

郑州航院

大学生创新训练计划项目申报表

推 荐 学 校 :	郑州航空工业管理学院 (盖章)
项 目 名 称 :	面向个性化需求的无人机模块配置方法研究
项 目 编 号 :	
项 目 层 次 :	<input checked="" type="checkbox"/> 重点项目 <input type="checkbox"/> 一般项目
所属一级学科名称:	管理学
项目负责人:	柴晓阳
联系电话:	17538827403
指导教师:	闫琼 张海军
联 系 电 话 :	15038348506
申 报 日 期 :	2023 年 4 月

郑州航院创新创业中心 制

项目名称		面向个性化需求的无人机模块化配置方法研究					
项目关键词		个性化需求；无人机；模块化配置；KANO模型；遗传算法					
项目所属一级学科		管理学					
项目层次		(√) 重点项目 () 一般项目					
项目实施时间		起始时间：2023 年 05 月 完成时间：2024 年 05 月					
项目简介 (200字以内)		<p>为实现无人机产品的快速个性化定制，本项目拟以KANO模型为基础，结合古林法及熵权法，用于获取客户需求权重，精准映射客户需求；接着，引入模糊隶属函数对顾客需求和模块实例之间的匹配度进行度量，在考虑工程约束、成本约束和供应约束条件下，以无人机的最大匹配价值为目标函数建立产品配置决策模型，同时设计优化算法对模型进行求解；最后，进行实例计算，以验证决策模型及求解算法的有效性。项目研究成果能够有效缩短无人机个性化产品的开发周期，降低生产成本，提升客户满意度。</p>					
申请人或申请团队	主持人	姓名	年级	学号	所在院系/专业	联系电话	E-mail
		柴晓阳	21级	2102210502	管理工程学院/工业工程	17538827403	2379568934@qq.com
	成员	于孟飞	21级	2102210627	管理工程学院/工业工程	17629505190	3063058269@qq.com
		郭润桐	21级	2102210606	管理工程学院/工业工程	18535551808	1084964975@qq.com
		王一鑫	21级	2102210328	管理工程学院/工业工程	13525150717	2842854594@qq.com
		郭庆	21级	2102210102	管理工程学院/工业工程	18836936543	1329096615@qq.com
指导教师	第一指导教师	姓名	闫琼		单位	管理工程学院	
		年龄	39		专业技术职务	副教授	
	主要成果		<p>主持1项教育部人文社科青年基金项目，2项河南省科技攻关项目，2项河南省高等学校重点科研项目；参与 2项国家级项目、5 项省级项目，发表学术论文 20 余篇。</p>				

指导教师	第二指导教师	姓名	张海军	单位	发展规划处
		年龄	40	专业技术职务	副教授
	主要成果 主持1项国家青年基金项目，1项教育部人文社科规划基金项目，3项河南省科技攻关项目，2项河南省高等学校重点科研项目；参与3项国家级项目、5项省级项目，出版学术专著1部、教材2部，发表学术论文30余篇（其中被SCI、EI收录10余篇）				
<p>一、申请理由</p> <p>团队成员兴趣一致，学习能力较强，综合素质能力较高，智育成绩良好。项目负责人柴晓阳性格较为沉稳，语言表达能力强，而且学习成绩优异，就读于工业工程专业，懂得KANO模型、模糊隶属度函数、遗传算法等相关知识，能够熟练运用Visio、office及Matlab等软件。队员于孟飞性格开朗，吃苦耐劳，学习能力强，就读于工业工程专业，熟知KANO模型、模糊隶属度等相关知识。队员郭润桐是一个脾气温和，团队意识较强的人，就读于工业工程专业，具有良好的数据分析以及数据处理能力，对无人机十分感兴趣。队员王一鑫温良谦和，团队意识能力强，就读于工业工程专业，善于思考，了解熵权法、遗传算法等算法。队员郭庆具有进取精神和团队协作精神，就读于工业工程专业，对无人机的个性化配置方面十分感兴趣，能够熟练运用office软件，有很强的责任心。团队成员同属于同一个专业，在一起的时间长，感情基础深厚，对研究项目的讨论，对任务的分配都比较容易实施与进行。并且团队成员知识互补，相互配合，合作共赢。</p> <p>指导老师闫琼、张海军分别就职于管理工程学院及发展规划处，熟悉工业工程相关理论及优化方法，同时也熟知无人机的结构、应用光景及发展动态，近三年里，已指导立项国家级大创项目2项、省级大创项目1项，可以很好地引领并指导团队。</p> <p>目前，团队已经对项目进行了大量文献研究，对项目的研究内容和技术路线已规划完毕；此外，团队还建立了良好的课题交流机制，方便大家及时沟通交流。我们有充分的研究时间以及合理的研究计划以保证课题如期完成。</p>					

二、项目方案

1、项目研究背景

产品配置就是对产品的各部件采取合理的配置方式，或者按照使用者的需要，将其与之相匹配的产品配置体系进行组合，以使其与使用者的需要相适应，从而得到符合用户需求的产品。随着社会发展，人们对产品的需求也在不断增加：从关注产品的基本功能，到关注产品的品质，然后逐渐转向能够满足自己个性化需求的产品，同时，供需关系也已悄然转变。因此，消费者的需求逐步呈现出个性化、多样化、差异化的发展趋势，卖方市场下主导的有限的产品配置方式已经难以满足消费者的需求。

随着大数据、互联网平台等技术的发展，加快了生产过程的自动化、智能化和柔性化，使智能化的自主生产成为可能。产品的开发模式也由串行更新为并行，企业更容易与用户深度交互、广泛征集需求，设计者在其设计过程中需要充分地获取产品生命周期的现场数据和客户的需求和想法，以实现个性化定制。即根据用户的需求，将各类资源按不同的方式进行收集、组织、分类，对产业链和服务业进行优化，从而能够提供面向用户个性化需求的产品配置，使用户满意度提高。当前，服装、家居等领域已经开启了个性化定制。未来随着互联网技术和制造技术的发展成熟，柔性大规模个性化生产线将逐步普及，按需生产、大规模个性化定制将成为常态。

无人机是无人驾驶智能飞行器的统称，与载人飞机相比，无人机具有体积小、制造成本低、更加灵活等特点。起初，无人机仅应用于军事领域，后续逐渐被广泛应用于航拍、农业、植保、测量、电力巡检、教育等民用领域，这极大地拓展了无人机自身的用处，几种典型的无人机如图1所示。



图1 各领域无人机的应用

随着无人机的普及，用户对于无人机的需求也越来越呈现出多样化和个性化的特点，但是消费者在购置无人机时可供选择的产品均是企业按照其自身的研发意向

开发的产品，产品的设计理念并不适应所有消费者，亟待生产商可以产出满足客户个性化需求的产品；而无人机生产厂商也希望可以有效组织生产环境和生产策略，着眼于客户的个性化需求，提高客户满意度，同时降低生产成本，适应大规模定制的浪潮。

无人机产品与服装及家具产品相比，结构复杂、组成产品的零部件数量多，且各个零部件之间的约束关系繁杂，面向用户的个性化需求，在考虑购置成本及工程约束条件下，采用人工的方法配置个性化产品非常困难，错误率较高。无人机产品个性化定制问题具有动态性和不确定性，探索便捷高效的无人机模块化配置方法，建立个性化定制的决策模型能够有效缩短无人机个性化产品的开发周期，降低生产成本，大幅提升客户满意度，已成为当务之急和任务之需。

近年来，国内外陆续有文献对个性化定制进行了研究。2010年，TSENG 等提出了大规模个性化的概念。大规模个性化是通过大规模生产，在产品或者服务生命周期内向用户提供独一无二的产品或服务体验来满足客户的个性化需求，实现真正意义上的用户独特的功能、服务或价值体验。李浩等人提出了面向大规模个性化的产品服务系统（PSS）模块化设计框架，通过物理与服务的内部模块组合，实现客户需求的大规模、个性化、低成本与快速提供。何玉安等根据大规模个性化生产的概念和特点，提出了一种基于“工业4.0”的大规模个性化生产架构，并详细分析了架构的关键技术和功能模块。将CPS、物联网、大数据、RFID、人工智能等新兴技术集成到架构中，实现产品的大规模个性化生产。胡东方等提出将客户个性化需求通过质量屋转换为工程特性，结合人工免疫系统达到定制产品的高效智能精准的快速设计。朱上上等通过调研产品造型特征，分析客户的基本需求与感性需求；分别对两类需求信息进行可拓设计建模，量化两者之间的映射关系，建立产品可拓设计元素库，进而构建面向客户需求的产品个性化推荐机制，最后以红木家具中的条案设计为例，验证了该方法的可行性与有效性。李强等提出了一种面向大规模个性化的交互式云模式。设计了云环境下大规模个性化智能交互过程以及需求交互转换过程模型；建立了大规模个性化的交互式云体系架构以及工作流程；进行交互式云平台搭建，以实现用户定制需求的个性化、大规模、低成本的快速提供与生产。张英英提出一种主从关联优化方法，以解决产品族配置与升级的再制造设计问题。杜纲建立了模块化设计产品平台配置协同优化的主从关联优化双层规划模型。该模型能够比较准确地描述现实生产中模块化产品设计与平台配置之间的关联关系，实现了在

产品设计生产中的成本控制。赖荣燊等提出综合考虑绿色性能和通用性成本的产品族配置设计方法，基于模块实例绿色性能评价指标体系，应用专家打分法与模糊层次分析法（FAHP）计算模块实例的绿色性能；以定制产品绿色性能最优化和产品族总成本最小化为目标，应用遗传算法求解帕累托最优方案集，并根据企业经营策略选择最优配置方案，以电动剪刀产品族为实例的验证结果显示所提配置设计方法的可行性和有效性。以上研究在一定程度上推动了个性化定制领域的发展，但仍存在以下问题：

（1）相关的文献研究多集中在大规模个性化定制的流程、框架研究，定制方法的研究且多集中于部件以及简单产品定制，针对无人机产品的大规模个性化定制决策模型的研究文献较少。

（2）对用户定制的需求信息获取不够全面，未考虑用户需求的动态性与模糊性，未对客户需求信息进行重要性评估，致使匹配的方案未能如实反映用户的实际需求。

（3）在对产品进行配置时，现有文献考虑的范围仅限于制造厂内部存在的约束，没有从供应链的角度思考供应商的供应能力对模块实例的供应约束问题，对生产制造中的工程约束和成本约束的关注较少。

精准获取用户需求是开展无人机产品个性化定制的前提。KANO模型通过对客户需求与客户满意度影响程度的分析，揭示了产品属性与客户满意度的非线性关系。影响顾客满意度的因素共分为五个类型：必备型需求（M）、期望型需求(O)、魅力型需求(A)、无差异型需求（I）、反向型需求（R），如图2所示。KANO模型

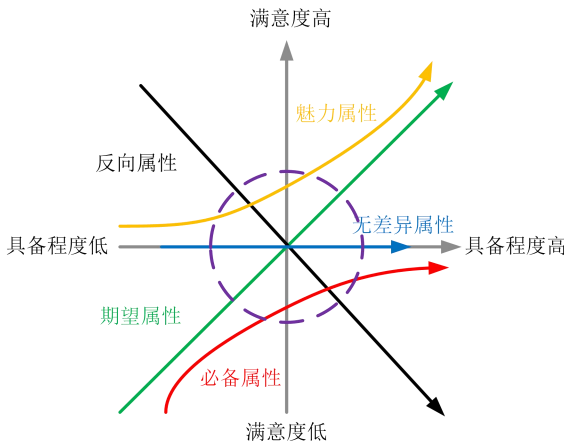


图2 KANO模型

不仅可以对用户需求进行分类，还能反映出用户需求类别存在的层级关系。经典的

KANO模型可与古林法、熵权法结合进行用户需求的定量化研究，进而建立全面合理的客户需求权重，精准映射用户的实际需求。

模块化设计是实现无人机产品个性化定制的手段。若将无人机产品看作是多个模块的集合，各个模块有若干个不同的选择方案，那么就可以通过多模块的配置组合来达成用户的需求，用户需求与产品模块的关系如图3所示。引入模糊隶属函数对顾客需求和模块实例之间的匹配度进行度量，结合顾客需求权重计算顾客需求与配置产品的整体匹配度。以无人机的最大匹配价值为目标函数，考虑生产制造中的工程约束、成本约束和供应约束作为约束条件，采用优化算法对目标函数进行求解计算即可准确、快速获得符合用户个性化需求的无人产品配置方案。

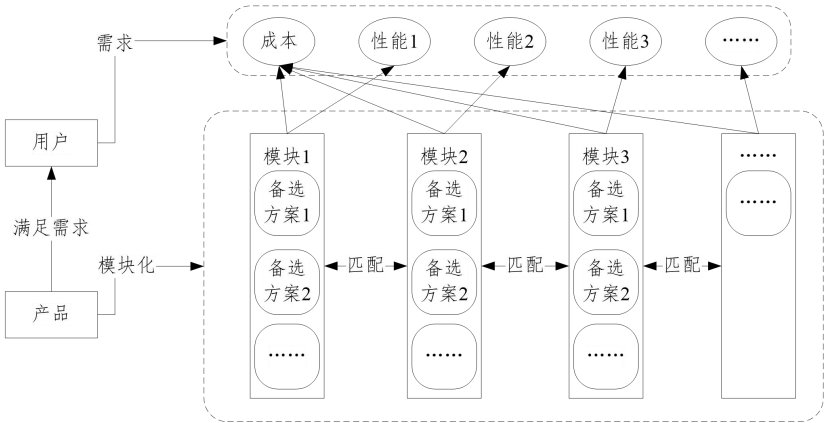


图3 用户需求与产品模块关系图

2、项目研究目标

为满足用户的个性化需求，实现无人机产品的快速定制，本项目拟以KANO模型为基础，结合古林法及熵权法，用于获取合理的客户需求权重，精准映射客户需求；接着，引入模糊隶属函数对顾客需求和模块实例之间的匹配度进行度量，在考虑工程约束、成本约束和供应约束条件下，以无人机的最大匹配价值为目标函数建立产品配置决策模型，同时设计优化算法对模型进行求解；最后，进行实例计算，以验证决策模型及求解算法的有效性。项目研究成果能够有效缩短无人机个性化产品的开发周期，降低生产成本，提升客户满意度。

3、项目主要内容

（1）确定顾客需求权重

深入挖掘顾客需求偏好，可以提高顾客满意度，然而顾客每项需求的重要度不尽相同，对总体满意度的贡献也不同，故需对顾客需求进行权重计算。首先，采用古林法确定客户需求初始权重；而后，根据熵权法确定顾客需求敏感权重；接着采

用KANO模型对顾客需求进行分类，确定调整系数后，依据公式（1）得到顾客需求的综合权重；最后依据公式（2）对综合权重进行归一化处理，得到最终的顾客需求权重。

$$zw_j = \lambda_1 cw_j + \lambda_2 (mw_j)^\alpha \quad (1)$$

其中， cw_j 为第 j 个客户需求的初始权重， mw_j 为第 j 个客户需求的敏感权重， α 为依据KANO模型分类后得到的调整系数，基本型、期望型、兴趣型对应的调整系数分别为1.5，1和0.5； λ_1 和 λ_2 的总和为1，其取值由行业专家根据市场情况而定。

$$w_j = \frac{zw_j}{\sum_{j=1}^n zw_j} \quad (2)$$

（2）确定顾客需求和模块实例之间的匹配度

在产品配置过程中，产品的工程特征值分为无序离散型和数值型两类。

无序离散型特征值为二元互斥选项或者为多个可选选项，各选项之间是相互替代的，例如产品的颜色、驱动方式等。针对无序离散型特征，第 j 种需求模块的第 k 个方案的模块匹配度可按照公式（3）直接获得。

$$s_{jk} = \begin{cases} 1 & \text{满足客户需求} \\ 0 & \text{不满足客户需求} \end{cases} \quad (3)$$

针对数值型特征值模块，企业提供的模块配置方案参数与客户需求不可能完全一致，且大部分顾客对产品的知识比较缺乏，难以明确表达自己的需求偏好，造成顾客放弃配置产品或者企业对客户真实需求理解不清晰。引入模糊隶属函数对顾客需求和模块实例之间的匹配度进行度量，可以很好地解决顾客需求的模糊性及不确定性。

设第 j 种需求模块的第 k 个方案的设计可行域 V_{jks} 为 $[a, b]$ ，实际设计值为 x ，则 $x \in [a, b]$ ；客户的实际需求参数为 V_{jx} 某一区间数 $[c, d]$ ，则可依据公式（4）进行匹配度的测量。

$$s_{jk} = \begin{cases} 1 & x \in [c, d] \\ 1 - \frac{d_{\min}(x, [c, d])}{|a - c|} & x \in [a, c] \text{ 且 } a \neq c \\ 1 - \frac{d_{\min}(x, [c, d])}{|d - b|} & x \in [d, b] \text{ 且 } d \neq b \end{cases} \quad (4)$$

其中： $d_{\min}(x, [c, d]) = \min(|x - c|, |x - d|)$

若客户实际需求参数为 V_{jx} 为某一定值 e ， $e \in [a, b]$ ，则公式4退化为公式5。

$$s_{jk} = \begin{cases} 1 & x = e \\ 1 - \frac{|x - e|}{|a - e|} & x \in [a, e] \text{ 且 } a \neq e \\ 1 - \frac{|x - e|}{|e - b|} & x \in [e, b] \text{ 且 } e \neq b \end{cases} \quad (5)$$

(3) 建立面向个性化需求的无人机模块化配置模型

为方便进行定量化研究，对问题进行简化，做出如下假设：

①企业已经开始了模块化生产，建立了完整的模块库，并有清晰的产品族的构成元素及其之间的相互关系，且每个模块有若干个实例可进行选择，模块实例有具体的产品功能特性和技术参数。

②顾客需求中没有存在相互矛盾的无理需求。

③分解的顾客需求与模块实例有明确的对应关系。

以配置产品的最大匹配价值为目标，建立基于供应约束、工程约束、成本约束的产品配置模型，目标函数如下：

$$G = \eta \cdot \frac{\sum_{k=1}^{N_j} \sum_{j=1}^n w_j s_{jk} x_{jk} g_{jk}}{\sum_{k=1}^{N_j} \sum_{j=1}^n c_{jk} x_{jk} g_{jk}} \quad (k = 1, 2, \dots, N_j; j = 1, 2, \dots, n) \quad (6)$$

目标函数中，分子代表最终产品的整体匹配度，分母代表最终产品的成本。

其中： c_{jk} 表示满足顾客需求第 j 个模块的第 k 个模块实例的成本，主要由直接材料费，直接人工，制造费用和装配成本构成，由于配置方案的装配过程具有相似性，一般认为装配成本为某一固定常数。 x_{jk} 为二元设计变量，表示模块实例 M_{jk} 是否被选择存在于最终的配置产品中，1表示被选中，0表示没有选中。 g_{jk} 也为二元设计变量，表示模块实例 M_{jk} 是否供应充足，1表示供应充足，0表示缺货。 η 为调节系数，一般取10的若干次方。

①供应约束

应该保证在最终的配置产品中是由每一个模块系列中的一个且只有一个模块实

例组成的，且被选中的模块是供应充足的。约束为：

$$\sum_{k=1}^n x_{jk} g_{jk} = 1 \quad (7)$$

$$\sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^{N_j} x_{jk} g_{jk} = n, (k=1, 2, \dots, N_j; j=1, 2, \dots, n) \quad (8)$$

②成本约束

产品的报价必须小于顾客可以接受的价格并保证企业具有一定的利润空间，约束为：

$$C_p = (1 + \delta) \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^{N_j} c_{jk} x_{jk} \leq C_B \quad (9)$$

其中， C_p 表示所得配置产品的总成本； δ 为企业考虑产品定位和自身利润后确定的系数； C_B 为顾客所能够接受的价格。

③工程约束

1) 组合约束

若模块实例 M_{13} 与模块实例 M_{42} 存在组合约束，则对应的二元设计变量 x_{13} 和 x_{42} 存在以下关系： $x_{13} - x_{42} = 0$ ，即存在以下约束：

$$x_{jk} - x_{jk}'' = 0, (j=1, 2, \dots, n, k=1, 2, \dots, N_j) \quad (10)$$

2) 冲突约束

表示模块实例之间存在相互的干涉，影响最终产品的性能不佳甚至无法完成装配。对这样的模块实例，只能两者取其一，则对应的二元设计变量有：

$$x_{jk} + x_{jk}'' \leq 1, (j=1, 2, \dots, n, k=1, 2, \dots, N_j) \quad (11)$$

3) 可选约束

表示模块实例只有在满足一定的条件下才能被选择，例如模块实例 M_{12} 被选择的前提是 M_{31} ，或者 M_{43} 要被选择。有约束式子： $x_{31} + x_{43} - x_{12} \geq 0$ ，即类似的这种约束关系应该满足约束：

$$\sum_{t=1}^o x_t - x_{jk}'' \geq 0 (j=1, 2, \dots, n, b=1, 2, \dots, N_j) \quad (12)$$

其中 x_{jk}'' 表示条件模块实例， x_t 表示为 x_{jk}'' 的前提配置模块实例，0表示可以使模块实例 x_{jk}'' 被选择的前提配置模块实例的总数量。

(4) 基于遗传算法求解无人机模块化配置模型

将无人机的整体定制方案看作个体，产品的功能模块和零部件可以看作个体的染色体基因，通过遗传算法求解无人机模块化配置模型，可以提高效率，方便快捷，

基本求解流程如图4所示。

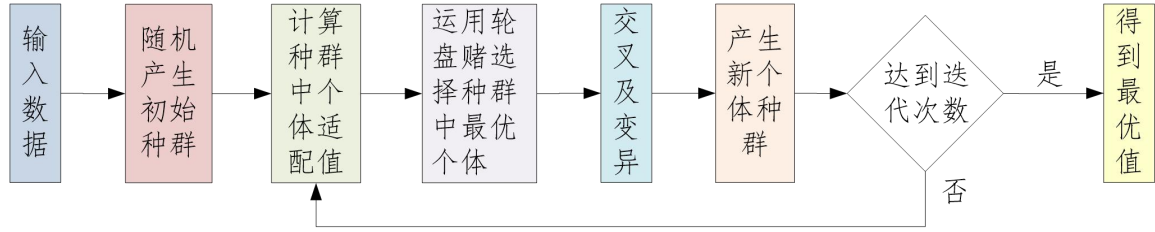


图4 基于遗传算法求解纳什均衡流程图

输入数据后，利用随机生成的方式进行种群初始化，并根据配置约束和整体约束对种群中的个体进行检查，不符合条件的个体不能进入种群。在形成种群的基础上，运用式（13）得到对该类不满足成本约束的染色体适应度，按照式（14）确定惩罚系数的具体取值，由式子可知 β 的取值越大，则惩罚的力度越大。

$$G = \frac{\sum_{k=1}^{N_j} \sum_{j=1}^n w_{jk} S_{jk} x_{jk} g_{jk} - \beta \max \{ S_{jk} x_{jk} g_{jk} \}}{\sum_{k=1}^{N_j} \sum_{j=1}^n c_{jk} x_{jk} g_{jk}} \quad (13)$$

$$\beta = \frac{(1 + \delta) \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^{N_j} c_{jk} x_{jk} g_{jk}}{C_B} \quad (14)$$

选择采用最优个体保留策略和轮盘赌法。染色体个体被选中的概率与其适应度函数值成正比。每条染色体被选中的概率计算如下：

$$P_i = \frac{G_i}{\sum_{i=1}^n G_i} \quad (15)$$

其中， n 为种群数量， P_i 为第 i 个染色体被选中的概率， G_i 为第 i 个染色体的适应度。

被选用的染色体采用两点交叉方式进行遗传算法的交叉操作。以一定的变异概率随机选择某一基因位，在该符合编码要求的前提下随机改变其基因位的取值，且验证是否满足供应约束、整体约束、工程约束条件，否则不能进入下一代种群。当遗传算法中的迭代代数达到规定值时，遗传算法终止，即可得到求解结果。

(5) 案例验证

为了验证所建决策模型的可行性及有效性，本项目拟以某作战无人机进行优化求解，并与《航空学报》中《面向任务需求的模块化无人机配置方法研究》中的计算结果进行对比分析。该作战无人机的个性化专用模块元素及其成本如表1所示。

表1 个性化专用模块元素及其成本

序号	模块名称	模块备选元素	成本（元）
1	动力模块 M_1	LY X3120 电机 M_{11}	305
2		EDF90mm 涵道风 M_{12}	420
3		HY 电子调速器 M_{13}	265
4		EP-40A 电子调速 M_{14}	368
5		铝合金桨夹 M_{15}	50
6		钢制桨夹 M_{16}	35
7		碳纤维桨叶 M_{17}	120
8		木制桨叶 M_{18}	60
9	通信与电源模块 M_2	镍氢电池 M_{21}	4000
10		6s锂电池 M_{22}	5000
11		分立式电源管理板 M_{23}	1000
12		集成式电源管理板 M_{24}	1500
13		传输距离2km数据链 M_{25}	20000
14		传输距离5km数据链 M_{26}	30000
15		传输距离7km数据链 M_{27}	40000
16		数据链共型天线 M_{28}	900
17		数据链柱状天线 M_{29}	150
18		单光导引头 M_{210}	10000
19		双光导引头 M_{211}	25000
20		三光导引头 M_{212}	50000
21	控制执行模块 M_3	碳纤维平尾、垂尾 M_{31}	800
22		玻璃钢平尾、垂尾 M_{32}	400
23		KST X80 舵机 M_{33}	1400
24		GDW DS1906B 舵机 M_{34}	600
25	发射执行模块 M_4	手抛方式 M_{41}	0
26		燃气组件 M_{42}	2000
27		弹射组件 M_{43}	1000
28		撞网回收组件 M_{44}	900
29		伞降回收组件 M_{45}	1200
30	战斗模块 M_5	电子引信 M_{51}	5000
31		机械引信 M_{52}	3000
32		0.5kg战斗部 M_{53}	1000
33		1kg战斗部 M_{54}	2000

4、项目创新特色概述

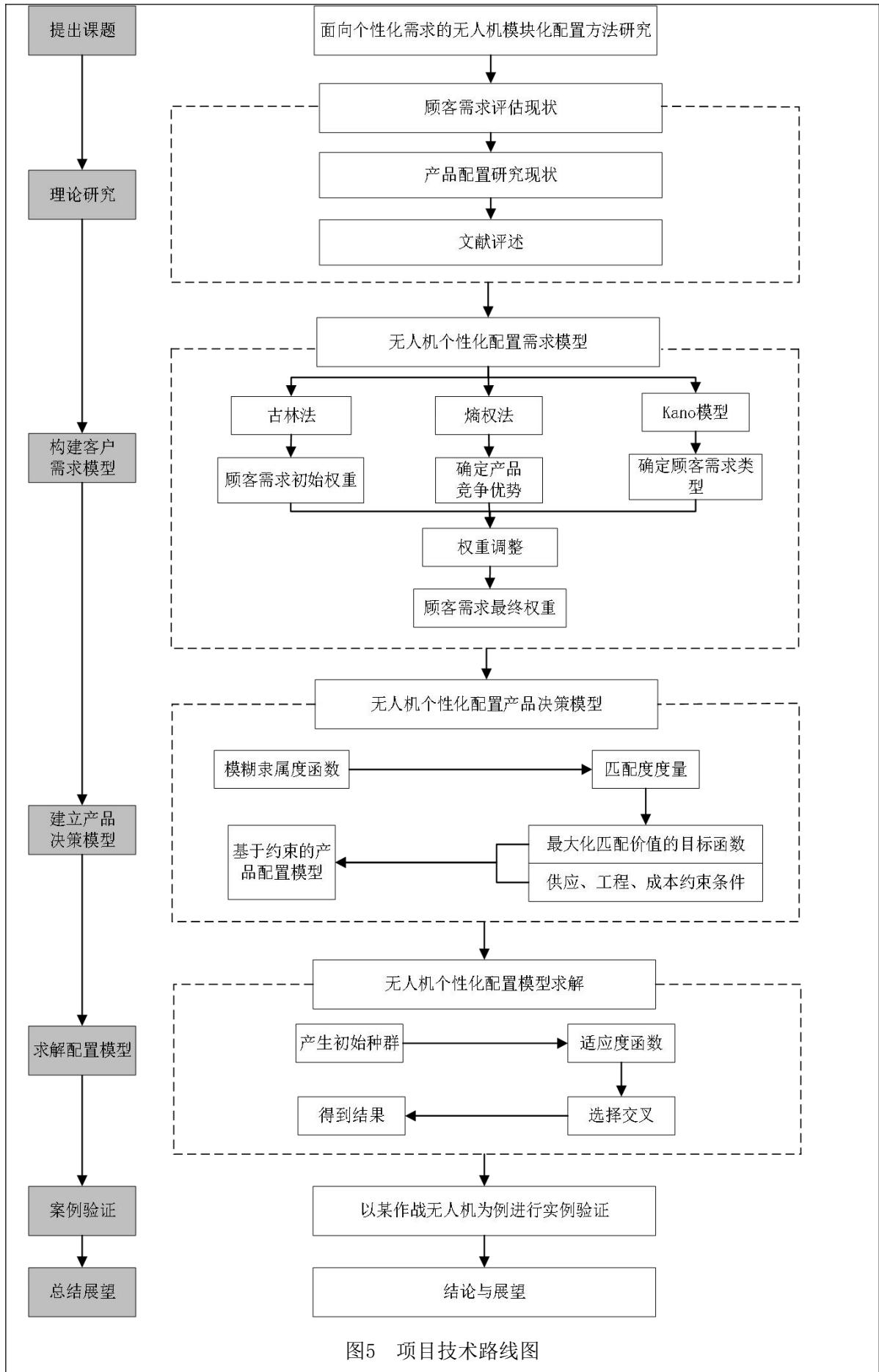
(1) 针对无人机大规模个性化定制问题，构建的模型可以精准获取用户的个性化需求，同时能够提升无人机模块化定制的定制效率，进一步提升个性化定制产品的客户满意度，缩短产品交付周期，降低生产成本。

(2) 全面考虑用户需求的动态性与模糊性，在对客户需求信息进行重要性评估的基础上，针对数值型特征模块引入模糊隶属函数对顾客需求和模块实例之间的匹配度进行度量，如实反映用户的实际需求。

(3) 在对产品进行配置时，既考虑制造厂内部存在的工程约束和成本，也从供应链的角度考虑了供应商的供应能力对模块实例的供应约束问题，所建立的决策模型更加符合真实的定制场景。

5、项目研究技术路线

项目组成员在阅读相关系统评价方法、产品个性化配置方法、以及优化求解算法等相关文献的基础上，首先以KANO模型为基础，结合古林法及熵权法精准映射客户需求；接着，引入模糊隶属函数对顾客需求和模块实例之间的匹配度进行度量，在考虑工程约束、成本约束和供应约束条件下，以无人机的最大匹配价值为目标函数建立产品配置决策模型，同时设计优化算法对模型进行求解；最后以某作战无人机进行优化求解，并与《航空学报》中《面向任务需求的模块化无人机配置方法研究》中的计算结果进行对比分析，为面向个性化需求的无人机模块化配置方法研究提供了科学依据及理论参考。具体技术路线如图5所示。



6、项目进度安排

- (1) 2023年05月到2023年06月：查找文献，了解模块的个性化配置发展现状。
- (2) 2023年07月到2023年08月：对相关算法进行归纳整理。
- (3) 2023年09月到2023年10月：了解个性化需求下的无人机模块化配置所需要的约束条件，构建目标函数。
- (4) 2023年11月到2023年12月：构建个性化配置模型，并设计优化算法对其求解。
- (5) 2024年01月到2024年03月：进行实例验证，撰写论文。
- (6) 2024年04月到2024年05月：撰写结项报告，准备结项。

7、项目组成员分工

表2项目组成员分工

序号	姓名	分工
1	柴晓阳	总体负责
2	于孟飞	构建目标函数
3	郭润桐	求解模型
4	王一鑫	实例计算
5	郭庆	报告撰写

三、学校提供条件

- (1) 提供实验室及各类电子文献数据库供团队开展科研活动。
- (2) 提供经费资助团队的科研项目。
- (3) 提供相应的指导老师给团队指导改善。
- (4) 政策方面，近年来学校非常重视大学生科研创新能力，学院成立了创新创业领导小组为喜爱科研创新的学生助力。

四、预期成果

- (1) 结项报告一篇。
- (2) 期刊论文《面向个性化需求的无人机模块化配置方法》一篇。

五、经费预算

- | | |
|--------------------------|--------|
| (1) 调研、差旅费 | 3000元 |
| (2) 邮寄、资料打印、复印、印刷等费用 | 2000元 |
| (3) 撰写与项目有关的论文版面费、申请专利费等 | 11000元 |
| (4) 购置项目的耗材等 | 4000元 |

六、导师推荐意见

同意推荐。

签名：

2023年 月 日

七、院系推荐意见

院系负责人签名：

学院盖章：

年 月 日

八、学校推荐意见：

学校负责人签名：学校公章

年 月 日

注：表格栏高不够可增加。