

# 一种面向机器人的超市形态建模方法

杨淮清 余冠华 刘 童 薛明昊 (沈阳工业大学 辽宁 沈阳 110078)

**摘要:** 结合超市经营客观实际,围绕环境、商品、货架形态建模过程遇到的体系结构、关键症结解决对策等展开深入讨论,给出了问题处置策略、指导原则与技术路线。

**关键词:** 环境建模;形态建模;多知识结构;机器人学;超市管理

## A Morphology Modeling Method for Robotic Supermarket Management

YANG Huai-Qing, YU Guan-Hua, LIU Tong, XUE Ming-Hao

(Shenyang University of Technology, Shenyang 110078, China)

**Abstract:** Based on the real supermarket management, this paper discusses the frame structure and the sticking points to be solved for the environment modeling, the products modeling and the shelf morphology modeling. It has given the specific solution strategy, the golden rules and technical routes.

**Keywords:** environmental modeling; morphology modeling; multi-knowledge structure; robotics; supermarket management

## 1 引言

当今,超市几乎可以说遍布人类社会各个角落,然而其管理、经营模式却从未产生重大变更。伴随着形形色色超市的涌现,如何将机器人引入本行业,并依此飞跃性地提升经营成效与服务质量即显得尤其重要和急迫。对于超市来说,机器人至少可以完成导购、代步、物品搬运、理货、安全巡检与地面清洁等事项,如若再增添仿人化外形和自然语言接口,礼仪、促销、商品宣传也不难予以实现。超市具有鲜明的典型性与代表性,它同仓储、药房、书店、酒店、宾馆、办公室,甚至家庭之类环境并不存在本质性差异。假若机器人在超市领域获得成功应用,那么许多人的工作、生活方式必将产生显著变化。

近些年,国内外科技界逐步地出现了一些商业服务机器人研发趋势,比较典型的是哈工大、日本大阪仿人迎宾机器人。它们借助传感器来感知顾客到来与离去,利用预先设定内容同其打招呼<sup>[1]</sup>。据个别资料显示,有人已开始研究采用遥控技术实现的导购机器人。应该清醒地看到:尽管人们围绕该课题做了许多工作并取得初步成效,但距离完全实用依旧十分遥远。

此前,机器人应用场所主要集中于工业界,虽然近些年出现了朝农业、军事、医疗、服务与家庭等方面转向趋势,但受制于环境、期望要求的一些固有特性,使得研发进展仍显异常缓慢。如欲将机器人全面地应用于超市,就必须首先妥善地解决环境、商品、货架的快速、高效、准确描述问题,这便是超市形态建模。

## 2 超市形态高效建模面临难题

超市看似简单,不过若意欲引进机器人综合管理却必须真正实用化地解决形态建模。在超市行业,形态建模至少应当包括环境、商品、货架与货柜描述。在这里,环境指的是营销区、库房区和机器人可能涉足的其它一切区域,对其进行建模就是刻画、描述并随时真实地展现出原有特性、特征与空间布局。商品建模则主要包括范畴划分、物理形态、属性特征、价值参数和附带信息等。超市中商品五花八门、变化多端,从外表看似杂乱无章,但透过表象不难发现其内在规律,这便是以功用为轴心的多级递阶逐步精准确定。商品范畴划分就是沿功用分类,逐层地表现出

基金项目:辽宁省教育厅基金(2008500)

收稿时间:2009-07-20;收到修改稿时间:2009-09-22

它们之间的彼此差别。商品物理形态比较直观，它指的是大小、体积、重量和外形等体形特征。在此，由于商品极度广泛与可能包含有某种随机、不确定特性，如非人工制造品的蔬菜、瓜果、水产及家禽，几近不可能绝对精确地真实化建立体形外貌。商品属性特征指易碎、易爆、可燃、外溢、腐蚀、腐烂、变质等性质。商品价值参数主要涉及进货、销售与促销折扣价格。商品附带信息重点反映具体物品的制造商、供货商、质保类属、售后质量保证承诺和售卖形势统计、分析，等等。货架、货柜泛指承载商品堆积、存放的支撑性非售卖物品，它既包括具体的各类货架、货柜，同时也涵盖展柜、展台、柜台、堆积台和临时堆积区。

在超市营销区域内，根据经营品种差异经常被切分成形状不同的大小环境；在切分出的环境中摆放了各式各样的货架、货柜；而货架、货柜里又分类堆积了商品。最终，通过环境、商品与货架、货柜的有机结合构造出完整的超市形态。

超市形态高效建模之所以困难重重，其根本实质既表现在个体对象种类繁多，而且也反映在彼此特性、职责与作用相距甚远，如果再将商品上架、顾客随手丢弃和购物消减引起的时变因素，及其人员走动等考虑在内，差不多注定了必然不可谋求采用单一方式对它们给予表征。

### 3 多知识结构性超市形态高效建模根本出路

当代超市规模不一、经营范围各式各样，如何最大限度地解决所建模型的效率、准确性、扩展灵活性、运用简洁性和快速应对临时变迁等，推动整个系统真正解决社会面临实际问题并达到实用化，这些就演变成成为头等必须慎重关注要素。

针对超市客观实际，为了实现机器人综合管理目标，必须探寻行之有效的切实实用化建模对策。在此，最值重视，或许还是唯一出路的便是多知识结构模式。不管超市多么错综复杂，概括起来无外由环境、商品、货架与货柜所组成。关于环境建模可以继续沿用作者先前研发的二维半描述、区域分割与合并、样本与知识利用等项技术<sup>[2]</sup>；商品建模分上、下两级进行，上级建模主要解决归类、基本属性、物理形态描述与编码，下级建模则面向具体物品刻画出价值参数和附带信息；货架、货柜建模运用二维半、部件拆分、组装与样本衔接等技术路线<sup>[3]</sup>。在商品分类编码时，参考前时围绕地理行政区划问题创建方法，经改造用来求

解。具体点说，此处涉及到的知识表示结构主要以广义一阶谓词、语义网络、框架等面目出现。其中，广义一阶谓词<sup>[4]</sup>协助二维半、区域分割、部件拆分、样本定义等完成对于环境、商品、货架、货柜的物理形体建模；语义网络利用其联想、继承和多级递阶优势实现商品整体建模；框架将环境、商品、货架、货柜紧密地结合在一起，构成超市总体模型。通过它们之间相互协作，不但能够快捷地定位待购商品，而且可以依据预先设定摆放位置，迅速地确定售空者为何物。

### 4 超市形态建模对策与关键难题求解

在超市环境里面，服务于机器人的形态建模必将同时地面对着针对结构与非结构两大类物件展开描述。此时，不管对它们哪一个建立模型，全都必须认真对待的首要问题便是：如何在确保灵活、细腻、广泛、高效与简便等前提之下，最大限度地达到形象、直观、快捷、准确和易于通过感知手段自动修正、创建。

针对超市形态建模固有基本特性，因此重点研究并解决了下列各项问题：

#### 4.1 体系结构与主体路线

无论超市形态建模如何庞杂，归根结底仍然不会超出机器人环境建模具体实际应用范畴。顾及使用者期待、建造方便与现有周边技术水准多方限制，建模以高层知识、数据库、内部编码三级形式联合表达。高层知识用于抽象化理解；数据库应付因缺少现成知识管理工具而带来的信息长期保存困难；内部编码则依照问题求解即时现状，临时地聚焦关联信息，并转化、生成简洁、高效表示，确保最终构成系统迅捷完成担负使命。

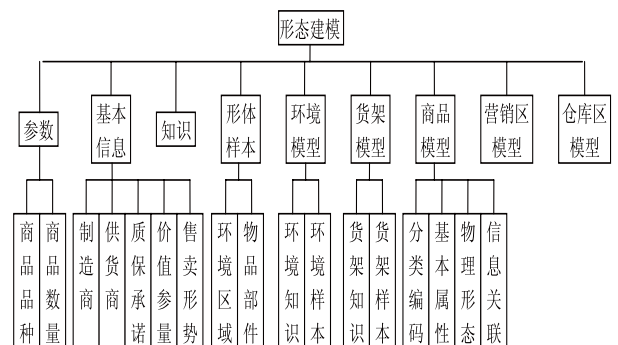


图 1 功能模块组成

概括起来，超市形态建模最后成份不外各类知识库、样本库、参数与信息库，在关联框架作用之下组装成完整实体模型。为达本目标，实验系统将由图 1 所示各功能模块组成。

其实，此间暂时忽略了商品在环境和货架方面的结构布局规划与货架摆放数量确定，把本职责转移赋予管理者承担。另外，因受囿于篇幅限制，很多模块只是笼统地给出主体职能，尚未予以进步详细划分与论述。

#### 4.2 商品分类编码

在中、大型超市里面，商品门类、品种经常数以万计，其中不少只因规格、制造商微小差异而可以细分出许多。在此，若缺乏有效分类、编码，寻找具体者犹如大海捞针一样艰难无比。商品划分带有特别显著的多级递阶色彩，要是每一对象后续繁衍不超出 52，利用英文字母大小写，采用一位字符便可实现唯一标识。假若再增加 0~9 数字，后续繁衍极限即扩展到 62。这样以来，划分阶层(编码长度)同最终适应能力就遵从表 1 所示关系。

表 1 商品划分阶层与终端节点关系

划分阶层	1	2	3	4
终端节点数 (不含数字)	52	2,704	140,608	7,311,616
终端节点数 (含数字)	62	3,844	238,328	14,776,336

从中不难看出：当选取 3 层结构，不含与含数字编码方式分别能够应付 14 万和接近 24 万商品。如果把分层不饱满因素考虑在内，不管哪种编码机制，大概最多采用 4 层即可以轻易地满足世界任何零售商需求。

#### 4.3 商品灵巧检索机理研究

超市形态建模主体是商品，无论机器人何种行为恐怕不可能摆脱直接或间接地同它们打交道。如此以来，商品检索效率、准确度与灵巧性就演变得无法忽视。本问题虽不决定服务圆满程度，但却制约着人们对于最终系统的接受。试想有谁可以容忍把大量时间花费在频繁的前期数据准备上面，即使此系统性能极其优越，最后也难逃束之高阁命运。关于商品检索机理，在此提出下列几种实现途径：

- (1) 基于功用按层逐步展开；
- (2) 基于限定范围不精确查找；
- (3) 基于功用表达树由近而远逐层递阶搜索；

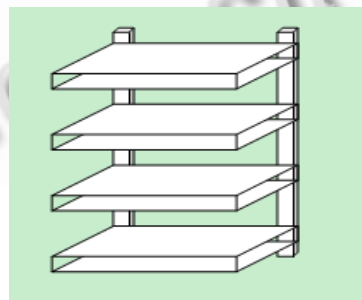
- (4) 基于分块的上下文关联检索；
- (5) 基于使用频度统计排序的热点式列表查询；
- (6) 基于编码的过滤定位。

本检索机理集内策略，既具有彼此互补特性，也存在各自无关或对立。灵巧调度、切换当依据使用者习惯、爱好、问题性质初步分析巧妙组织。

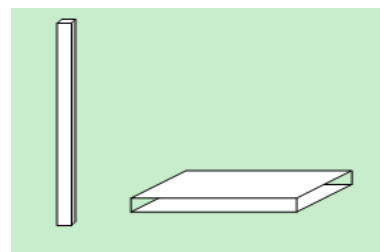
#### 4.4 基于二维半描述与切分部件样本的货架立体建模

从面向机器人任务完成立场出发，支撑商品堆积、存放的泛化货架毫无例外地全部由人工制造产生，它们共同特性就是能够采用数学、几何方式予以高效、准确描述<sup>[5]</sup>，并且相对规整而可以运用二维半思想刻画出三维立体特征。

对于结构化物体而言，其三维立体特征将由各个面组合而成，而面却利用边线环绕连接形成，边线则靠顶点来确定。物体上的点、线、面并非绝对独立，它们经常承受着某种内在因素制约。事实上，线就是点沿既定轨迹扫描后的结果，同样，面也是线遵照某种约束下的扫描显现。在这里，如果最基本因子顶点采用完全三维方式描绘，势必产生大量冗余信息，但要是将点、线、面三者视为有机整体，再辅以各自之间的相互依从关系，则容易实现既不丢失有用信息，同时又最大化地避免了数据冗余。此外，还极大地缓解了物体建模面对的各类矛盾性要求。



(a) 整体结构



(b) 拆分部件

图 2 货架立体构成示意

落实到实际化个体,货柜可视为盒状物品;货架为多层叠加式平板或框笼;展柜为拉门多层板块;展台、柜台、堆积台则为柱形体顶部表面。以使用最普遍的货架为例,其整体与局域拆分部件示意能够以图2中(a)和(b)表现。

货架可以认识为立柱与层板拆分部件样本的拼接、叠加物,每个部件样本都能视作二维端面在其法线方向拉伸、扫描之后形成物。在这里,二维即指物体端面边线包络描绘,半维就是端面拉伸、扫描轴线参数。

如果采用数学语言,可以对二维半描述方法归结如下:

设,物体由  $xoy$  平面上的  $M$  个网格面片  $F$  组成,而每个网格面片又包含  $N$  条边线  $L$ ,每条边线含有两个端点  $D$ ,外加一个类属特性  $P$ 。

那么,当在扫描规则  $G$  约束之下,网格面片经过运动所产生的包络就叫做二维半模型  $S$ 。

在这里,除  $S$  外各个成份要么是数组或向量,要么是矩阵。简言之,所谓二维半就是二维网格面片基础上,外加半维约束规则经扫描所构成的统一体<sup>[6]</sup>。

货架拆分部件的结构化本性决定了不可能超越基本体——柱、台、锥,以及基于它们之上的扭、曲、削、剪、挖、砌等诸类变形处理。更多地,仅仅需要基本四棱柱体便足够应付实际需求。这样一来,常常只要给出长、宽、高三个数据即可以简洁地刻画出一个部件的形态。要是感觉到表示范围依然有失广泛,那么,沿柱体某表面挖去另一柱体,便容易获得货柜、箱体。假若仍显不够灵活、全面,则在扫描规则约束中添加端面夹角、质心偏移之类参数,还可简便地扩充表征能力,处置更加复杂问题。

通过部件样本参照端面形心间偏移、旋转基础上的组合、叠加,不但能够容易地构造出超市环境中所遇一切泛化货架,而且几乎可以给出各种商品外形体征。虽然商品外貌体征存在非结构可能,但进入超市之后便随即失去了自然生长状态所具有的某些原有特性,关注重点或堆积变形促使只须描绘出明显差异即足够了。

#### 4.5 货架摆放与商品排布

虽然世界上各个超市在室内结构、经营范围、商品品种、管理风格与销售状况等方面必然存在或多或少差别,但它们全部遵照了按商品功用分片摆放、排

布规则。环境区块分割与货架多部件样本组装特性正好顺应了此间需求,借助框架知识表示能够轻易地将环境、货架、商品妥善地组织在一起。环境空间中的每个货架容易标识,利用摆放位姿建模不仅可以指出相对基准坐标的位置、转角和开口朝向,并且能够描绘出周边相邻关系。采用相似思想,针对货架层次结构特性,依照某种思维习惯(比如从左到右)将层板空间虚拟地予以切分,通过指定切分空间置放商品,从而实现货架与商品间的关联建模。

## 5 结论

超市形态建模惟机器人进入本行业实施全面综合管理之基本条件。超市自身特性决定了要想促使建立模型真正实用,那么就必须认真对待环境、商品、货架种类繁多、类别特征差异巨大与时变特性明显等等问题。如何妥当处置它们,不仅直接地关系着围绕该领域开展的工程系统研发命运,同时还一定程度上影响着机器人学顺畅发展。本研究正是这种形势下,结合以往工作积累针对面临难题施行的初步探索。今将其公诸于众,一则恳盼同行给予批评指正,另则也望借此激发更多人士投入,共同推动机器人造福社会。

## 参考文献

- 1 Tetsuo Tomizawa Kohtaroh Ohba Akihisa Ohya Shin'ichi Yuta. Remote Food Shopping Robot System in a Supermarket-Realization of the shopping task from remote places. 2007 International Conference on Mechatronics and Automation (ICMA 2007), vol.4, Harbin, China.
- 2 李桂文,陈宇.大型综合超市流线设计研究[硕士学位论文].哈尔滨:哈尔滨工业大学,2006.
- 3 杨淮清,于舜.基于二维半的半结构对象建模方法研究.微计算机信息,2009,3(25):274 - 275.
- 4 李思强,袁满,张连滨,李春生,郭立君.语义对象及建模技术.计算机应用研究,1999.40 - 41.
- 5 樊丽萍,邹荣金.二维半自由曲面造型技术与雕刻系统.计算机工程,1998,24(8):16 - 19.
- 6 杨淮清,于舜.一种基于二维半描述的树木实体建模方法研究.计算机工程与应用,2008,44(专刊):35 - 37.