

文章编号: 1006-2467(2011)02-0267-05

无人机遥感多载荷任务规划方法

蔡志浩, 燕如意, 王英勋

(北京航空航天大学 无人驾驶飞行器研究所, 北京 100191)

摘要: 针对装载多个载荷的无人机遥感问题, 研究一次飞行可对遥感区域进行多种类型勘测的任务规划方法. 根据不同载荷对无人机飞行高度、飞行速度、航路精度等指标的特殊要求, 对航路与任务载荷进行建模和规划. 采用基于 XML(eXtensible Markup Language) 对遥感任务进行建模, 制订通用性好的任务规划规范标准, 提高无人机遥感飞行效率以及适应性; 且通过 KML(Keyhole Markup Language) 对规划结果在 Google Earth 上实时显示, 对规划结果进行基于地理信息系统的直观显示和有效评估.

关键词: 无人机; 任务规划; 遥感; 可扩展建模语言; Keyhole 标记语言

中图分类号: V249 **文献标志码:** A

Task Planning Method for Multi-payload Remote Sensing UAV

CAI Zhi-hao, YAN Ru-yi, WANG Ying-xun

(Institution of Unmanned Aircraft Vehicle, Beihang University, Beijing 100191, China)

Abstract: In view of the remote sensing of UAV (unmanned aircraft vehicle) which carries multiple payloads, a task planning method was studied to get more useable results. According to payloads' different requirements on flight altitude, flight speed and so on, the task planning method commonly includes route planning and payloads planning. The method based on XML (eXtensible Markup Language) modeling remote sensing can develop universal standards for task planning norms, improve the UAV remote sensing flight efficiency and adaptability. Using KML (Keyhole Markup Language) to demonstrate the planning results on Google Earth, real time planning results can be visually displayed on GIS-based user interface and obtain effective assessments.

Key words: unmanned aircraft vehicle (UAV); task planning; remote sensing; eXtensible markup language (XML); Keyhole markup language (KML)

无人机可适用于长时间飞行、恶劣环境的遥感任务, 开始应用于农业、林业、灾害勘测等民用领域, 但所搭载的遥感任务载荷大多是单载荷, 其质量和体积都在小型或微小型量级上, 难以执行高精度、大范围的复杂遥感任务^[1]. 同时装载多个遥感载荷执

行任务时, 不同的载荷为满足图像重叠带、侧视角等观测性能要求, 对无人机的飞行高度、速度、航线精度、载荷指向等指标有特殊的要求, 采用每个载荷叠加的规划方法或人工的规划方式存在效率低、可读性和扩展性差的问题, 增加了执行遥感任务的飞行

收稿日期: 2010-09-10

基金项目: 国家高技术研究发展计划(863)项目(2008A A121802), 中央高校基本科研业务费专项资金项目(YWF-10-02-074)

作者简介: 蔡志浩(1979-), 男, 河南省焦作市人, 博士, 工程师, 研究方向: 无人机导航与控制, 任务规划. 电话(Tel.): 010-82317390;

E-mail: caizhihao@buaa.edu.cn.

时间和风险. 因此, 本文采用基于 XML (eXtensible Markup Language) 的方法对无人机多载荷遥感任务规划进行建模, 以提高无人机遥感飞行效率以及换装载荷的通用性, 并通过 KML (Keyhole Markup Language) 将规划结果直观展现.

1 无人机航感

无人机执行航感任务常用的任务载荷包括多光谱、高光谱、红外等光电型设备以及 SAR (Synthetic Aperture Radar) 等雷达型设备, 航感任务规划不同于作战无人机需要躲避雷达、高炮等的威胁, 其目标为在经济、安全的前提下最大程度地获取高品质的遥感图像^[2]. 为达到各种载荷得到最佳的遥感图像的目标, 对无人机飞行的高度、速度、侧视角有各自不同的要求, 如果不进行组合优化配置, 则飞行的冗余度较高, 一些载荷会多次开关机、航线需要重复飞行, 也对无人机的续航时间、可靠性提出挑战. 因此, 研究降低冗余度的无人机遥感任务规划方法对搭载多载荷执行任务的无人机具有重要意义.

无人机遥感多载荷任务规划原理如图 1 所示.

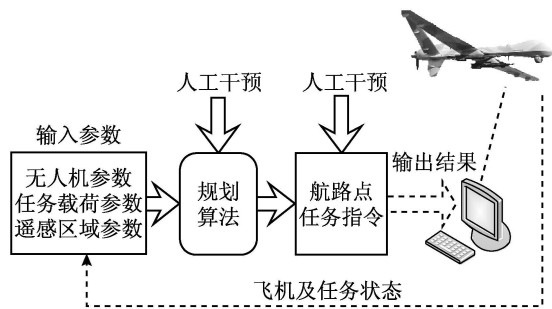


图 1 无人机航感任务规划原理

Fig.1 Schematic of UAV remote sensing task planning

图 1 中, 无人机参数、任务载荷参数、遥感区域参数需在飞行前设定好, 并作为规划算法的输入进行航路点和载荷工作算法的输入. 规划算法可采用多变量的数学规划等方法进行, 规划过程和规划结果可通过人工干预的方法进行修改、增删等操作, 经过校验的规划文件传给地面测控站, 再通过遥控链路装订到飞控计算机上, 无人机便可按照设定的规划进行遥感. 飞行过程中, 无人机及感应的状态通过遥测链传到任务规划系统, 通过对遥感结果的评估再按相同的流程进行复飞重规划.

任务规划流程如图 2 所示. 规划与复飞重规划时, 涉及无人机、遥感载荷、任务区域的相关参数, 该 3 个对象会根据遥感任务的变化发生个别或全部的改变, 需要一个定义清晰、可复用性好的方式对其进行描述, 而 XML 具有上述优势; 同时, 规划结果和

遥感过程应能直观、友好地展现出来, 供评估和人工干预时使用.

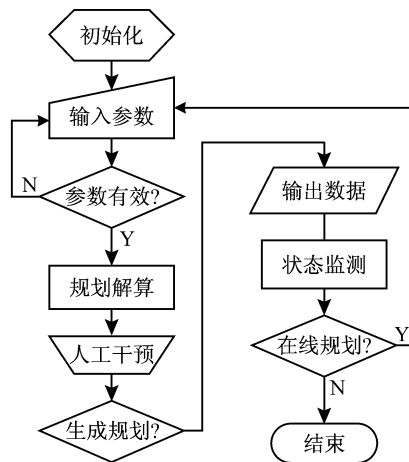


图 2 无人机遥感任务规划流程

Fig.2 Flowchart of UAV remote sensing task planning

2 基于 XML 的通用型任务规划建模

传统的任务规划文件格式采用 TXT 文本格式, 对于操作平台的兼容性较差, 更重要的是难以规范统一地描述不同遥感载荷提出的任务需求, 以及特点各不相同的遥感区域. 解决该问题的关键是要选择一种合适的数据描述方式, 使得不同的计算机系统能够以独立于操作平台、信息结构以及应用领域的方式通过网络等数据传输途径实现数据共享、数据交换乃至数据互操作.

XML 是互联网联合组织创建的一组用于描述和共享结构化信息的国际工业标准, 是一种标记语言. 但与 HTML (Hyper Text Markup Language) 的用于描述数据显示格式的标记不同, 基于 XML 的数据是自我描述且可扩展的, 它可以独立地描述数据内容和数据格式, 并允许信息使用者根据需要, 自行定义标记及属性名^[3]. 良好的数据存储格式、可扩展性、高度结构化、便于网络传输是 XML 的主要特点, 它们也决定了 XML 卓越的性能, 使得数据检索、数据共享以及信息互操作等活动更为简便易行. XML 已经在信息、化学、物理等领域的建模问题上发挥了重要作用, 并建立了一批相关的语义集和辞典, 很大程度上解决了这些领域的相关内容建模与数据共享问题^[4].

2.1 无人机参数建模

进行无人机遥感飞行时, 无人机本身的参数如续航时间、升限、巡航速度等是首先要考虑的影响遥感任务的关键因素, 因此, 用 XML 对无人机的参数建模, 并可在后续的规划程序中调用, 以作为规划的

飞行约束. 无人机参数 XML 文件树形结构如图 3 所示.

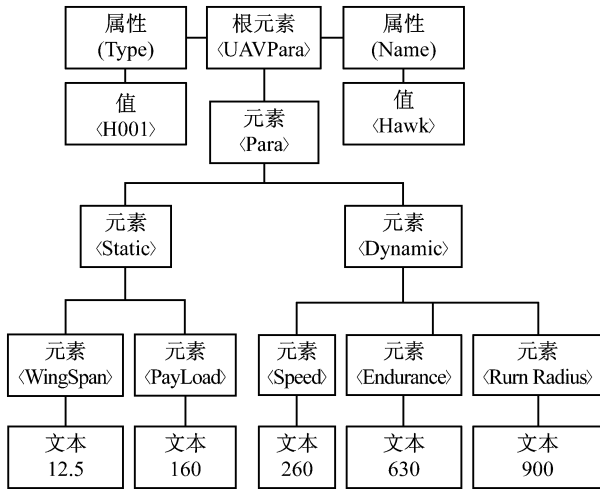


图 3 无人机参数 XML 文件树形结构

Fig. 3 XML document tree derivation of UAV parameters

无人机 (<UAVPara>) 的名称 (<Name>) 和型号 (<Type>) 为其基本属性, 无人机的参数 (<PlanePara>) 包括静态 (<Static>) 和动态 (<Dynamic>) 元素, 翼展 (<Wingspan>) 和最大载荷 (<Max Payload Weight>) 是无人机主要静态参数, 而飞行相关的巡航速度 (<Cruising Speed>)、续航时间 (<Endurance>)、转弯半径 (<Turn Radius>) 则是遥感任务规划需要明确的重要动态参数.

2.2 任务规划建模

任务规划文件中描述无人机遥感飞行的区域、航迹点与载荷的工作模式, 图 4 所示为无人机遥感任务规划 XML 文件的树形结构图.

图 4 中, 根元素 <PlanTask> 包括日期 (<Date>)、任务编号 (<TaskID>)、任务区域 (<TaskArea>)、任务点 (<Points>) 4 个元素, 其中任务区域由一系列经度 (<Longitude>)、纬度 (<Latitude>) 描述的点确定, 而任务点元素则包括了飞行时需要的线号 (<LineNum>)、点号 (<PointNum>)、飞行速度 (<Speed>)、经度 (<Longitude>)、纬度 (<Latitude>)、飞行高度 (<FlyHeight>)、地面高度 (<GrdHeight>) 以及遥感载荷 (<Sensor>) 的名称 (<Name>)、工作模式 (<WorkMode>) 等元素. 以下是按此规范编排的遥感任务文件片段:

```

<PlanTask>
  <Date>2010-05-05</Date>
  <TaskID> Test01</TaskID>
  <TaskArea>
    <Point>

```

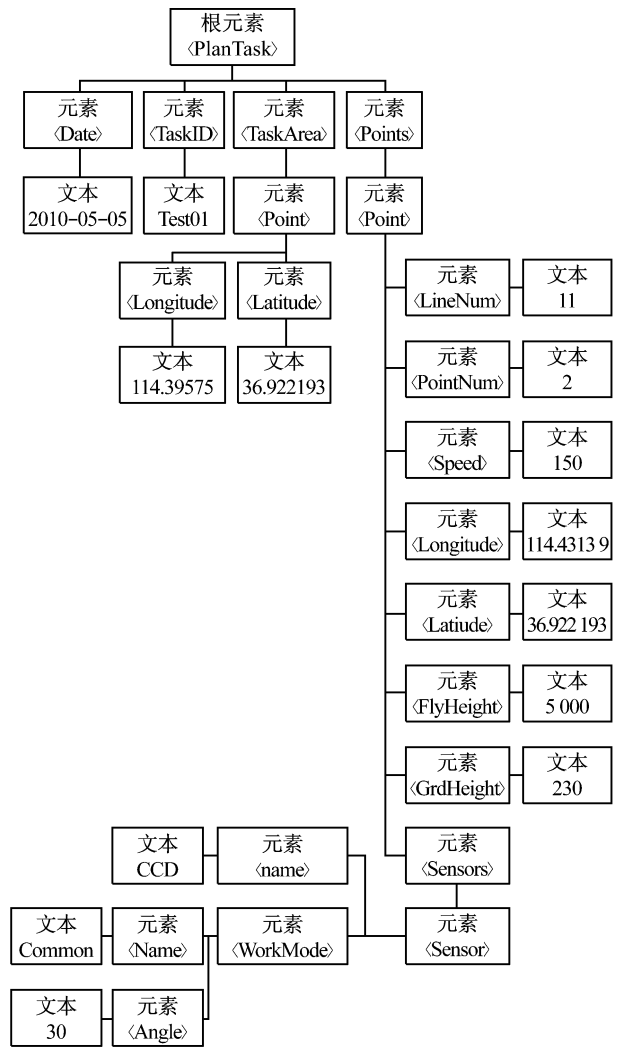


图 4 无人机遥感任务规划 XML 文件树形结构

Fig. 4 XML document tree derivation of task planning

```

  <Longitude>114.39575</Longitude>
  <Latitude>36.922193</Latitude>
</Point>
  :
</TaskArea>
<Points>
  <Point>
    <LineNum>1</LineNum>
    <PointNum>1</PointNum>
    <Speed>165.000</Speed>
    <Longitude>114.39445</Longitude>
    <Latitude>36.922639</Latitude>
    <FlyHeight>2380.5556</FlyHeight>
    <GrdHeight>100.00000</GrdHeight>
  <Sensors>
    <Sensor>
      <name>CCD1</name>
      <WorkMode>
        <Name>Sweep</Name>

```

```

    <Angle>0.0</Angle>
  </WorkMode>
</Sensor>
  ⋮
</Sensors>
</Point>
  ⋮
</Points>
</PlanTask>

```

```

    <Longitude>114.237632</Longitude>
    <Latitude>37.104713</Latitude>
  </Point>
  ⋮
</SubArea>
<Sensors>
  <Sensor name= "CCD_Map1">
    <ReflyRequirement>
      <FlightOverlap>0.3</FlightOverlap>
      <Resolution>3.2</Resolution>
      <Angle>0.0</Angle>
      <SideOverlap>0.6</SideOverlap>
    </ReflyRequirement>
    ⋮
  </Sensors>
</TaskSubArea>
</ReflyTask>

```

省略号部分表示可以有多个元素。

2.3 复飞重规划建模

复飞重规划时则需指明预订规划区域中未达到预期目标的遥感区域及载荷的工作模式, 因此其 XML 文件的树形结构如图 5 所示。

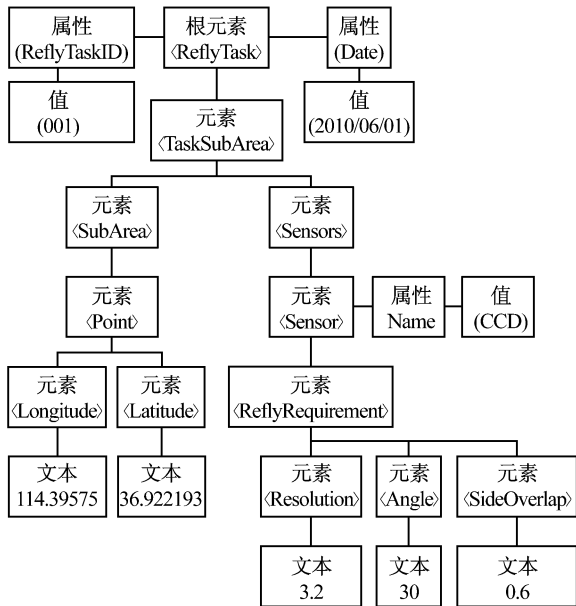


图 5 复飞重规划 XML 文件树形结构

Fig. 5 XML document tree derivation of re-fly task planning

图 5 中, 复飞重规划的根元素为 <ReflyTask>, 除包括日期 (<Date>) 和任务编号 (<ReflyTaskID>) 2 个属性外, 复飞的任务由任务子区域 (<TaskSubArea>) 描述, 细节则由经度 (<Longitude>)、纬度 (<Latitude>) 描述的点 (<Point>) 确定的子区域 (<SubArea>) 以及遥感载荷 (<Sensor>) 的相关工作模式要求描述元素。以下是根据此规范编排的复飞重规划文件片段:

```

<ReflyTask xmlns: xsi = " http:// www. w3. org/ 2001/
  XMLSchema-instance" ReflyTaskID= "001" Date= "
  2010/06/01">
  <TaskSubArea>
    <SubArea>
      <Point>

```

3 基于 KML 的航迹规划显示与分析

KML 是基于 XML 的可标记性语言规范, 与 XML 具有相同的标记结构和语法, 同时又具有自身的标记特点和方式. KML 专门用于标记地理空间数据, 记录空间物体位置、相关信息等, NASA Worldwind、Google Earth、Google Maps 均采用 KML 格式记录所有空间信息, 如矢量数据、栅格数据等^[5]. 目前, 国际标准化组织开放地理信息系统协会 (Open GIS Consortium, OGC) 宣布已完成了 KML 的标准化进程. KML 成为了一个 OGC 标准, OGC 将会开始负责维护并扩展该标准, 即意味着 KML 成为地理信息的国际标准, 可以被更多产品支持。

由于 Google Earth 集成了全球不同分辨率的遥感图像, 包括卫星遥感 (多数地区为 15 m 分辨率的 Landsat 影像, 部分地区为分辨率达到 0.61 m 的 Quick Bird 影像) 与航空摄影数据, 可在全球范围内周期性地更新. 使用 KML 描述的点、线、面等特征可以在 Google Earth 等软件上很好地显示, 可对航迹规划结果进行显示与评价^[6].

3.1 KML 规范

在无人机航感任务规划系统中, 通过 Google Earth 的用户界面创建 KML 文件, 或者通过任务规划程序调用相应的 API (Application Programming Interface) 自动创建 KML 文件, 从而实现对规划全过程的显示, 并可在此基础上进行人工干预. KML 文件以及与其相关的一些图片文件还可被压缩到 KMZ (Zip) 文件中去, 因此, 与规划相关的完备信息

就可实现打包集成。

典型的 KML 文件片段如下:

```
<kml xmlns= "http://www.opengis.net/kml/2.2">
  <Placemark>
    <name>Simple placemark</name>
    <description>Attached to the ground. Intelligently
      places itself at the height of the underlying terrain.
    </description>
    <Point>
      <coordinates>- 122.082 2, 37.422 2, 0</coordinates>
    </Point>
  </Placemark>
</kml>
```

上述片段中包含了 KML 名称空间声明, 用于标识地标的名称、附着到地标的气泡框中显示的说明、指定地标在地球表面位置的点。

完整的 KML 元素的类树还包含了特征、几何对象、风格设置等用来控制显示位置、效果等的元素, 对这些元素的不同配置, 可实现多种规划类型点、线、面的直观显示^[6]。

3.2 基于 Google Earth 的规划结果显示

在无人机多载荷航感任务规划系统中, 通过不同颜色的点对象指明航路点或任务点, 线对象和多边形对象分别指明遥感的飞行航线和遥感区域。位于某机场的无人机遥感任务规划显示在 Google Earth 上的效果如图 6 所示。

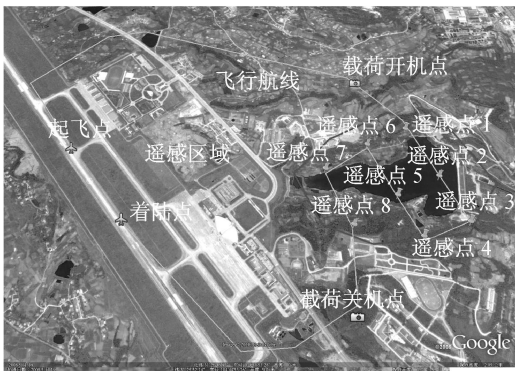


图 6 无人机遥感任务规划在 Google Earth 上的显示

Fig. 6 Task planning results demonstrated on Google Earth

根据任务规划程序的 XML 建模文件完成对无人机参数与遥感任务的配置后, 通过调用 API 把规划结果显示在 Google Earth 界面上, 显示的内容包括飞行航线、遥感任务区域以及飞行的起飞/着陆点、载荷的开/关机点, 以及关键的遥感任务点, 附加的信息还可在提示框中显示。

4 结 语

无人机多载荷遥感任务规划系统是一个需要协调工作、统筹规划的系统, 需要对飞行任务即航路和载荷工作模式进行综合规划, 因此数据交换与数据互操作成为重要的部分。采用 XML 对无人机遥感任务进行建模, 制定通用性与可扩展性好的任务描述文件, 可提高航感规划的复用度及适应性。同时, 基于 OGC 的 KML 标准, 在 Google Earth 等地理信息平台上对任务规划过程与结果进行显示及实现人工干预, 可直观地得到规划资源的空间描述, 并使用地理信息系统方便的测距、相交性等评测工具对规划结果进行有效评估。

参考文献:

- [1] 吕书强, 晏磊, 张兵, 等. 无人机遥感系统的集成与飞行试验研究[J]. 测绘科学, 2007, 32(1): 84-86. LÜ Shu-qiang, YAN Lei, ZHANG Bing, et al. The integration and flight experiment of UAV remote sensing system [J]. *Science of Surveying and Mapping*, 2007, 32(1): 84-86.
- [2] 郑昌文, 严平, 丁明跃, 等. 飞行器航迹规划研究现状与趋势[J]. 宇航学报, 2007(6): 1441-1446. ZHENG Chang-wen, YAN Ping, DING Ming-yue, et al. Research status and trend of route planning for flying vehicles [J]. *Journal of Astronautics*, 2007(6): 1441-1446.
- [3] Sankar P, Alain K, Aghila G. Model tool to describe chemical structures in XML format utilizing structural fragments and chemical ontology [J]. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 2010, 50(5): 755-770.
- [4] Vittorini P, Tarquinio A, Di Orio F. XML technologies for the Omaha system: A data model, a Java tool and several case studies supporting home healthcare [J]. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, 2009, 93(3): 297-312.
- [5] 袁俊超, 苗放, 李玉林. 使用 KML 实现多细节层次技术[J]. 地理空间信息, 2009, 7(4): 159-161. YUAN Jun-chao, MIAO Fang, LI Yulin. Implementation of LOD technology based on KML [J]. *Geospatial Information*, 2009, 7(4): 159-161.
- [6] Yamagishi Y, Nagao H, Suzuki K, et al. Google earth as geoscience data browser project: Development of a tool to convert jamstec research vessel navigation data to KML [J]. *Data Science Journal*, 2009, 8 (Sup.): 85-91.