

# 基于情境感知的移动消防产品功能设计研究

李江泳, 吴帅丹, 张顺峰  
(湘潭大学, 湘潭 411105)

**摘要:** **目的** 针对现阶段消防产品功能单一, 无法满足复杂多变环境下的用户深度需求的问题, 从情境出发研究挖掘用户对移动消防产品功能设计的深度需求, 为移动消防产品的功能优化提供指导。**方法** 以情境中的环境、用户和任务为切入点, 研究情境感知理论中环境情境、用户情境、任务情境。采用实时监测的方式获取数据, 所得数据进行无量纲化综合分析并构建情境感知模型以获取用户需求, 将用户需求与产品功能匹配。通过模拟火场情境, 应用情境感知模型转化模拟情境下用户深度需求, 结合消防产品设计准则建立反映火场情境下产品功能设计清单, 利用主成分分析法对产品功能进行权重分析实现移动消防产品功能优化设计。**结论** 通过模拟火场情境提取出用户的深度需求, 实践于移动消防产品设计中, 为移动消防产品功能优化开发提供了依据; 同时也证实了情境感知理论在产品功能设计领域中可以有效加深用户对产品功能的深度理解。

**关键词:** 情境感知; 产品功能设计清单; 移动消防产品; 灭火无人机设计

**中图分类号:** TB472 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2021)02-0104-09

**DOI:** 10.19554/j.cnki.1001-3563.2021.02.016

## Functional Design of Mobile Fire Protection Products Based on Context Awareness

LI Jiang-yong, WU Shuai-dan, ZHANG Shun-feng  
(Xiangtan University, Xiangtan 411105, China)

**ABSTRACT:** The work aims to study and excavate the users' deep demands for the functions of mobile fire protection products based on context to provide guidance for functional optimization of mobile fire protection products, thus solving the problem that the function of fire products in the current stage is relatively single and cannot meet the users' deep demands in the complex contexts. With the environment, users and tasks in the situation as the entry points, environmental context, user context and task context in context-awareness theory were researched. Data were acquired by means of real-time monitoring, and then analyzed through the dimensionless comprehensive analysis method and a context-awareness model was built to obtain user demands which were matched with product functions. By simulating the fire field situation, the context-awareness model was used to transform the user's deep demand in the simulated situation. Combined with the fire product design criteria, a product function design list reflecting the fire field situation was established. The principal component analysis method was applied to analyze the weight of the product function to optimize the function design of mobile fire protection product. By simulating the fire field situation, the user's deep demands are extracted and then used in optimizing function design of mobile fire product, which provides a basis for the optimal development of mobile fire product function, and also proves that the context-awareness theory can effectively deepen the user's understanding of the product function in the field of product function design.

**KEY WORDS:** context awareness; product function design list; mobile fire protection products; UAV design

收稿日期: 2020-09-10

基金项目: 汽车动力与传动系统湖南省重点实验室; 长株潭国家自主创新示范区专项(2018XK2302, 2017XK2107)

作者简介: 李江泳(1979—), 男, 湖南人, 硕士, 湘潭大学讲师, 主要从事产品设计理论和用户体验研究。

通信作者: 吴帅丹(1995—), 男, 河南人, 湘潭大学硕士生, 主攻智能产品设计和用户体验。

伴随着高层建筑的大面积普及，高层建筑火灾问题逐渐成为威胁住户安全的首要问题。功能单一的消防产品已不能满足高层建筑复杂情境下的消防要求。情境感知理论可以获得更深层次用户需求，更好地使消防产品功能满足复杂多变的火灾情境与用户深度需求。同时，移动式终端与微型传感器的逐渐成熟，也使得移动消防产品的多功能设计成为可能。

## 1 情境感知理论概述

### 1.1 情境感知的基本概念

情境的释义为情景与环境的结合，而感知则是认知神经科学中意识对自身及外界环境信息的觉察与感受，也可理解为用感知的方式来演绎自身感官接受到的信息。而情境感知 (Context Awareness) 可理解为通过传感器、云计算与移动设备等方式，在情境中使计算机设备可以清楚地获取理解所处情境下的数据及信息，给予用户响应或反馈<sup>[1]</sup>，进而了解使用者实时深度需求，并以此优化产品使用体验。情境感知于 1994 年提出<sup>[2]</sup>，Dey 在基础概念上引入了移动设备与用户任务情境<sup>[3]</sup>。情境感知就是主动感知当前情境的信息，演绎用户将会发生的行为目的或深度需求，进而实时地给予响应与协助等<sup>[4]</sup>。当前情境感知逐渐由用户被动触发向设备主动感知情境方向转化发展。虽然前人学者在理论层面探索了信息感知与数据分析的实现，但是其系统模型建立与模型的实用性仍是难题。

### 1.2 移动产品的情境感知应用

情境感知是为了解决主动协助与实时感知的问题，在移动设备领域情境感知可依靠物理传感器与虚拟传感器等采集当前情境信息<sup>[5]</sup>，依据具体算法演绎当前用户状态与用户行为目的，结合用户历史行为习惯等信息进行方案提供与推送<sup>[6]</sup>。例如在智能手环领域，情境感知技术可以通过追踪用户的行程、运动、休憩等多方面数据，呈现给用户自身身体情况等。尽管移动设备在用户监测与数据收集等方面已相当成熟，但无法获取用户的深度需求与分析协助依然是现有产品的最大问题。

## 2 情境感知与数据处理转化模型

情境感知模型建立的关键节点在于获取用户需求，而需求获取的质量与深度更决定了产品功能与交互逻辑，因此，情境感知模型由情境感知、数据处理与需求转化三阶段构成，见图 1。

### 2.1 情境感知阶段

情境感知阶段描述了获取用户数据的类型与方式，从用户当前情境中的环境情境、用户情境、任务

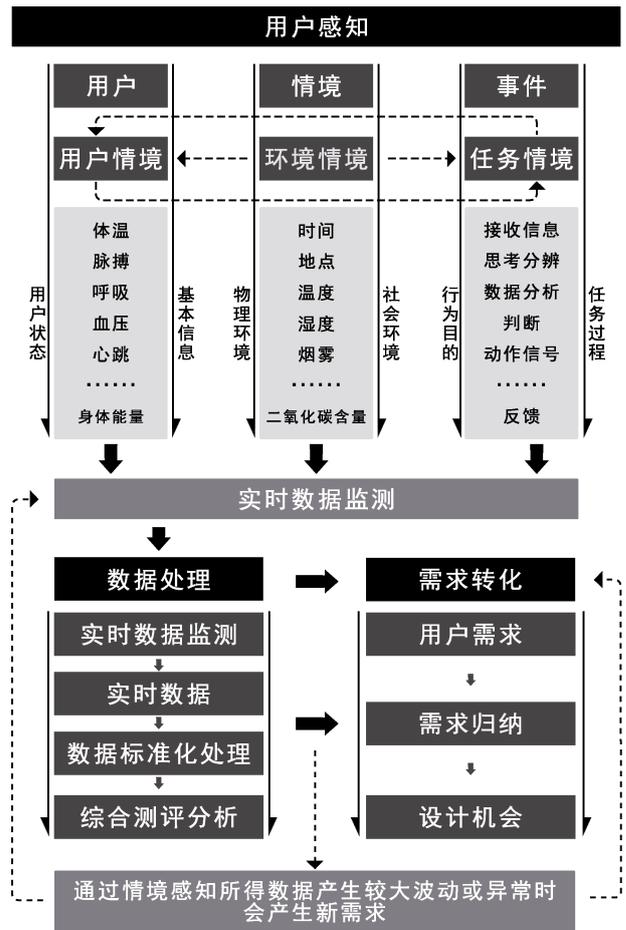


图 1 情境感知与数据处理转化模型  
Fig.1 Context-awareness and data processing and conversion model

情境中提取情境因素进行分析与监测<sup>[7]</sup>，挖掘用户在当前情境下的实时数据，提供数据基础。

情境感知模型中环境情境主要指当前物理环境与社会环境，即用户所处环境内时间、地点、温度等；用户情境则表示当前用户状态与基本信息，用户状态包含其体温、脉搏、呼吸等生理状态，以及兴奋、失望、紧张等心理状态；而用户基本信息主要指用户的年龄、经验、性格、文化背景、生存环境等；任务情境主要指在当前环境内的用户目的的任务或事件情节，依据任务行为步骤可被划分为接收信号、思考分辨、数据分析判断、动作信号、反馈等。

### 2.2 数据处理阶段与需求转化阶段

数据处理阶段即对获取到的具体数据进行综合分析并统计其离散趋势判断数据波动，当数据出现较大波动或异常时表明用户可能有新需求出现。需求转化阶段应将传统主观综合性经验与客观感知所得数据相结合，对复杂的用户需求进行归纳总结、强弱分析与深度挖掘后，找到在产品的设计过程中的设计机会。

对众多数据进行综合分析处理时，不同数据标量通常具有差异性物理量单位与量纲，因此利用描述性

统计分析的概念,借助 SPSS 中 Z-score 标准化方法,对数据进行去量化分析,具体操作原理如下:

$$X' = \frac{X - \mu}{\sigma} \quad (1)$$

Z-score 标准化方法其原理为函数公式(1)即利用数据均值  $\mu$  与数据标准差  $\sigma$  进行数据标准化处理得到标准值  $X'$ <sup>[8]</sup>。

### 2.3 用户需求与产品功能匹配

差异化的用户需求对应匹配不同层次的产品功能,产品功能的顺利实施与高效转化不仅需要设计人员的综合性主观经验,还需依托于深度用户需求的获取方式与用户对功能强烈诉求程度<sup>[9]</sup>见图 2,因此要将主观综合性经验与挖掘获取所得的深度用户需求相结合,在处理方式上应优先处理权重程度较高的需求与功能转化。

在情境中用感知的方式与综合性经验配合获取用户需求,当需求存在于特定的情境状态下时,其复杂与隐性的特征也会在最大程度上被简化与显性化<sup>[10]</sup>,因此情境感知理论与用户需求匹配产品功能具备相当高的契合性。

### 3 移动消防产品设计案例

运用情境感知理论的移动消防产品,可以主动获取周边信息并反馈服务于用户,显著的时间维度优势与庞大的碎片化信息流聚集可在不打扰用户日常生活的情况下,挖掘用户深度需求进而获取设计机会<sup>[11]</sup>。由于移动消防产品与火灾情境的特殊性,采用标准消防演习实验的方式模拟火灾情境(见图 3—5),尽可能地还原真实火灾情境,以达到在火灾情境真实发生

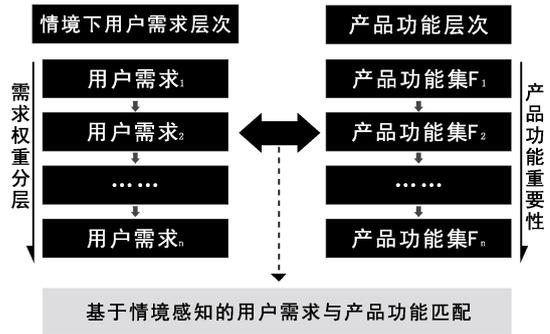


图 2 用户需求匹配产品功能  
Fig.2 User demands matching with product function



图 3 实验预备阶段  
Fig.3 Experimental preparation stage



图 4 实验逃生阶段  
Fig.4 Experimental escape stage



图 5 实验灭火阶段  
Fig.5 Experimental fire extinguishing stage

时可提前预防与优化救援等目的,同时促进移动消防产品功能优化设计。邀请 4 名专业消防员、4 名消防产品设计师、14 名群众(扮演被营救人员)、3 名观察者(扮演火灾建筑周边知情者),共 25 人来进行模拟实验分析研究。

### 3.1 火场环境情境感知分析

对火场下的环境情境进行感知分析,将实验下温度、范围区域,烟雾浓度、流动速度、火焰热能、情境状态等指标与对实验人员的访谈结合作为依据进行综合分析,将火场环境划分为 4 个阶段,见图 6。

火场环境情境状态发展呈抛物线趋势,火势急速上升后缓慢下降。在火势未起阶段是预防的最佳时期,也是火源状态由量变转化为质变的过程,在此阶段如果能预防并及时处理则是最优的灭火方案。火势初起阶段是灭火与人员营救疏散的理想阶段,最初的 5 min 是人员逃生的最佳时间,前 20 min 是灭火救援的理想时机。火势全面发展阶段由于各项数值皆达到顶峰,伴随浓烟、气爆与房屋结构受损等众多可变因素,此时已不再适合进入火场内救援。

### 3.2 火场的用户情境与任务情境分析

消防人员在执行任务时往往会面对火场情境多变、火源位置及状态难以确定、灭火任务复杂等问题,而被救援人员的身心状态与行为交流等众多环节都有可能影响到被救援人员的人身安全,因此对火场下的用户情境与任务情境进行分析,利用移动终端设

备中常用的心率、血压、烟雾、温度、一氧化碳含量、距离与红外热成像等传感器,对用户当前身体温度、心率、血压、烟雾、CO 含量、环境温度等进行检测,为实验提供数据。借助 SPSS 将数据进行标准化分析,见表 1。其统计样本量以时间作为测量单位,每分钟测量 4 组作为瞬时参数(瞬时参数为多位受测人平均身体数据)并取其均值为阶段参数,同时以 30min 内的阶段参数变化样本(共计 31 组数据)作为数据标准化统计量。火灾情境具备特殊性,因此以用户初始状态作为数据参照,将标准数据进行正数化,见表 2。

以 10:00:00 节点为初始数据,所得标准数据高于初始值则表明该变量数据上升,Z-score 所得标准数据越高则上升越显著;低于初始值则反之。并绘制 Z-score 数据折线图(见图 7)与面积图(见图 8)以描述数据变化幅度范围。

通过访谈实验参与者在实验中数据达到峰值状态下的心理状态与行为目的,并结合情境感知模型对环境情境、用户情境与任务情境进行综合分析,获取用户深度需求,以此探索与分析设计机会,匹配产品功能,见图 9。

### 3.3 移动消防产品功能设计清单

火场情境具备高危特性与复杂性,因此以消防无人机作为移动消防产品的载体,在复杂多变的火场情境下替代消防人员或用户进入火场,通过各种传感器达到“感知”情境和灭火的目的。利用移动设备上成熟的传感器技术,更加准确地获得用户的实时状态与



图 6 火场的环境情境感知分析  
Fig.6 Context-awareness analysis of fire environment

表 1 Z-score 数据标准化方法  
Tab.1 Z-score data standardization method

	N	极小值	极大值	均值	标准差	方差
	统计量	统计量	统计量	统计量	标准误	统计量
心率	31	64	125	93.97	2.932	16.33
体温	31	36.5	37.1	36.83	0.03	0.032
舒张压	31	68	103	84.81	1.90	10.60
收缩压	31	125	173	150.58	2.92	16.28
烟雾浓度 K (1/km)	31	1.6	4.10	2.72	0.14	0.80
CO 含量/(mg/m <sup>3</sup> )	31	0.01	0.21	0.10	0.01	0.06
温度/°C	31	36	112	82.55	4.32	24.07
有效的 N (列表状态)	31					579.39



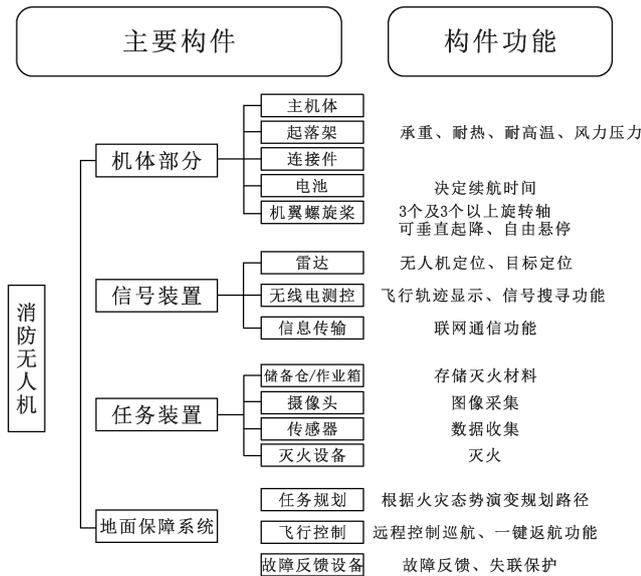


图 10 无人机基础功能  
Fig.10 Basic function of UAV

表 3 KMO 和 Bartlett 特球体检验  
Tab.3 KMO and Bartlett test of sphericity

KMO 测度和 Bartlett 特球体检验		
KMO 适当取值		0.806
	近似方卡	569.675
巴特利特的球形度检验	Df	136
	Sig.	0.000

深度需求，达到协助用户决策的目的。在移动消防产品功能优化设计流程中，不仅要满足深度用户需求与长期积累的综合性经验，还要符合《国家消防规范标准》《民用无人机通用标准》等众多标准，因此需将消防无人机基础功能的设计开发考虑在内，见图 10。

随后，对 25 名实验参与者与 30 名普通用户发放产品功能问卷调查，以弥补单一模拟实验无法系统地转化产品功能的不足，收回有效问卷 52 份，并对产品功能进行权重分析。问卷信度及效度分析见表 3。结果 0.9 以上信度非常好；0.8 信度效度良好可用；0.7 信度效度一般；0.6 表示数据信度较差。经统计 KMO 值为 0.806，满足后续分析要求。

最后，利用主成分分析法分析得出消防无人机功能层次权重（见表 4），其中前 10 项维度为引导逃生、寻找火源灭火、用户定位、代替消防人员进入火场、主动报警、行为体征监测、产品承重、耐热、耐高温、压力与机体携带灭火材料、图像数据收集、主动火灾预警、主动提供适当灭火方式等，其贡献率超过 90% 且功能特征值显著，因此作为消防无人机优化设计的核心功能。

依据主成分的功能贡献率与功能权重等级，将功能划分为用户逃生类、灭火类、状态监测类、情绪舒缓类与产品基础类等类型，依权重等级划分为三级，

表 4 主成分分析  
Tab.4 Main component analysis

成分	初始特征对应值			旋转载荷平方和		
	总计	方差百分比	累积/%	总计	方差百分比	累积/%
1	7.625	44.853	44.853	4.549	26.757	26.757
2	2.232	13.128	57.981	3.036	17.859	44.616
3	1.107	6.512	64.493	2.484	14.610	59.225
4	1.086	6.388	70.880	1.981	11.655	70.880
5	0.945	5.559	76.440			
6	0.672	3.953	80.393			
7	0.638	3.751	84.144			
8	0.475	2.793	86.937			
9	0.420	2.473	89.410			
10	0.411	2.415	91.825			
11	0.376	2.210	94.035			
12	0.284	1.669	95.704			
13	0.214	1.256	96.960			
14	0.178	1.046	98.006			
15	0.148	0.871	98.877			
16	0.107	0.630	99.507			
17	0.084	0.493	100.000			

以验证用户需求转化产品功能的可行性，并制成移动消防设备产品功能设计清单，见表 5，最终指导移动消防无人机功能优化设计。

### 3.4 移动消防产品方案设计

依据产品功能设计清单与功能权重等级对移动消防产品进行初步设计探索，对应移动消防产品功能设计清单，绘制产品功能梳理与用户行为旅程图，见图 11，详细描述功能的实现逻辑与用户使用流程。设计以移动端 APP 应用程序对周边环境“感知”监测控制并发起功能，无人机硬件替代救援人员进入火灾现场灭火，通过软件与硬件的协同配合构建完整的消防系统，实现前文功能清单设定。

#### 3.4.1 移动端设计探索

依据情境分析的结果，在用户完成基础设置后，主动利用各类移动传感器进行情境感知信息监测并识别当前情境，操作逻辑则利用滑动手势与自动切换界面为主，根据情境识别结果自动切入不同情境界面，操作模型见图 12。

由于火场环境的特殊性，以界面色彩明度变化隐喻情境状态变化，简化用户认知过程，部分界面设计见图 13。

#### 3.4.2 硬件端设计探索

硬件端以实现灭火类与环境监测类功能为主，无人机具备低空飞行替代救援人员进入火场，借助热成

表5 移动消防设备产品功能设计清单  
Tab.5 Function design list of mobile fire protection product

	用户逃生类	灭火类	状态监测类	情绪舒缓类	产品基础类
一级功能需求	引导逃生	寻找火源灭火 主动报警	用户定位 行为体征监测 图像数据收集	语音、通话等 缓解用户压力	代替消防人员进入火场 产品承重、耐热、耐高温、 压力续航能力等基础功能 机体携带灭火材料
二级功能需求	主动显示人流位置 根据火灾态势 演变规划路径 危险行为提示 寻求医疗救援	主动提供适当 灭火方式	主动火灾预警 主动监测火源信息	发送平安信息	飞行轨迹显示 无人机当前定位, 远程巡航、一键返航
三级功能需求					

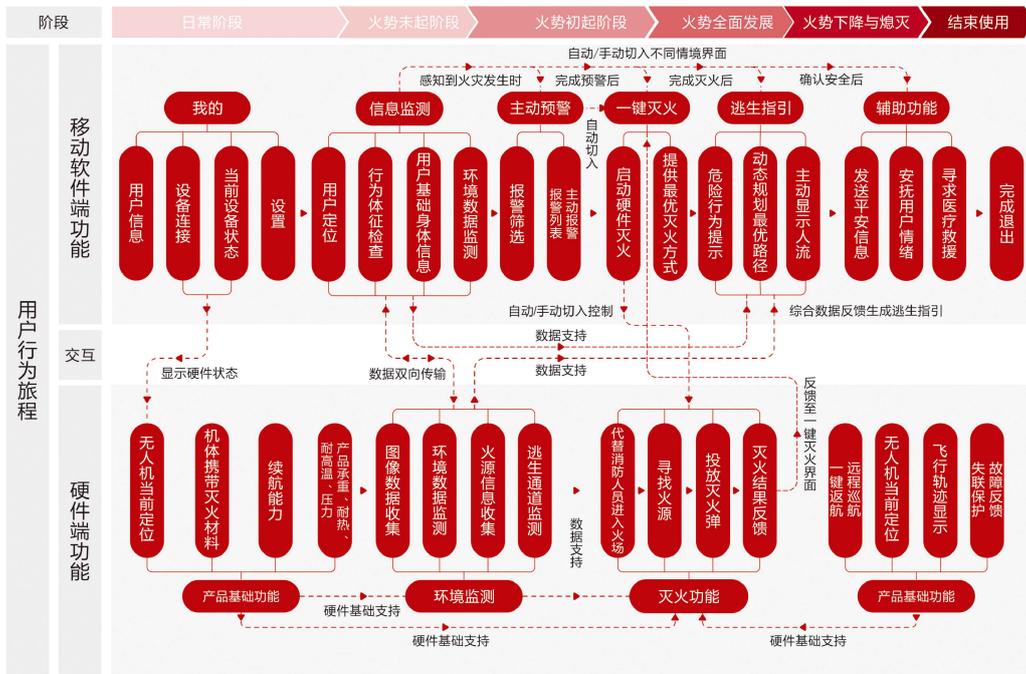


图 11 产品功能梳理与用户行为旅程图  
Fig.11 Product function and user behavior trip chart



图 12 移动端操作模型  
Fig.12 Mobile operation model

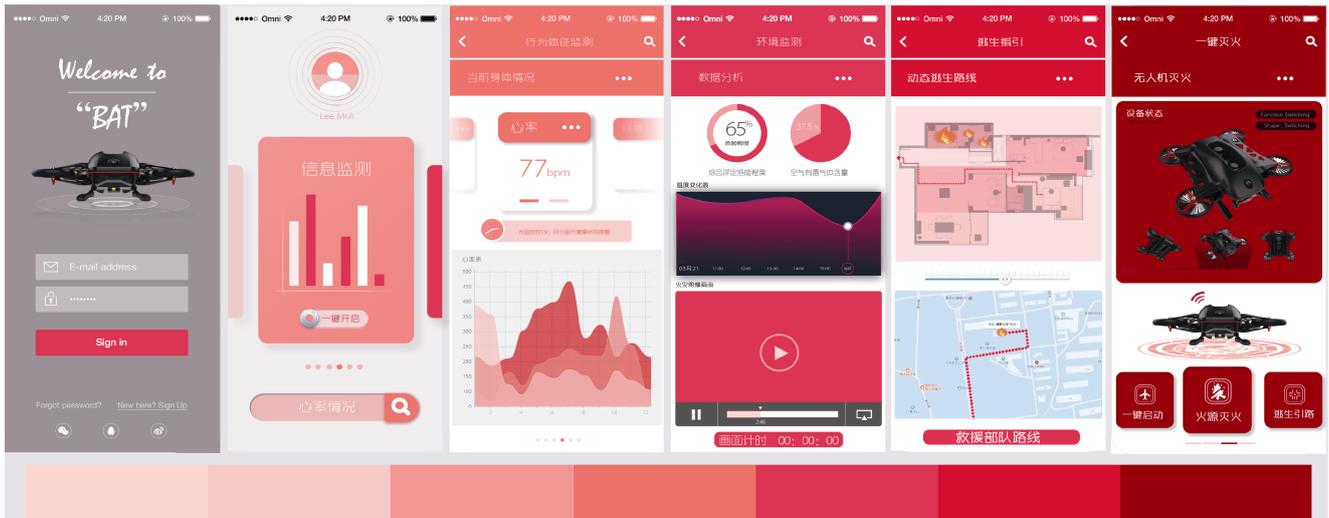


图 13 移动端应用程序部分界面设计  
Fig.13 Interface design of mobile application



图 14 消防无人机概念设计  
Fig.14 Conceptual design of fire fighting UAV

像摄像与红外摄像寻找火源，随后对火源进行“投射”、“爆炸式灭火器”灭火等功能。爆炸式灭火器内置储压泡沫干粉等灭火材料，遇热结构分离弹射而出，达到灭火效果。色彩方面采用辨识度高的黑红配色给予用户安全可靠的色彩暗示。材料方面机翼起落架与机身均采用耐热耐腐蚀的碳纤维增强 PC、PA 复合材料，相较于传统材料具备减少金属对信号干扰，减轻机身重量等优势，方案见图 14。

### 3.4.3 硬件端设计验证

完成消防无人机概念设计方案后，以实物产品样机对结构与产品可行性进行方案验证（见图 15），并对无人机部分内部元器件进行初步探索（见图 16），利用产品手板样机与产品元器件相互验证。

最终将优化后的产品方案与传统消防产品在多个方面进行对比验证见表 6，验证概念设计方案的可行



图 15 产品实物样机  
Fig.15 Product prototype



图 16 产品样机内部元器件设计探索  
Fig.16 Research on design of internal components for product prototype

表6 方案对比验证  
Tab.6 Scheme comparison verification

功能类别	传统消防产品	优化后移动消防产品	优化后方案优势
信息传输	人为主动传输 传输效率低下	情境感知, 依靠传感器主动获取数据	准确性与效率更高
灭火效率	由消防人员经验决定	移动端与硬件端协同	灭火效率更高
安全保障	对消防人员存在安全隐患	无人机替代消防员部分危险工作	保障救援人员安全
用户逃生	消防人员指引	动态规划最优路线	保障逃生最优路线
状态监测	主动问询为主	传感器主动数据监测	较高反应效率, 准确性高

行性, 证明优化后方案相较于传统方案具备一定优势性特征。

#### 4 结语

在移动消防产品领域内引入了情境感知理论, 提供了在情境中探索深度用户需求的可行性方法。通过对情境的深入讨论与情境还原假设构建情境感知模型, 并实践于移动消防产品的功能优化设计中, 更好地满足了火场情境下的深度用户需求。文中仅对产品结构与内部元器件结构进行了初步探索与验证, 因条件限制未对产品设计与开发进行更加深入的探讨研究, 期望在后续的研究中对产品的实验验证与产品设计开发进行更加全面的探索。

#### 参考文献:

- [1] 顾君忠. 情景感知计算[J]. 华东师范大学学报: 自然科学版, 2009(5): 1-20.  
GU Jun-zhong. Scenario Perception Calculation[J]. Journal of East China Normal University: Natural Science Edition, 2009(5): 1-20.
- [2] SCHILIT B, ADAMS N, WANT R. Context-aware Computing Applications[C]. Vancouver: Proc of Workshop on Mobile Computing Systems and Applications, 1994.
- [3] DEY A K. Providing Architectural Support for Building Context Aware Applications[D]. Atlanta: Georgia Institute of Technology, 2000.
- [4] 陈媛媛, 刘正捷. 基于活动的情境感知系统交互设计[J]. 计算机工程与应用, 2013, 49(20): 23-28.  
CHEN Yuan-yuan, LIU Zheng-jie. Activity-based Context Awareness Interaction Design[J]. Computer Engineering and Applications, 2013, 49(20): 23-28.
- [5] 陈媛媛, 刘正捷. 移动情境感知及其交互研究[J]. 计算机应用研究, 2011(12): 440-442.  
CHEN Yuan-yuan, LIU Zheng-jie. Mobile Context Awareness Applications and Interactions[J]. Application Research of Computers, 2011(12): 440-442.
- [6] 左自磊, 蒋晓. 基于情境感知的移动购物应用设计研究[J]. 包装工程, 2017, 38(24): 156-159.  
ZUO Zi-lei, JIANG Xiao. Mobile Shopping Application Design Based on Context Perception[J]. Packaging Engineering, 2017, 38(24): 156-159.
- [7] 窦金花, 覃京燕. 基于情境感知多维数据可视化的产品服务系统创新设计研究[J]. 包装工程, 2017, 38(2): 87-91.  
DOU Jin-hua, QIN Jing-yan. Product Design System Innovation Design Based on Context-Aware Multidimensional Data Visualization[J]. Packaging Engineering, 2017, 38(2): 87-91.
- [8] 张蔚虹, 朱海霞. Z-Score 模型对科技型上市公司财务风险预警的适用性检验[J]. 科技管理研究, 2012, 32(14): 228-231.  
ZHANG Wei-hong, ZHU Hai-xia. The Applicability Test of Z-Score Model for Financial Risk Early Warning of Science and Technology Listed Companies[J]. Science and Technology Management Research, 2012, 32(14): 228-231.
- [9] 姚湘, 胡鸿雁, 李江泳. 用户情感需求层次与产品设计特征匹配研究[J]. 武汉理工大学学报(社会科学版), 2016, 29(2): 304-307.  
YAO Xiang, HU Hong-yan, LI Jiang-yong. Matching User Emotional Requirement Level and Product Design Features[J]. Journal of Wuhan University of Technology (Natural Science), 2016, 29(2): 304-307.
- [10] 罗仕鉴, 朱上上, 应放天, 等. 产品设计中的用户隐性知识研究现状与进展[J]. 计算机集成制造系统, 2010(4): 673-688.  
LUO Shi-jian, ZHU Shang-shang, YING Fang-tian, et al. Status and Progress of Research on Users' Tacit Knowledge in Product Design[J]. Computer Integrated Manufacturing Systems, 2010(4): 673-688.
- [11] 左自磊, 蒋晓. 基于情境感知的移动购物应用设计研究[J]. 包装工程, 2017, 38(24): 156-159.  
ZUO Zi-lei, JIANG Xiao. Design of Mobile Shopping Application Based on Context Perception[J]. Packaging Engineering, 2017, 38(24): 156-159.