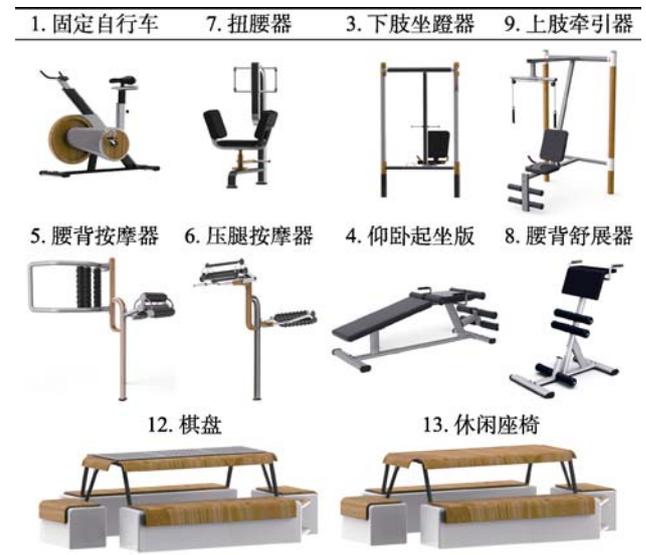


图 8 其他子功能集合结构模型  
Fig.8 Other sub-function collection structure model

图 8 中 1. 固定自行车和 7. 扭腰器为单独使用的功能元，3. 下肢坐蹬器和 9. 上肢牵引器为同类型集成化设计，5. 腰背按摩器、6. 压腿按摩器和太极揉推器为同类型集成化设计，4 仰卧起坐板和 8 腰背伸展器为同类型集成化设计，12 棋盘和 13 休闲座椅为同类型集成化设计。从功能关联、结构关联、需求关联及支撑面和接触面等角度综合分析，最终得到最佳的适老健身设施功能集。

## 4 结语

对社区适老健身设施功能组合进行探索性研究,通过实际需求问题逐步建立适老健身设施的新型映射关系,以关联指数计算为载体,从模块划分角度探讨设施模块的属性分类,并通过模糊聚类分析形成高度集中的适老健身设施构建方案集。实践表明,通过模糊聚类方法能够高效、有序地进行适老健身设施的设计,可以适应不同社区设施的配置情况,并为解决现存设施矛盾问题提出了一种新的思路。

### 参考文献:

- [1] 李文浩,王时英.基于情感需求的老年健身车形态设计[J].包装工程,2019,40(18):196-201.  
LI Wen-hao, WANG Shi-ying. Shape Design of Exercise Bike for the Elderly Based on Emotional Needs[J]. Packaging Engineering, 2019, 40(18): 196-201.
- [2] 姚雪松,冷红,魏冶,等.基于老年人活动需求的城市公园供给评价——以长春市主城区为例[J].经济地理,2015,35(11):218-224.  
YAO Xue-song, LENG Hong, WEI Zhi, et al. Evaluation of the Supply of Urban Parks Based on the Activity Demand of the Elderly: Taking the Main Urban Area of Changchun as an Example[J]. Economic Geography, 2015, 35(11): 218-224.
- [3] 周春娇.基于模块化的高校校园公共设施设计方法研究[D].北京:北京服装学院,2013.  
ZHOU Chun-jiao. Research on the Design Method of Campus Public Facilities Based on Modularization[D]. Beijing: Beijing Institute of Fashion Technology, 2013.
- [4] 王梓涵,杨国新.基于老年人居家生活需要的模块化家具研究[J].包装工程,2020,41(2):276-280.  
WANG Zi-han, YANG Guo-xin. Research on Modular Furniture Based on the Living Needs of the Elderly. Packaging Engineering, 2020, 41(2): 276-280.
- [5] SEKENDIZ B P. An Analysis of the Efficacy of Incident Reporting Systems for Sustainable Development in the Health Fitness Industry: the Case of a Public Multipurpose Fitness Facility[J]. Journal of Science and Medicine in Sport, 2019(22): 12.
- [6] 唐琳,常瑜,王子瑞.基于QFD与AHP的老年人健身器械造型设计[J].包装工程,2019,40(24):199-204.  
TANG Lin, CHANG Yu, WANG Zi-rui. The Shape Design of Fitness Equipment for the Elderly Based on QFD and AHP[J]. Packaging Engineering, 2019, 40(24): 199-204.
- [7] 陈继文,张进生,王志,等.面向产品创新设计的功能模块动态划分方法研究[J].中国机械工程,2013,24(2):251-257.  
CHEN Ji-wen, ZHANG Jin sheng, Wang Zhi, et al. Research on the Method of Dynamic Division of Functional Modules for Product Innovation Design. China Mechanical Engineering, 2013, 24(2): 251-257.
- [8] 韦宇欣.老年社区宜居环境中的公共设施设计[J].包装工程,2019,40(4):287-290.  
WEI Yu-xin, Design of Public Facilities in a Livable Environment for the Elderly Communities[J]. Packaging Engineering, 2019, 40(4): 287-290.
- [9] 刘菲.养老社区户外空间健身产品设计[D].北京:中央美术学院,2011.  
LIU Fei. Outdoor Space Fitness Product Design for Elderly Care Community[D]. Beijing: Central Academy of Fine Arts, 2011.
- [10] 田保珍,余隋怀,王淑侠,等.多约束条件下定制产品模块划分方法[J].计算机工程与应用,2016,52(19):234-240.  
TIAN Bao-zhen, YU Sui-huai, WANG Shu-xia, et al. Customized Product Module Division Method under Multiple Constraints[J]. Computer Engineering and Applications, 2016, 52(19): 234-240.
- [11] 程贤福,罗珺怡.考虑两两模块之间关联关系的产品模块划分方法[J].机械设计,2019,36(4):72-76.  
CHENG Xian-fu, LUO Jun-yi. Product Module Division Method Considering the Correlation Between Two Modules[J]. Mechanical Design, 2019, 36(4): 72-76.
- [12] 王日君,张进生,葛培琪,等.面向设计的产品模块划分方法[J].武汉理工大学学报,2010,32(1):174-178.  
WANG Ri-Jun, ZHANG Jin-sheng, GE Pei-qi, et al. Design-oriented Product Module Division Method[J]. Journal of Wuhan University of Technology, 2010, 32(1): 174-178.
- [13] 贡智兵,李东波,史翔.面向产品配置的模块形成及划分方法[J].机械工程学报,2007(11):160-167.  
GONG Zhi-bing, LI Dong-bo, SHI Xiang. Module Formation and Division Method for Product Configuration[J]. Journal of Mechanical Engineering, 2007(11): 160-167.
- [14] 陈湛.面向感性设计的邮轮模块化智能布局设计方法研究[D].武汉:武汉理工大学,2020.  
CHEN Zhan. Research on Modular Intelligent Layout Design Method of Cruise Ship Oriented to Perceptual Design[D]. Wuhan: Wuhan University of Technology, 2020.