

遥感卫星灾害应急监测效能评估指标体系构建

陈韬亦^{1,2}, 彭会湘^{1,2}, 王彬¹

(1. 中国电子科技集团公司 第五十四研究所, 石家庄 050081;

2. 中国电子科技集团公司 航天信息应用技术重点实验室, 石家庄 050081)

摘要: 遥感卫星广泛应用于包括防灾减灾在内的多个领域, 发挥了巨大的社会效益; 自然灾害应急对卫星监测的需求具有针对多时空要素的动态高效多源多维的特点, 而卫星的全球化可重访、无国界观测能力与灾害的监测需求高度契合; 在研究分析遥感卫星在灾害应急任务中的能力需求和应用模式的基础上, 从单项性能、能力指标和应用效能三个层次展开分析, 构建遥感卫星灾害应急监测效能评估指标体系, 给出主要指标的评估方法, 为我国卫星有效用于国内外重大灾害应急监测服务提供有效的评估手段和技术支撑。

关键词: 应急监测; 遥感卫星; 效能评估; 指标体系

Efficiency Evaluation Index System Establishment for Disaster Emergency Monitoring Based on Remote Sensing satellites

Chen Taoyi^{1,2}, Peng Huixiang^{1,2}, Wang Bin¹

(1. The 54th Research Institute of CETC, Shijiazhuang 050081, China;

2. CETC Key Laboratory of Aerospace Information Applications, Shijiazhuang 050081, China)

Abstract: Remote sensing satellites are widely used in many fields, including disaster prevention and mitigation, and bring great social benefits. The demand of natural disaster emergency for satellite monitoring has the characteristics, which is dynamic, efficient, multi-dimensional and multi-source, for multi-temporal and spatial elements; while the globalized revisit and the observation across borders for satellites is highly consistent with the demand of disaster monitoring. Based on the research and analysis of capability demand and application mode for remote sensing satellite in disaster emergency tasks, this paper gives analysis from three levels, which are single performance, capability index and application efficiency. This paper also establishes the emergency evaluation index system for disaster emergency monitoring based on remote sensing satellites, and gives the evaluation methods for primary indexes, which provide effective evaluation means and technical support for satellite applications in domestic and foreign major disaster emergency monitoring services.

Keywords: emergency monitoring; remote sensing satellite; efficiency evaluation; index system

0 引言

我国是世界上受自然灾害影响最为严重的国家之一, 我国自然灾害具有频率高、分布广、类型多、损失重的特点。重大灾害在很短时间内能够造成大量的人员伤亡和财产损失^[1-4], 而且结合自然条件和天气气候的影响, 灾害救援形势错综复杂, 灾害的应急救援面临着很大的困难。

卫星遥感对地观测具有大地域覆盖、不依赖地面设施、重访周期短、空间分辨率高等特点, 已成为陆地和海上目标检测和态势监视的重要手段。对地观测卫星是国家重要的战略性资源, 也是国家重要的基础设施, 对国家安全、经济和社会持续发展具有重大意义, 为维护国家权益、保障我国战略性资源和环境安全提供对地观测信息服务, 是

政治、军事、外交、公共安全和农业、灾害、资源、环境等重大问题的决策依据。

以高分一号卫星为例, 中国地震局曾利用利用高分一号卫星数据在 2014 年 2 月新疆于田地震中成功地解译出新增地表破裂带有关信息并确立震中位置, 为该地区的地质构造、发震构造研究等提供了重要信息支撑; 在马航 MH370 失联事件中, 高分一号卫星曾多次发现疑似漂浮物, 为失联客机搜救提供数据支持。

通过卫星遥感对地观测的手段, 及时获取灾害区域的遥感影像, 与灾前历史遥感数据、基础地理信息、灾情信息等多源数据进行融合处理与分析, 可快速获得受灾区域损毁情况、受灾范围评估结果以及灾情预测报告, 遥感卫星灾害应急监测已经成为应急救援领域重要的技术手段之一^[5-10]。

为充分发挥遥感卫星在应急监测任务中的保障作用, 本论文提出了一种遥感卫星效能评估指标体系构建方法, 适用于对遥感卫星支持灾害应急等业务的效能评估, 这种指标体系构建方法能够为我国卫星有效用于国内外重大灾

收稿日期: 2020-05-09; 修回日期: 2020-06-08。

基金项目: 装发“十三五”装备预研领域基金(JZX7Y20190258057301)。

作者简介: 陈韬亦(1984-), 男, 河南许昌人, 博士, 高级工程师, 主要从事航天地面系统方向的研究。

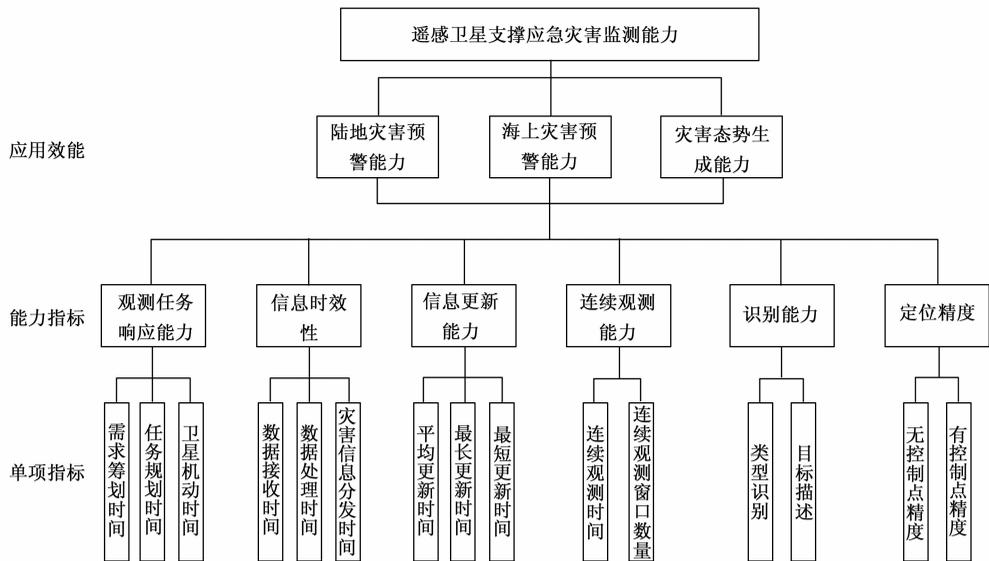


图 1 遥感卫星灾害应急监测效能评估指标体系

害应急监测服务提供有效的评估手段和技术支撑。

1 效能评估体系构建

遥感卫星支持灾害应急监测能力按照应用模式可以分为陆地灾害预警、海上灾害预警^[1-4]、灾害态势生成等三种能力, 每种能力可以通过对观测任务响应能力、信息时效性、信息更新能力、连续观测能力、识别能力、定位精度等能力指标进行综合评估。上述每项能力指标又可以分解为多项可量化评估的单项性能指标。采用这种层层分解的方式, 分析梳理影响各种能力的指标, 如图 1 所示。

基于遥感卫星效能评估指标, 利用简单加权法, 首先对陆地灾害预警、海上灾害预警、灾害态势生成等三个方面进行分析评估。然后, 在三个方面评估结果的基础上, 对遥感卫星支持灾害应急监测应用效能进行综合评估。

以基于解析计算的应急灾害应用能力分析为基础, 通过能力指标项的聚合评估, 计算不同遥感卫星对于应用效能的提升幅度。具体评估流程如下:

1) 采用统计或仿真的方法, 对遥感卫星的单项指标进行量化计算, 其中, 需求筹划时间、任务规划时间、卫星机动时间、数据接收时间、数据处理时间、灾害信息分发时间等指标主要采用统计的方式获取; 平均更新时间、最长更新时间、最短更新时间、连续观测时间、连续观测窗口数量等指标主要采用仿真的方式获取; 类型识别、目标描述等指标主要通过经验值获取; 定位精度主要采用遥感卫星本身观测载荷的性能指标。

2) 基于单项指标, 计算出观测任务响应能力、信息时效性、信息更新能力、连续观测能力、识别能力和定位精度等能力指标。

3) 基于能力指标, 计算出陆地灾害预警能力 A_L 、海上灾害预警能力 A_H 和灾害态势生成能力 A_Z 等应用效能指标。

4) 基于典型应用, 采用线性加权法对应用效能 P 进行

评估, $P=W_1A_L+W_2A_H+W_3A_Z$, 其中 W_i 为权重, 取值范围为 $[0, 1]$, 并且满足 $W_1+W_2+W_3=1$ 的要求。

5) 计算将来某时间点相比当前现有遥感卫星应用效能大小, 即 $(P_K-P_F)/P_F \times 100\%$ 。 P_K 为将来某时间点能力, P_F 为现有能力。

2 能力指标分析

2.1 观测任务响应能力

观测任务响应能力是评估卫星系统能否及时有效对目标观测的能力。观测任务响应能力与观测任务响应时间和观测任务类型相关, 不同的观测任务, 对响应时间的要求不同, 当卫星观测任务响应时间不满足要求时, 会影响观测的有效性。例如对海上目标观测时, 如果卫星系统不能及时响应任务需求, 则可能难以获取目标信息, 不能实现对目标的有效观测。

观测任务响应时间是指根据观测任务制定观测需求, 并完成任务规划、卫星测控、开机观测等一系列动作所需的总时间延迟。观测任务响应时间的起始时间是开始制定观测需求, 终止时间是卫星开机观测。因此, 观测任务响应时间可以分解为需求筹划时间、任务规划时间和卫星机动时间。观测任务响应能力单项指标见表 1 所示。

表 1 观测任务响应能力单项指标

序号	指标	内涵	量纲
1	需求筹划时间	观测申请制定并提交时间	分钟
2	任务规划时间	卫星任务规划时间	分钟
3	卫星机动时间	卫星接收到指令至开机观测所需时间	分钟

需求筹划时间是指各级应用部门根据观测任务制定卫星观测申请并提交至卫星管控系统所需的时间, 主要包括观测需求制定、需求汇总分析、观测申请和提交等过程。

任务规划时间是指卫星管控系统根据观测申请进行卫

星任务规划所需的时间，主要包括观测申请汇总、观测任务会商、卫星观测计划制定，有效载荷控制指令制定，卫星测控申请制定和提交等过程。

卫星机动时间是指卫星按照控制指令进行开机、姿态机动和过顶任务区域进行开机观测所需的时间，主要包括控制指令制定上注、姿态机动、卫星飞行、开机观测等过程。

观测任务响应时间可以采用统计的方法进行量化分析。通过对一定时间段内或一定数量的观测任务进行统计，分析计算需求筹划时间、任务规划时间和卫星机动时间所需的时间。

对固定目标观测时，一般对观测任务响应时间的要求较低，当卫星能够在任务规定的时间内完成观测，及观测任务响应时间优于任务规定的时间要求时，可以判定观测任务响应能力为 1，否则判定为 0。

对移动目标观测时，对观测任务响应时间的要求较高，影响观测任务响应能力包括观测任务响应时间 T_R 、卫星瞬时观测范围 L_R 和目标移动速度 V_R 。在卫星完成观测任务响应的时间段内，目标移动的最大距离为 $V_R \times T_R$ ，在难以预估目标移动方向的情况下，卫星观测进行时目标的散布范围为 $2(V_R \times T_R)$ ，只有 L_R 不小于 $2(V_R \times T_R)$ 时，才能保证观测的有效性，因此卫星对移动目标观测时的观测任务响应能力计算公式如下：

$$R = \begin{cases} 1 & (L_R \geq 2T_R V_R) \\ \frac{L_R}{2T_R V_R} & (L_R < 2T_R V_R) \end{cases} \quad (1)$$

2.2 信息时效性

信息时效性是指从卫星对目标进行观测的时刻开始，直至将灾害信息发送至需求提交方的总时间延迟。一般情况下，按照卫星信息应用的流程，可以分为数据接收时间、信息处理时间和灾害信息分发时间等。信息时效性单项指标见表 2 所示。

表 2 信息时效性单项指标

序号	指标	内涵	量纲
1	数据接收时间	卫星观测目标、下传数据以及地面站接收数据的时间延迟	分钟
2	信息处理时间	应用系统完成数据预处理、目标检测识别和灾害信息产品制作的时间延迟	分钟
3	灾害信息分发时间	应用系统将灾害信息发送至需求提交方的时间延迟	分钟

数据接收时间是指从卫星对目标进行观测的时刻开始，直至卫星接收系统完成观测数据的接收所需的时间。卫星观测数据可以分为实传、回传和中继等三种下传方式。实传方式是卫星在地面接收范围内观测时采用的数据下传方式，在这种方式下卫星可以在观测后将数据实时下传。卫星在地面接收范围外观测时可以采用回传和中继两种方式

接收。回传方式是指卫星将观测数据先在星上存储，当卫星飞行至地面接收站范围内时再下传，数据接收延迟与目标位置有关；中继方式是指卫星观测后将数据通过数据中继卫星传输至地面接收站，与实传方式相比，主要增加了观测卫星向数据中继卫星传输数据、数据中继卫星向中继卫星地面站传输数据，以及中继卫星地面站向观测卫星地面站传输数据等几个环节的时间延迟，这段时间延迟与数据量相关。

信息处理时间是指从地面应用系统接收到地面接收站传输的卫星数据开始，直至完成产品生产的时间延迟。主要包括数据预处理时间、数据分发时间、数据分析时间等。数据传输与接入时间主要是指卫星地面站完成数据接收后将数据传输至数据处理设备，数据处理设备完成数据预处理的时间延迟。对成像卫星数据而言，就是从零级图像数据到生成二级图像产品的时间延迟。数据分发时间是指卫星地面应用系统将生成的二级图像产品分发至应用系统的时间延迟，包括了数据的传输时间和数据接入时间，数据分发时间与数据量相关。数据分析时间是指应用系统接入二级图像产品后，对灾害目标的属性、位置等信息进行提取，并按照规定格式生成灾害信息、图像信息、文字报等各类产品所需的时间。

灾害信息分发时间是指卫星应用系统将生成的灾害信息传输至需求提交方的时间延迟。灾害信息分发时间与数据量和传输信道的速率相关，一般情况下，态势信息和文字报类数据传输时间较短，在分钟级；图像信息传输时间较长。

2.3 信息更新能力

信息更新能力是指卫星对同一目标或区域相邻两次观测的时间间隔。保障任务不同时，对信息更新能力的评估方法也存在一定差异，信息更新能力主要分解为平均更新时间、最长更新时间和最短更新时间。信息更新能力单项指标见表 3 所示。

表 3 信息更新能力单项指标

序号	指标	内涵	量纲
1	平均更新时间	规定时段内，相邻两次观测的平均间隔时间	分钟
2	最长更新时间	规定时段内，相邻两次观测的最长间隔时间	分钟
3	最短更新时间	规定时段内，相邻两次观测的最短间隔时间	分钟

对固定灾害区域或目标观测时，由于观测区域相对固定，可以统计规定观测时段内卫星对同一目标或区域的平均更新时间 T_A 、最长更新时间 T_L 和最短更新时间 T_S （当两次观测间隔不大于 1 分钟时，可认为是连续观测）。通过分析上述 3 项指标信息更新需求 T_N 的差值来评估。当 T_L 不大于 T_N 时，信息更新能力可以判定为 1；当 T_L 大于 T_N

时且 T_A 不大于 T_N 时, 信息更新能力评估值在 $0.6 \sim 1$ 之间; 当 T_A 大于 T_N 时且 T_S 不大于 T_N 时, 信息更新能力评估值在 $0.2 \sim 0.6$ 之间; 当 T_S 大于 T_N 时, 信息更新能力评估值在 $0 \sim 0.2$ 之间。因此, 信息更新能力评估值计算公式如下:

$$T = \begin{cases} 1 & (T_L \leq T_N) \\ 0.6 + 0.6(T_N/T_L) & (T_L > T_N \text{ 且 } T_A \leq T_N) \\ 0.2 + 0.2(T_N/T_A) & (T_A > T_N \text{ 且 } T_S \leq T_N) \\ 0.2(T_N/T_S) & (T_S > T_N) \end{cases} \quad (2)$$

对海上灾害目标监视时, 由于目标分布的随机性, 可以在上述方法的基础上进行改进, 在大范围海域内建立多个目标模型, 每个目标的航线、航速、出发时间等都为随机, 先分别计算每个目标的信息更新能力, 然后计算出均值, 即为卫星对海上目标的信息更新能力。采用这种方式, 目标模型的数量越多, 信息更新能力的评估值更加准确。

对重点区域监视时, 受低轨卫星运行轨道和观测载荷的限制, 当区域较大时, 对区域内的每个点的观测次数和观测时间间隔存在差异, 可以将区域划分成若干个小网格, 分别统计每个网格的信息更新能力, 然后计算出均值, 即为卫星对重点区域的信息更新能力。

2.4 连续观测能力

连续观测能力是指卫星对同一目标或区域不间断观测的能力, 可以由连续观测时间、连续观测窗口数量等指标进行评估。连续观测能力单项指标见表 4 所示。

表 4 连续观测能力单项指标

序号	指标	内涵	量纲
1	连续观测时间	以不低于每分钟 1 次的间隔持续观测的时间	分钟
2	连续观测窗口数量	规定时段内, 可持续观测的次数	次

连续观测时间是指卫星以较高的频次 (不低于每分钟 1 次) 进行观测持续时间; 连续观测窗口数量是指在规定时段内能够满足任务所需的连续观测要求的次数。例如, 灾害态势生成要求能够对重点灾害目标每天提供 N_s 个连续观测窗口, 每个窗口的连续观测时间不少于 T 分钟。可以通过统计的方式计算卫星每天能够对目标连续观测不少于 T 分钟的窗口数量 N_R , 连续观测能力 C 的计算公式如下:

$$C = \begin{cases} 1 & (N_R \geq N_s) \\ \frac{N_R}{N_s} & (N_R < N_s) \end{cases} \quad (3)$$

2.5 识别能力

识别能力是指卫星对目标类型、外观等属性识别和确认的能力, 可分为类型识别和目标描述等单项指标。连续观测能力单项指标见表 5 所示。

表 5 连续观测能力单项指标

序号	指标	内涵	量纲
1	类型识别	能够识别目标的类型等	—
2	目标描述	能够对目标的外形、结构特征等进行描述	—

影响目标识别的因素主要包括: 天气、环境, 目标尺寸、卫星载荷类型、分辨率等因素。一般情况下, 对同一目标可以通过多类不同载荷的卫星进行综合识别, 提高目标的识别确认能力。因此多颗卫星的综合目标识别能力为:

$$S_i = S_{i-1} + (1 - S_{i-1})P_i \quad (4)$$

P_i 为当前过顶观测的卫星的单星识别能力, S_{i-1} 为之前过顶观测卫星的综合识别能力。一般情况下在规定时段内同一类卫星的多次观测不累计计算。

成像观测卫星单星识别能力可采用如下方式进行计算:

$$P_i = \frac{G \times Y \times Ba}{V} \quad (5)$$

公式中各参数的取值如下:

G 为光照因子。SAR 成像卫星 $G=1$; 光学成像卫星白天 (7:00~19:00) $G=1$, 夜间 $G=0$ 。

Y 为天气因子, 这里主要考虑有云和无云。SAR 成像卫星的 $Y=1$; 光学成像卫星 $Y=0.5$ (假设无云的概率均为 0.5)。

Ba 为传感器基数。在不考虑气象和光照等影响时, 可见光成像目标识别技术成熟度较高, 则传感器基数 Ba 为 1; SAR 成像卫星的目标识别技术较弱, 暂定为 0.5。

V 为传感器分辨能力, 取值与当前过顶卫星空间分辨率、目标尺寸和目标类型等相关。一般情况下, 对移动目标要求能够做到类型识别, 目标尺寸应不小于卫星空间分辨率的 20 倍; 对固定目标应能做到对目标描述, 目标尺寸应不小于卫星空间分辨率的 30 倍。传感器分辨能力的计算公式如下:

$$V = \begin{cases} 1 & (D_R \leq D_s) \\ \frac{D_R}{D_s} & (D_R > D_s) \end{cases} \quad (6)$$

D_R 为当前过顶卫星的空间分辨率。

D_s 为空间分辨率要求, 对移动目标识别时, $D_s = M/20$; 描述时, $D_s = M/30$; 对固定目标, $D_s = M/30$; M 为目标尺寸。

2.6 定位精度

定位精度是指卫星对目标探测时获取的目标位置与真实位置的误差, 可分为无控制点定位精度、有控制点定位精度等单项指标。定位精度单项指标见表 6 所示。

表 6 定位精度单项指标

序号	指标	内涵	量纲
1	无控制点定位精度	经过几何校正后的定位精度	米
2	有控制点定位精度	经过几何精校正后的定位精度	米

对陆地固定目标观测时, 可以采用控制点 (控制点是指通过测量已经掌握了精确位置信息的点位) 对目标的位

置误差进行修正,所以一般用有控制点精度来评估;对海上移动目标监视时,一般难以获取有效的控制点,所以用无控制点精度来评估。

3 灾害应急监测效能能力指标分析

3.1 陆地灾害预警能力

陆地灾害监视能力是指利用卫星对陆上重点目标或区域进行灾害应急监视,具备掌握重点关注区域受灾前后变化和灾害预警的能力。

影响陆地灾害监视能力的指标主要为观测任务响应能力、信息时效性、信息更新能力、识别能力和定位精度等。陆地灾害监视能力对观测任务响应时间的要求是 1 天,信息时效性要求优于 2 小时,信息更新时间要求优于 4~6 小时,识别能力要求能够对特定目标进行描述,定位精度要求优于 50 米(有控制点)。

根据上一节的计算方法可以分别计算出观测任务响应能力 R 、信息时效性 E_R 、信息更新能力 T 、识别能力 S_i 和定位精度 F_R 的数值。其中,观测任务响应能力决定了卫星能否对关注区域或目标进行观测,如果观测任务响应能力为 0,则其他能力即使较高,也无法实现陆地灾害预警,因此,陆地灾害预警能力的计算公式如下:

$$A_Y = R(Z_1E + Z_2T + Z_3S_i + Z_4F) \quad (7)$$

其中, Z_1 、 Z_2 、 Z_3 、 Z_4 根据不同能力指标对陆地灾害预警能力的影响程度来进行取值,取值范围为 $[0, 1]$,并且满足 $Z_1 + Z_2 + Z_3 + Z_4 = 1$ 的要求。对陆地灾害预警能力评估时,信息更新能力和识别能力的影响较大,因此 Z_2 、 Z_3 的取值相对较大。

E 为信息时效性需求满足度,当信息时效性优于或等于 2 小时时, $E=1$; 否则 $E=2/E_R$ (E_R 的单位为小时)。

F 为定位精度需求满足度,当定位精度优于或等于 50 米时, $F=1$; 否则 $F=50/F_R$ (F_R 的单位为米)。

3.2 海上灾害预警能力

海上灾害预警能力是指利用遥感卫星对大范围海域观测,掌握舰船等移动目标属性信息、受灾前后变化和灾害预警的能力。

影响海上灾害预警能力的指标主要为观测任务响应能力、信息时效性、信息更新能力、识别能力和定位精度等。海上灾害预警能力对观测任务响应时间的要求是一般 1 天,应急情况下可优于 2 小时;信息时效性要求优于 0.5 小时;信息更新时间要求优于 1~2 小时;识别能力要求能够对移动目标进行类型识别;定位精度要求优于 30 千米(无控制点)。其中,影响海上灾害预警能力的主要指标是信息更新时间和信息时效性。

根据上一节的计算方法可以分别计算出观测任务响应能力 R 、信息时效性 E_R 、信息更新能力 T 、识别能力 S_i 和定位精度 F_R 的数值。其中,观测任务响应能力决定了卫星能否对关注区域或目标进行观测,如果观测任务响应能力

为 0,则其他能力即使较高,也无法实现海上灾害预警,因此,海上灾害预警能力的计算公式如下:

$$A_J = R(Z_1E + Z_2T + Z_3S_i + Z_4F) \quad (8)$$

其中, Z_1 、 Z_2 、 Z_3 、 Z_4 根据不同能力指标对海上灾害预警能力的影响程度来进行取值,取值范围为 $[0, 1]$,并且满足 $Z_1 + Z_2 + Z_3 + Z_4 = 1$ 的要求。对海上灾害预警能力评估时,信息时效性和信息更新能力的影响较大,因此 Z_1 、 Z_2 的取值相对较大。

E 为信息时效性需求满足度,当信息时效性优于或等于 0.5 小时时, $E=1$; 否则 $E=0.5/E_R$ (E_R 的单位为小时)。

F 为定位精度需求满足度,当定位精度优于或等于 30 千米时, $F=1$; 否则 $F=30/F_R$ (F_R 的单位为千米)。

3.3 灾害态势生成能力

灾害态势生成能力是指利用卫星对灾害区域进行连续观测,掌握灾害区域受灾目标变化情况的能力。

影响灾害态势生成能力的指标主要为观测任务响应能力、信息时效性、信息更新能力、连续观测能力、识别能力和定位精度等。灾害态势生成能力对观测任务响应时间的要求是优于 2 小时;信息时效性要求优于 10 分钟;信息更新时间要求优于 0.5~1 小时;连续观测时间要求 5~10 分钟,每天不少于 20 个连续观测窗口;识别能力要求能够对移动目标进行类型识别;定位精度要求优于 4 千米(无控制点)。

根据上一节的计算方法可以分别计算出观测任务响应能力 R 、信息时效性 E_R 、信息更新能力 T 、连续观测能力 C 、识别能力 S_i 和定位精度 F_R 的数值。其中,观测任务响应能力决定了卫星能否对关注区域或目标进行观测,如果观测任务响应能力为 0,则其他能力即使较高,也无法实现灾害态势生成。因此,灾害态势生成能力的计算公式如下:

$$A_T = R(Z_1E + Z_2T + Z_3C + Z_4S_i + Z_5F) \quad (9)$$

其中, Z_1 、 Z_2 、 Z_3 、 Z_4 、 Z_5 根据不同能力指标对灾害态势生成能力的影响程度来进行取值,取值范围为 $[0, 1]$,并且满足 $Z_1 + Z_2 + Z_3 + Z_4 + Z_5 = 1$ 的要求。对灾害态势生成能力评估时,信息更新能力、信息时效性和识别能力的影响较大,因此 Z_1 、 Z_2 、 Z_4 的取值相对较大。

E 为信息时效性需求满足度,当信息时效性优于或等于 10 分钟时, $E=1$; 否则 $E=10/E_R$ (E_R 的单位为分钟)。

F 为定位精度需求满足度,当定位精度优于或等于 4 千米时, $F=1$; 否则 $F=4/F_R$ (F_R 的单位为千米)。

4 结束语

在研究分析遥感卫星在灾害应急任务中的能力需求和应用模式的基础上,从单项目能、能力指标和应用效能三个层次展开分析,构建遥感卫星灾害应急效能评估指标体系,给出主要指标的评估方法,为我国卫星有效用于国内外重大灾害应急监测服务提供有效的评估手段和技术支撑。

