

1. 一种面向地震应急响应的多无人机调度与任务规划方法,其特征在于,包括以下步骤:

步骤 1:根据震源坐标、深度、震级、烈度参数,生成地震灾区范围,并结合居民地、道路、水系和数字高程模型数据,生成灾区重点监测区域,即任务区;

步骤 2:利用路径分析方法,计算可供调遣的各无人机单位到达灾区时间,根据计算得到的时间选取前往灾区的无人机单位,即得到无人机单位调度方案;

步骤 3:无人机单位根据无人机单位调度方案向灾区派遣无人机编队,然后根据所要派遣的无人机编队位置与状态,生成无人机编队前往灾区的交通方案;

步骤 4:无人机编队按照交通方案前往灾区,然后根据所有派遣的无人机编队的移动情况,生成多无人机编队任务规划方案,并根据无人机编队实时的作业和交通状态,动态规划作业方案;

所述的地震灾区范围是指利用地震烈度椭圆经验公式计算出的地震烈度达到指定等级的椭圆区域;

所述的任务区域是灾区内部需监测的重点区域,包括居民居住聚集区域、陡峭路段和水系区域;

所述的路径分析方法采用最短路径分析方法,通过最短路径分析方法计算给定无人机编队当前位置到灾区、任务区的最佳路径及其最小通行时间;

所述的无人机编队是指拥有无人机的单位下属的最小作业单元,包括操作人员、无人机和数据采集部件;

所述的数字高程模型数据即 DEM,是利用栅格数据结构表达地表高程的数据模型。

2. 根据权利要求 1 所述的一种面向地震应急响应的多无人机调度与任务规划方法,其特征在于,步骤 1 所述的生成任务区包括以下步骤:

1) 根据设定的行、列数,将灾区范围划分成若干个正交矩形单元格;

2) 计算每个单元格包含或相交的居民地多边形要素,进而计算各单元格居民地密度,依次将该单元格上下左右 4 方向相互邻近且密度大于指定阈值的单元格所包含或相交的居民地多边形要素聚为一个任务区域;进而采用约束 Delaunay 三角网法计算同一任务区域居民地要素聚合边界,即得到居民地任务区;

3) 利用 DEM 数据生成灾区坡度图,然后根据坡度大小对坡度图进行重分类,从中选取超出指定坡度值的区域;最后计算这些区域中的道路、水系范围,生成道路、水系的坡度任务区;

所述的居民地要素是指在地图上使用多边形方式表达的房屋等人工建筑实体。

所述的约束 Delaunay 三角网是指同一任务区域中所有居民地多边形顶点构造的且不与居民地多边形相交的 Delaunay 三角网;

所述的聚合边界是利用约束 Delaunay 三角网中包含同一任务区域所有居民地多边形的最外侧三角形边线所围成的多边形;

所述的重分类是在地理信息系统中利用给定的属性和分类区间值域,从而将空间或空间实体划分为多个部分的一种方法。

所述的任务区包括步骤 2) 和 3) 中生成的居民地任务区和坡度任务区。

3. 根据权利要求 1 中所述的一种面向地震应急响应的多无人机调度与任务规划方法,

其特征在于,步骤2所述确定无人机单位调度方案,包括以下处理步骤:

- 1) 结合全国路网数据,利用路径分析方法计算无人机单位所在地到灾区的交通时间,并生成交通时间表;
- 2) 选择交通时间满足应急响应要求的无人机单位并确定无人机单位调度方案,并生成无人机单位订单报表。

所述的路网数据是指将全国道路数据经数据加工、拓扑处理后的道路网络数据集。

4. 根据权利要求1中所述的一种面向地震应急响应的多无人机调度与任务规划方法,其特征在于,步骤3所述的跟踪无人机编队并生成交通方案报表,包括以下处理过程:

- 1) 无人机编队内的无人机上传编队实时信息,实时信息包括实时位置、设备状态、工作状态以及突发事件;
- 2) 根据实时信息,重新计算各无人机编队到达灾区的交通时间,并生成交通方案报表;

步骤1)中所述的突发事件包括交通中断和无人机损毁。

步骤2)中所述的重新计算各无人机编队到达灾区的交通时间是根据无人机编队实时信息中的交通中断信息进行计算。

5. 根据权利要求1中所述的一种面向地震应急响应的多无人机调度与任务规划方法,其特征在于,步骤4所述的多无人机编队任务规划方案,包括以下处理过程:

- 1) 利用路径分析工具,以当前各无人机编队所在位置为起始结点,以无人机编队到达最近任务区以及任务区之间通行时间为权值,生成无人机-任务区覆盖路径,并在每个结点上标注无人机编队和到达任务区可能花费的时间;
- 2) 将所有任务区覆盖路径结点,按时间点由早到晚排序,然后从排序列表中剔除重复且不是最早结点上的任务区,最后得到多无人机任务规划方案;
- 3) 实时跟踪多无人机编队交通、任务执行状态,并在方案执行过程中,依据无人机编队上报信息,动态规划后续任务执行方案;

所述的覆盖路径是从无人机编队位置开始遍历所有任务区所需交通时间成本的一个连通子图;本发明使用的覆盖路径是从无人机编队所在位置出发,查找交通时间成本最小的任务区,再从该任务区出发,寻找距离该任务交通时间最小的且未归入覆盖路径的任务区,依此递归搜索,直到所有任务区均加入覆盖路径时结束计算。

面向地震应急响应的多无人机调度与任务规划方法

技术领域

[0001] 本发明属于重大地质灾害的应急响应领域,特别涉及到移动通讯、基于位置的服务、地理信息系统以及多无人机调度与任务规划等方法和系统。

背景技术

[0002] 我国是世界上地质灾害最严重的国家之一,灾害种类多,发生频率高,分布地域广,造成的损失大,特别是近年来特大地质灾害发生的频率以及造成的损失明显呈上升趋势。例如 2008 年的汶川地震、四川攀枝花 - 会理地震,2010 年的玉树地震和舟曲泥石流,以及 2013 年发生的雅安地震等。地质灾害的发生具有不可预料性,不仅破坏力大,而且造成了重大的经济损失和人员伤亡,已经成为影响我国经济发展和社会安定的重要因素之一。地震灾害发生后,积极做好灾害应急响应与救援工作是减少地震灾害破坏程度的有效方法。其中,及时准确的灾情信息对于制定救灾策略与方案,提高救援效率和质量起着至关重要的作用。震后重点受灾区域的高分辨率遥感影像数据不仅可以直观地反映灾害的影响范围、程度和分布情况等,还能够为国家救灾部门提供快速、准确的灾情数据,有效指导救援工作的开展。

[0003] 通常遥感数据获取方法主要有卫星遥感、载人航空遥感和无人机遥感等方式。由于卫星遥感和载人航空遥感在获取震后信息时受时空分辨率、外界环境和使用成本的影响,其在地震应急救援过程中的作用受到一定限制,而无人机遥感具有实时性强、机动灵活、成本低、影像分辨率高等诸多特点,且能够在高危地区作业,适合于地震灾害的应急响应与救援工作。例如 2013 年 4 月 20 日的雅安地震发生以后,国家测绘地理信息局紧急派出的无人机于当天下午五时左右,成功获取了芦山县核心灾区太平镇的首批高分辨率的航空影像,快速准确的获取了包括房屋的受损程度和道路的通畅状况等重要的灾情信息,为救援工作的指挥和决策者提供了珍贵的现势信息,可以看出无人机遥感在重大地质灾害应急响应与求援工作中发挥了重要作用。

[0004] 虽然无人机遥感是 20 世纪 90 年代发展起来的一种遥感技术,它是以无人机作为飞行平台,采用影像传感器获取高分辨率遥感影像数据的航空遥感影像获取方法(臧克等,2010),并广泛应用于世界各国灾害监测、评估和救援等领域。例如 1996 年 10 月以色列飞机工业公司利用无人机遥感实现了火灾的全天候持续监测,有效控制了火灾;2005 年美国 Nicolas Lewycky 等人利用无人机遥感对北卡罗莱纳州进行了灾后调查,准确评估了厂房和村庄的损失,为灾害的救援工作提供了及时、准确的数据(Biesemans 等,2005;高劲松等,2008;高娇娇,2010);2004 年 7 月,马轮基等对桂平市蒙圩镇洪涝区开展了无人机遥感调查,得到了洪涝区、退水区、非洪涝区的遥感影像,是我国无人机遥感首次在洪涝灾害中的应用(马轮基等,2005);2008 汶川大地震,由民政部国家减灾中心组织的无人机小组深入到北川县城进行航拍,并通过卫星传输网络将航拍数据传回国家减灾中心,为救灾方案的制定提供依据,有效指导了救援工作的展开(曾涛等,2009;雷添杰等,2011)。

[0005] 然而,目前国内面向重大地质灾害应急响应的无人机调度流程主要通过传统的电

话、传真等方式联系,过程繁琐、费时,效率较低,而且无法准确、快速生成多无人机编队任务规划方案,致使各无人机编队进入灾区后分工不明确,在实际地震救援工作中暴露了很多问题。例如,在雅安地震的震后航拍任务中,有些受灾地区被多个无人机编队多次重复航拍,不仅严重影响了求援飞机运送伤员和物资的正常工作,而且浪费了宝贵的无人机资源;有些重灾区却迟迟没有获取航拍数据,无法准确做出灾后评估,延误了救援工作的开展,无形中增加了受灾群众的生命和财产损失。

发明内容

[0006] 本发明针对现有方法存在的不足,为满足地震灾害应急响应与求援的需要,提供一种多无人机调度与任务规划的新方法,

[0007] 为了实现上述技术目的,本发明的技术方案是,

[0008] 一种面向地震应急响应的多无人机调度与任务规划方法,包括以下步骤:

[0009] 步骤 1:根据震源坐标、深度、震级、烈度参数,生成地震灾区范围,并结合居民地、道路、水系和数字高程模型数据,生成灾区重点监测区域,即任务区;

[0010] 步骤 2:利用路径分析方法,计算可供调遣的各无人机单位到达灾区时间,根据计算得到的时间选取前往灾区的无人机单位,即得到无人机单位调度方案;

[0011] 步骤 3:无人机单位根据无人机单位调度方案向灾区派遣无人机编队,然后根据所要派遣的无人机编队位置与状态,生成无人机编队前往灾区的交通方案;

[0012] 步骤 4:无人机编队按照交通方案前往灾区,然后根据所有派遣的无人机编队的移动情况,生成多无人机编队任务规划方案,并根据无人机编队实时的作业和交通状态,动态规划作业方案;

[0013] 所述的地震灾区范围是指利用地震烈度椭圆经验公式计算出的地震烈度达到指定等级的椭圆区域;

[0014] 所述的任务区域是灾区内部需监测的重点区域,包括居民居住聚集区域、陡峭路段和水系区域;

[0015] 所述的路径分析方法采用最短路径分析方法,通过最短路径分析方法计算给定无人机编队当前位置到灾区、任务区的最佳路径及其最小通行时间;

[0016] 所述的无人机编队是指拥有无人机的单位下属的最小作业单元,包括操作人员、无人机和数据采集部件;

[0017] 所述的数字高程模型数据即 DEM,是利用栅格数据结构表达地表高程的数据模型。

[0018] 所述的一种面向地震应急响应的多无人机调度与任务规划方法,步骤 1 所述的生成任务区包括以下步骤:

[0019] 1) 根据设定的行、列数,将灾区范围划分成若干个正交矩形单元格;

[0020] 2) 计算每个单元格包含或相交的居民地多边形要素,进而计算各单元格居民地密度,依次将该单元格上下左右 4 方向相互邻近且密度大于指定阈值的单元格所包含或相交的居民地多边形要素聚为一个任务区域;进而采用约束 Delaunay 三角网法计算同一任务区域居民地要素聚合边界,即得到居民地任务区;

[0021] 3) 利用 DEM 数据生成灾区坡度图,然后根据坡度大小对坡度图进行重分类,从中选取超出指定坡度值的区域;最后计算这些区域中的道路、水系范围,生成道路、水系的坡

度任务区；

[0022] 所述的居民地要素是指在地图上使用多边形方式表达的房屋等人工建筑实体。

[0023] 所述的约束 Delaunay 三角网是指同一任务区域中所有居民地多边形顶点构造的且不与居民地多边形相交的 Delaunay 三角网；

[0024] 所述的聚合边界是利用约束 Delaunay 三角网中包含同一任务区域所有居民地多边形的最外侧三角形边线所围成的多边形；

[0025] 所述的重分类是在地理信息系统中利用给定的属性和分类区间值域,从而将空间或空间实体划分为多个部分的一种方法。

[0026] 所述的任务区包括步骤 2) 和 3) 中生成的居民地任务区和坡度任务区。

[0027] 所述的一种面向地震应急响应的多无人机调度与任务规划方法,步骤 2 所述确定无人机单位调度方案,包括以下处理步骤：

[0028] 1) 结合全国路网数据,利用路径分析方法计算无人机单位所在地到灾区的交通时间,并生成交通时间报表；

[0029] 2) 选择交通时间满足应急响应要求的无人机单位并确定无人机单位调度方案,并生成无人机单位订单报表。

[0030] 所述的路网数据是指将全国道路数据经数据加工、拓扑处理后的道路网络数据集。

[0031] 所述的一种面向地震应急响应的多无人机调度与任务规划方法,步骤 3 所述的跟踪无人机编队并生成交通方案报表,包括以下处理过程：

[0032] 1) 无人机编队内的无人机上传编队实时信息,实时信息包括实时位置、设备状态、工作状态以及突发事件；

[0033] 2) 根据实时信息,重新计算各无人机编队到达灾区的交通时间,并生成交通方案报表；

[0034] 步骤 1) 中所述的突发事件包括交通中断和无人机损毁。

[0035] 步骤 2) 中所述的重新计算各无人机编队到达灾区的交通时间是根据无人机编队实时信息中的交通中断信息进行计算。

[0036] 所述的一种面向地震应急响应的多无人机调度与任务规划方法,步骤 4 所述的多无人机编队任务规划方案,包括以下处理过程：

[0037] 1) 利用路径分析工具,以当前各无人机编队所在位置为起始结点,以无人机编队到达最近任务区以及任务区之间通行时间为权值,生成无人机-任务区覆盖路径,并在每个结点上标注无人机编队和到达任务区可能花费的时间；

[0038] 2) 将所有任务区覆盖路径结点,按时间点由早到晚排序,然后从排序列表中剔除重复且不是最早结点上的任务区,最后得到多无人机任务规划方案；

[0039] 3) 实时跟踪多无人机编队交通、任务执行状态,并在方案执行过程中,依据无人机编队上报信息,动态规划后续任务执行方案。

[0040] 所述的覆盖路径是从无人机编队位置开始遍历所有任务区所需交通时间成本的一个连通子图;本发明使用的覆盖路径是从无人机编队所在位置出发,查找交通时间成本最小的任务区,再从该任务区出发,寻找距离该任务交通时间最小的且未归入覆盖路径的任务区,依此递归搜索,直到所有任务区均加入覆盖路径时结束计算。

[0041] 本发明所具有的有益效果：

[0042] 为解决当前地震灾害应急响应中人工调度无人机和任务规划存在的诸多弊端，本发明具有以下几个优点：

[0043] (1) 实现了地震灾区的快速确定方法，能够利用地震参数快速生成地震灾区的椭圆范围。

[0044] (2) 以居民地矢量数据为基础数据，结合基于网格的多边形聚类方法和有约束 Delaunay 三角网剖分方法，快速生成灾区范围内的居民地重点监测区域；继而利用数字高程模型数据，经生成坡度图和重分类计算后，生成超过给定坡度区域的道路和水系监测任务区。

[0045] (3) 利用路径分析方法，快速计算满足时间要求的无人机单位到达灾区的交通时间，在减灾中心调度人员协调、沟通、协商下，快速确定参与救援的无人机单位，并生成无人机单位订单报表。

[0046] (4) 无人机单位通知其下属无人机编队管理员开启上报与跟踪 APP 终端软件，开始对无人机编队进行状态和位置跟踪；无人机编队管理员亦可以利用该 APP 软件上报可能发生的各种事件。

[0047] (5) 根据无人机编队状态和位置，结合路径分析和覆盖路径方法，生成多无人机任务规划方案；并在后续作业中，根据上报事件，动态规划、调整无人机编队的后续监测任务。

[0048] 采用本发明，能够提高无人机调度与任务规划的效率，快速调度无人机编队参与抢险救灾。

附图说明：

[0049] 图 1 本发明的原理图；

[0050] 图 2 任务区生成算法流程图；

[0051] 图 3 无人机单位订单生成流程图；

[0052] 图 4 无人机编队任务规划流程图。

具体实施方式

[0053] 下面结合附图和具体实施方式对本发明做进一步说明。

[0054] 本发明具体包括以下步骤：

[0055] (1) 根据地震震源坐标、深度、震级、烈度等参数，自动生成灾区范围；结合居民地、道路、水系和数字高程模型数据，自动圈定灾区重点监测区域，即任务区。

[0056] (2) 结合灾区路网数据，利用路径分析方法，计算各无人机单位到达灾区所需的交通时间和交通方案，生成相应报表；减灾中心调度人员根据报表，经沟通后，确定参与灾后救援的无人机单位，生成无人机单位订单报表。

[0057] (3) 无人机单位通知下属参与救援的无人机编队安装/开启上报与跟踪 APP 软件，自动上报该无人机编队位置；编队管理员亦可通过 APP 上报无人机状态、监测能力和突发事件，实现无人机的实时跟踪与定位；

[0058] (4) 根据无人机编队当前位置，利用路径分析方法，计算到达灾区的交通时间，并生成交通方案，并利用 APP 软件分发给相应无人机编队。

[0059] (5) 结合灾区路网数据和监测任务区位置,以交通时间为权值,生成无人机编队-任务区覆盖路径,并将各覆盖路径中的结点进行排序,最终得到多无人机编队任务规划方案;

[0060] (6) 根据无人机编队上报的位置、作业状态和突发事件等信息,动态调整后续任务监测方案。

[0061] 其工作原理如图 1 所示。处理过程包括以下几个步骤:

[0062] 步骤 1:减灾中心调度人员利用地震信息的录入界面,输入地震震源坐标、震源深度、震级、烈度等基本参数。

[0063] 步骤 2:利用录入的地震基本参数,按照经验模型生成灾区椭圆区域,参数自动保存到数据库,本实施例使用的经验模型是李西等根据云南地区地质情况提出的烈度椭圆经验公式。

[0064] 步骤 3:在灾区范围内,结合居民地、道路、水系、数字高程模型数据,确定重点监测任务区,计算过程如图 2 所示,主要包括以下步骤:

[0065] (1) 利用灾区多边形,对居民地图层进行覆盖分析,获取所有包含在灾区范围内的居民地。

[0066] (2) 利用网格密度聚类法,对灾区内的居民地多边形进行聚类,该方法将灾区范围划分为若干个正交网格,然后将相邻且居民地密度超过给定阈值的单元格包含或相交的居民地聚为一类。

[0067] (3) 利用有约束的 Delaunay 三角网剖分法,构建各聚类中所有居民地顶点的不规则三角网,然后从三角网中取出最外侧三角形边线,进而将其连接构成聚类的边界,即居民地任务区。通过计算得到居民地(房屋)聚集的区域,也就是得到人口较为集中的区域,这是重点监测区域。

[0068] (4) 利用数字高程模型数据生成坡度图,然后进行坡度重分类,从中选取坡度超过指定阈值的区域,进而利用该区域确定重点监测的道路和水系区域,生成道路、水系监测任务区即坡度任务区。坡度任务区是利用地形坡度,计算得到坡度超过一定数值的陡峭区域的河流和道路。因为陡峭区域的河流,可能会因为重大地灾而产生崩塌、塌方等次生灾害,所以也是重点监测区域;道路是重大地灾救援的生命线路,所以监测陡峭区域的道路也是非常重要的。

[0069] 步骤 4:在全国路网数据支持下,利用路径分析方法,计算所有无人机单位到达灾区的可能时间,从中选取满足时间约束条件的无人机单位,并生成调度方案。调度方案是指所有可能参与救援的无人机单位列表,该方案中列出了各无人机单位到达灾区所需的大致时间。计算过程如图 3 所示,主要包括以下步骤:

[0070] (1) 在全国路网数据的支持下,利用路径分析方法,计算每个无人机单位到达灾区的最短时间,所述的路径分析又称为道路网络分析,是地理信息系统的一种空间分析方法,其中最短路程分析方法是经常的方法之一。本实施例使用 Esri 公司产品 ArcEngine10.1 中的最短路程的分析方法计算给定无人机编队当前位置到灾区、任务区的最佳路径及其最小通行时间。

[0071] (2) 从所有无人机单位到达灾区的最短时间的列表中,过滤出小于给定时间阈值的无人机单位列表。

[0072] (3) 将筛选出的无人机单位列表按到达灾区时间从小到大排序。

[0073] (4) 减灾中心调度人员从排序后的无人机单位列表中选择可能参与救援的无人机单位。

[0074] 步骤 5 :减灾中心调度人员通过沟通,最终确定参与救援的无人机单位。

[0075] 步骤 6 :无人机单位负责人通知其下属可能参与救援的无人机编队开启上报与跟踪 APP 终端软件,自动上报当前编队位置及相关状态数据 ;利用路径分析方法,生成无人机编队到达灾区的交通方案。

[0076] 步骤 7 :生成多无人机任务规划方案,包括以下步骤 :

[0077] (1) 计算各无人机从当前位置遍历所有任务区的覆盖路径,且在该路径的各结点上均记录无人机编队和到达任务区时间。

[0078] (2) 将所有无人机 - 任务区覆盖路径上的结点按时间序列进行排序,并从排序结果中去除重复的且不是排在最早位置上的结点,进而得到无人机编队的任务规划方案。任务规划方案是指为每个参与救援的无人机编队分配合理的监测任务的方案,使得组合完成所有任务所需总时间尽可能小。

[0079] 步骤 8 :在灾区交通或作业过程中,当本发明研发的任务规划软件侦听到无人机编队上报的作业状态(开始作业、作业完成、作业未完成等)和突发事件(如交通中断、无人机损毁等)等信息时,将启动任务动态规划程序,实时调整无人机编队的后续任务执行方案。处理过程如下 :

[0080] (1) 读取所有未执行的任务区。

[0081] (2) 重复步骤 7 中基于覆盖路径的任务规划方法,生成后续任务规划方案。

[0082] 所述的未执行任务是指当前未开始作业或因无人机故障而未完成的任务。

[0083] 如图 1 所示,本发明主要包括三个环节:(1) 地震灾区范围和任务区确定,(2) 无人机单位订单和无人机编队跟踪,(3) 无人机编队任务规划与动态规划。

[0084] 下面按三个环节分别阐述实施过程 :

[0085] (1) 环节一 :地震灾区范围确定和任务区生成

[0086] 地震灾区范围确定是由减灾中心调度人员利用本发明软件提供的地震参数录入程序,输入地震震源坐标、深度、震级、烈度等相关参数,依据经验公式快速生成地震灾区范围 ;然后,将灾区范围与居民地图层进行叠置分析,计算出灾区内房屋图斑,进而对灾区内房屋数据进行聚类分析,并聚合生成居民地监测任务区。

[0087] 利用数字高程模型数据,生成灾区坡度图并进行重分类,从中圈定出超出指定坡度的陡峭区域,结合道路、水系数据,圈定道路、水系的重点监测任务区。

[0088] 算法流程如图 2 所示。

[0089] 发明人与研究小组利用 Visual C#2010 开发语言,结合 ArcEngine 开发组件,实现了灾情管理、地震灾区范围的自动确定和任务区自动生成的程序。

[0090] (2) 环节二 :无人机单位订单和无人机编队跟踪

[0091] 利用路径分析方法计算各无人机单位到达灾区的最小通达时间,并将其从小到大进行排序 ;然后由减灾中心调度人员选取参与救援的无人机单位,并生成 WORD 文档格式的报表,报送相应单位,经协商确定最终参与救援的无人机单位,并生成无人机订单报表 ;最后,由无人机单位通知参与救援的下属无人机编队开启信息上报与跟踪 APP 系统,开始自

动上报编队状态及位置信息,必要时无人机编队管理员可利用 APP 程序上报作业、交通等突发事件。实现流程如图 3 所示。

[0092] 发明人及其研究小组基于 Android4.1 平台,使用 Eclipse+Android SDK 集成开发环境,研发了无人机编队上报与跟踪 APP 软件,实现了无人机编队状态和位置的自动上报;亦为无人机编队管理员提供了交通、无人机故障等事件上报功能。

[0093] (3) 环节三:无人机编队任务规划

[0094] 根据各无人机编队当前位置,利用路径分析方法,创建无人机编队-任务区覆盖路径,并将所有覆盖路径中的结点按时间顺序进行排序,从中去除重复且较晚的结点,最后得到带有执行编队及作业时间的结点序列,即为任务规划方案。算法过程如图 4 所示。

[0095] 当无人机编队遇到突发事件时,如交通中断、无人机损毁、天气影响等,管理员利用 APP 软件及时上报相关信息,本发明研发的系统在接收到相应上报信息以后,将重新规划后续任务执行方案。

[0096] 发明人和研究小组使用 Visual C#2010 语言和 ArcEngine 开发组件包,研发了无人机编队任务规划软件,实现了任务预规划程序,并能自动侦听无人机编队上报事件,进而根据事件类型重新动态规划任务。

[0097] 应该说明的是,以上实施方法仅用来说明本发明的技术方案而非限制。对于本发明所属技术领域的技术人员来说,在不脱离本发明构思的前提下,还可以做出若干简单推演或替换,都应当视为属于本发明的保护范围。

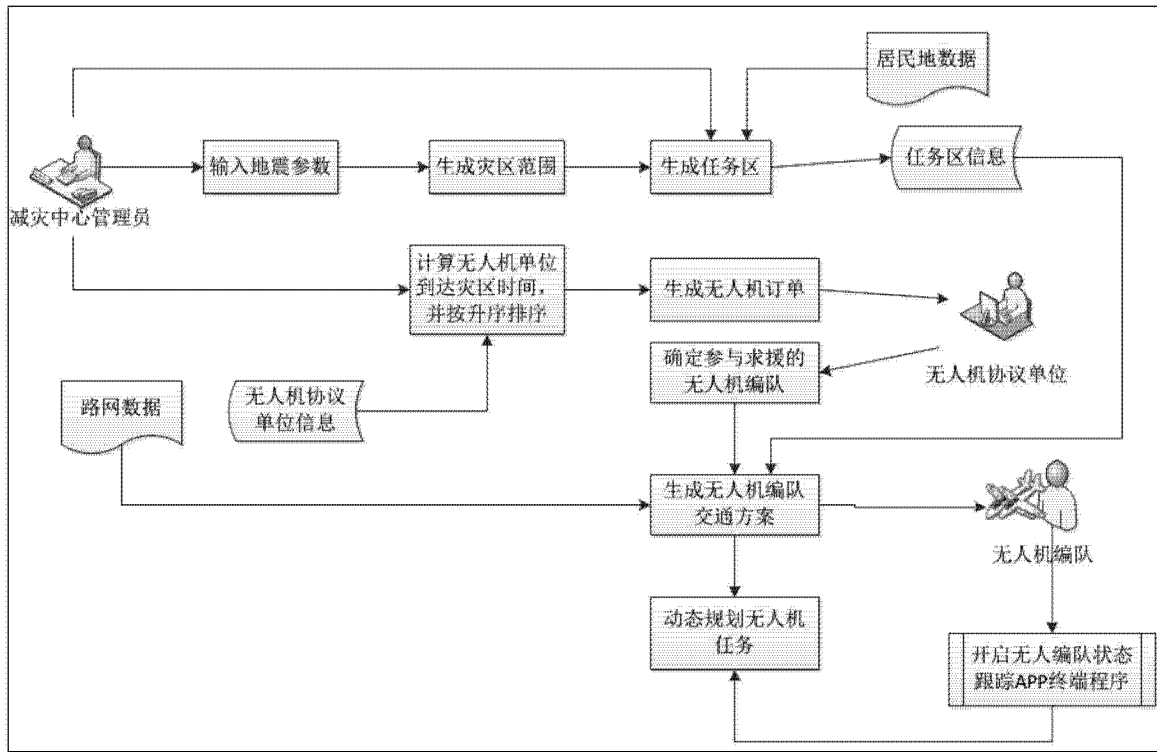


图 1

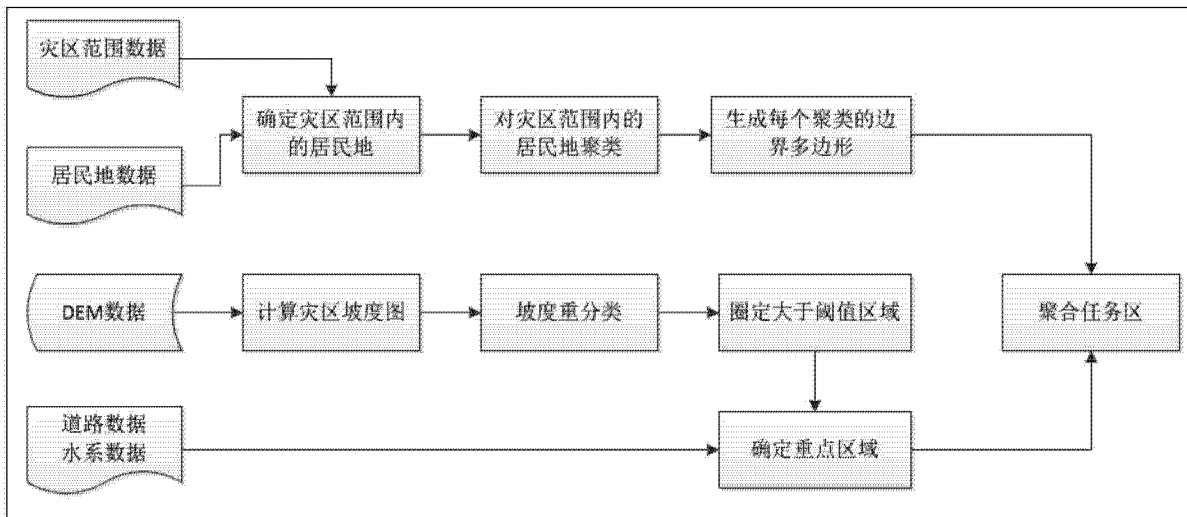


图 2

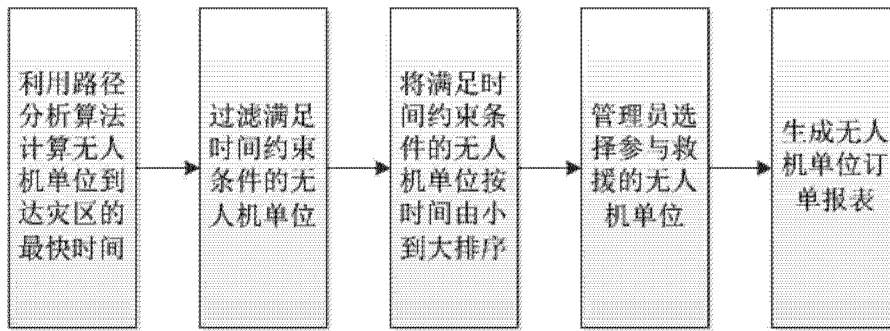


图 3

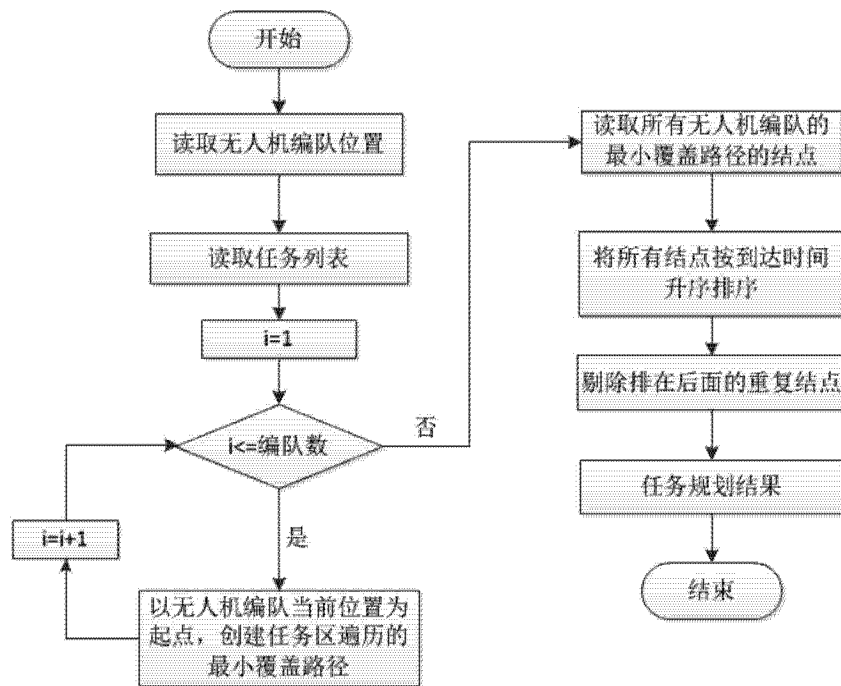


图 4