

团 体 标 准

T/CAGIS 7—2022

地理国情监测数据成果可靠性评估 技术规程

Technical specifications for reliability evaluation of national geographical
conditions monitoring data results

2022-01-29 发布

2022-01-29 实施

中国地理信息产业协会 发布

目 次

前言	III
引言	IV
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 评估对象与框架	3
4.1 评估对象	3
4.2 评估框架	3
5 直接评估方法	3
5.1 空间分层抽样	3
5.2 可靠性评估指标计算	4
5.3 类别可靠性评估	4
5.4 单位成果可靠性评估	4
5.5 批成果可靠性评估	4
6 间接评估方法	4
6.1 评估框架	4
6.2 基本指标计算	6
6.3 可靠性推理	6
附录 A (资料性) 可靠性评估报告内容提纲	7
附录 B (规范性) 直接评估指标计算方法	8
附录 C (规范性) 间接评估指标计算方法	11
参考文献	14

前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国地理信息产业协会提出并归口。

本文件起草单位：香港理工大学、武汉大学、国家测绘产品质量检验检测中心、湖北省测绘质量监督检验站、河北省测绘产品质量监督检验站、山东省测绘产品质量检验站、北京市测绘设计研究院、江苏省测绘产品质量监督检验站。

本文件主要起草人：史文中、张效康、韩钰、赵海涛、周进、姚炳全、张志艺、黄海英、熊芬、王春雷、周靖、于立国、王福杰、朱二巧、刘博文、黄迎春、龚芸、余永欣、杨旭东、虞继进、杨胜万、陆玉祥、葛晓天。

引 言

地理国情监测是利用现代测绘地理信息技术,对自然、人文和社会经济等要素动态变化的监测,是科学、及时掌握地理国情信息,提供权威、准确的地理信息服务的重要手段。数据成果可靠性评估是地理国情监测的重要技术问题之一,可靠的地理国情监测结果是科学决策的重要依据。为了保障地理国情监测数据成果的真实可靠,需要制定技术标准对可靠性评估进行指导。

本文件针对地理国情要素数据和地表覆盖分类数据成果,规范了可靠性评估指标、模型和实施流程,制定了可靠性评估方案,提供了地理国情监测数据成果可靠性与生产过程可靠性评估方法,为实际数据成果可靠性评估提供指导。

地理国情监测数据成果可靠性评估 技术规程

1 范围

本文件规定了地理国情监测数据成果可靠性评估的对象、内容和方法。

本文件适用于地理国情监测数据成果可靠性评估,生产过程可靠性评估可参照使用。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中,注日期的引用文件,仅该日期对应的版本适用于本文件;不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB/Z 33451—2016 地理信息 空间抽样与统计推断

CH/T 9029—2019 基础性地理国情监测内容与指标

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

地理国情监测数据 national geographical conditions monitoring data

利用全球导航卫星系统(GNSS)、航空航天遥感技术(RS)和地理信息系统技术(GIS)等现代测绘技术,结合各时期测绘成果档案,对构成国家物质基础的各种条件因素进行动态和定量化、空间化的监测,所形成的数据成果。

3.2

地理国情要素数据 feature data of national geographical conditions

以地理实体形式采集的道路、水域、构筑物以及地理单元 4 类地理要素数据成果。

3.3

地表覆盖分类数据 land cover classification data

按地表覆盖分类要求采集的空间数据成果。

3.4

成果可靠性 reliability of data results

在特定时空环境内和规定条件下,数据成果与地表客观情况的符合程度。

3.5

可靠性 reliability

特定时空环境内和规定条件下的数据反映地表客观情况的能力。

3.6

模糊可靠性 fuzzy reliability

以模糊集合形式表达的数据可靠性。

3.7

可靠性推理 reliability reasoning

根据影响评估对象可靠性的基本因素之间的逻辑关系及其相关性,计算中间变量的可靠性,通过逐层分析,推导出评估对象可靠性的技术。

3.8

类别可靠性 class reliability

地理国情监测数据各类别的可靠程度。

3.9

单位成果 item

为实施地理国情监测数据可靠性评估而划分的基本单位。

3.10

批成果 lot

统一技术要求下生产的同一测区的单位成果集合。

3.11

单位成果可靠性 item reliability

批成果中单位成果的可靠程度。

3.12

批成果可靠性 lot reliability

批成果的可靠程度。

3.13

精确性 precision

地理国情监测数据对相应客观现实状况描述的精确程度。

3.14

鲁棒性 robustness

地理国情监测数据抵抗系统外部干扰且维持自身性能稳定的能力。

3.15

一致性 consistency

地理国情监测数据与相应客观世界真实状况的相似程度。

3.16

完整性 completeness

地理国情监测数据描述客观世界实体空间及属性信息的全面程度。

3.17

适用性 applicability

地理国情监测数据在具体应用中的适用程度。

3.18

现势性 currency

地理国情监测数据与规定时间节点客观世界真实状况之间的符合程度。

3.19

设计可靠性 design reliability

地理国情监测数据获取过程中,所设计的指标、模型和方法等对可靠性影响的程度。

4 评估对象与框架

4.1 评估对象

可靠性评估对象为地理国情监测中的地理国情要素数据和地表覆盖分类数据,数据内容按照 CH/T 9029—2019 中第 5 章的规定。

4.2 评估框架

4.2.1 地理国情监测数据成果可靠性评估包括直接评估和间接评估两种方法:直接评估即直接对数据成果进行可靠性评估;间接评估指对数据生产过程进行可靠性推理从而实现数据成果的可靠性评估。可靠性评估框架见图 1。优先选择直接评估方法进行数据成果可靠性评估;当参考数据不足时,可通过间接评估方法进行可靠性评估。间接评估是在参考数据不足时对于直接评估的一种补充,间接评估结果可以反映成果可靠性的趋势,两者的结合可以更全面地表达数据成果可靠性。

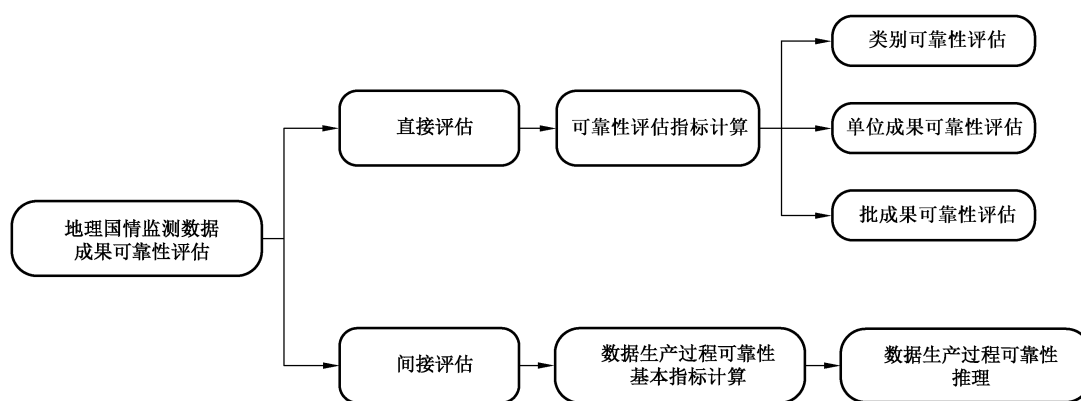


图 1 可靠性评估框架

4.2.2 直接评估通过数据成果可靠性评估指标计算,对数据成果进行评估,分为类别可靠性评估、单位成果可靠性评估和批成果可靠性评估 3 个层次。

4.2.3 间接评估首先根据影响生产过程可靠性的基本因素,计算可靠性基本指标,然后根据指标之间的逻辑关系进行可靠性推理,推导出数据成果的可靠性。

4.2.4 可靠性评估后,应编制可靠性评估报告,列出可靠性评估指标计算结果,分析影响可靠性的主要因素。可靠性评估报告的内容参见附录 A。

5 直接评估方法

5.1 空间分层抽样

5.1.1 采用空间分层抽样的方法对批成果进行可靠性评估。根据生产单位作业水平、地表复杂度和测区类型等因素对批成果数据集进行分层。抽样单位为图幅。

5.1.2 计算抽样量,并根据抽样量和抽样比例在各层布设样本,进行空间分层抽样,具体计算方法按照 GB/Z 33451—2016 中 4.8.2 的规定。

5.2 可靠性评估指标计算

地理国情监测数据成果可靠性评估指标由精确性、现势性、鲁棒性、完整性、一致性、设计可靠性和

适用性 7 个指标组成(见图 2),评估内容和指标计算方法见附录 B 中表 B.1。

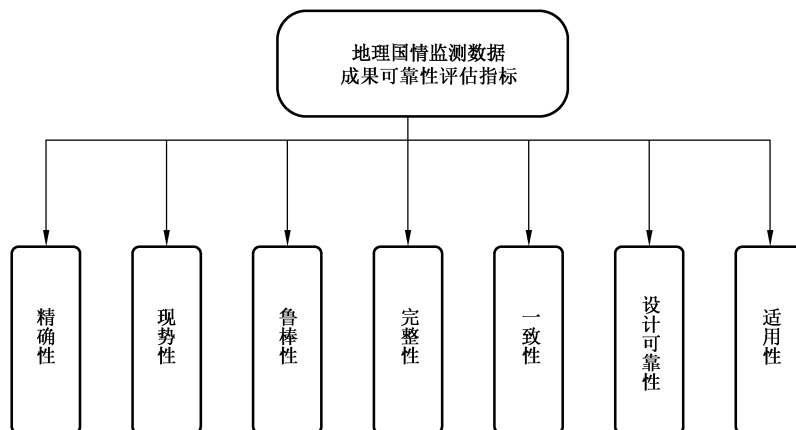


图 2 地理国情监测数据成果可靠性评估指标

5.3 类别可靠性评估

地理国情监测数据类别可靠性由类别可靠性评估指标加权求和得到,指标权重按照层次分析法确定。类别可靠性评估具体计算方法见表 B.2。

5.4 单位成果可靠性评估

地理国情监测数据单位成果可靠性按类别可靠性加权求和的方法进行计算,权重由该类要素个数(对地理国情要素数据)或图斑面积(对地表覆盖分类数据)在单位成果所占比例确定。单位成果可靠性评估具体计算方法见表 B.2。

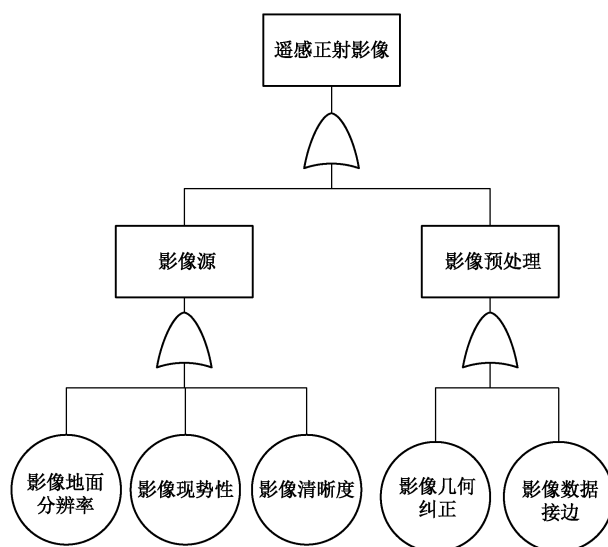
5.5 批成果可靠性评估

地理国情监测数据批成果可靠性按单位成果可靠性加权求和的方法进行计算,权重由其包含的要素个数(对地理国情要素数据)或图斑面积(对地表覆盖分类数据)在批成果所占比例确定。批成果可靠性评估具体计算方法见表 B.2。

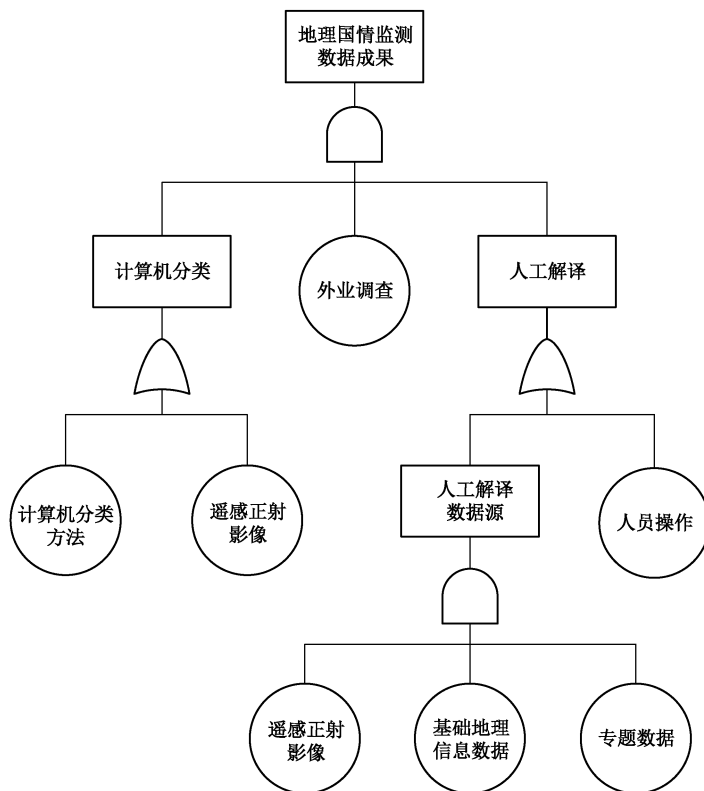
6 间接评估方法

6.1 评估框架

地理国情监测数据成果可靠性间接评估框架见图 3,基本指标是直接量化的指标,中间变量是通过基本指标推理出的结果。遥感正射影像可靠性推理模块[见图 3a)]的输出可作为地理国情监测数据成果可靠性推理模块[见图 3b)]的输入。间接评估在评估对象数据生产作业条件相同的情况下,可以对评估对象进行整体评估;在评估对象数据生产作业条件不同的情况下,可将评估对象按照生产作业条件分成不同的批次,分批次进行过程可靠性评估。



a) 遥感正射影像可靠性推理模块



b) 地理国情监测数据成果可靠性推理模块

说明：

□ 中间变量

○ 基本指标

∪ 或门

∩ 与门

图 3 间接评估框架

6.2 基本指标计算

地理国情监测数据成果可靠性间接评估基本指标是影响数据生产过程可靠性的基本因素,是直接量化的指标。数据生产过程可靠性基本指标及其计算方法见附录 C 中表 C.1。

6.3 可靠性推理

设定基本指标可靠性的模糊上限和下限,构建三角模糊数,得到基本指标的模糊可靠性;根据基本指标之间的逻辑关系及其相关性,按照表 C.2 中的相应公式,计算中间变量的模糊可靠性,推导出数据成果的可靠性。

附 录 A

(资料性)

可靠性评估报告内容提纲

可靠性评估报告主要内容包括以下方面。

- a) 可靠性评估工作概况。给出评估的基本概况,包括评估时间、评估地点、评估方式、评估人员和评估的软硬件设备等。
- b) 评估成果概况。简述成果生产基本情况,包括来源、测区位置、生产单位、单位资质等级、生产日期、生产方式、成果形式和批量等。
- c) 评估依据。列出全部评估依据。
- d) 抽样情况。包括抽样依据、抽样方法和样本数量等,若为计数抽样,则列出抽样方案。
- e) 评估内容及方法。阐述成果的各个可靠性评估指标及评估方法。
- f) 影响数据可靠性的因素。按可靠性评估指标,分别叙述影响数据可靠性的主要因素。
- g) 可靠性评估结果。包括按评估指标分别对成果可靠性进行综合叙述(不含评估结论)、按评估指标列出样本可靠性评估结果、其他意见或建议等。
- h) 有关附件(附图、附表)。

附录 B
(规范性)

直接评估指标计算方法

直接评估指标计算中的数据成果可靠性评估指标计算方法见表 B.1, 数据成果可靠性评估指标计算方法见表 B.2。

表 B.1 数据成果可靠性评估指标计算方法

评估指标	评估内容	评估方法	说明
精确性	评估数据对相应客观现实状况描述的精确程度	$r_a = 1 - n_a / N$	<p>r_a —— 精确性评估结果;</p> <p>n_a —— 对于地理国情要素数据, n_a 为几何位置偏移和属性值错误的要素个数; 对于地表覆盖分类数据, n_a 为几何位置偏移和属性值错误的图斑面积;</p> <p>N —— 对于地理国情要素数据, N 为评估对象要素总数; 对于地表覆盖分类数据, N 为评估对象总面积</p>
现势性	评估数据与规定时间节点客观世界真实状况之间的符合程度	$r_t = 1 - n_t / N$	<p>r_t —— 现势性评估结果;</p> <p>n_t —— 对于地理国情要素数据, n_t 为从遥感影像数据获取时间到规定时间节点该时间段内, 地表发生变化的要素个数; 对于地表覆盖分类数据, n_t 为发生变化的图斑面积;</p> <p>N —— 对于地理国情要素数据, N 为评估对象要素总数; 对于地表覆盖分类数据, N 为评估对象总面积</p>
鲁棒性	评估数据抵抗系统外部干扰且维持自身性能稳定的能力	$r_{ro} = P \left[\bar{s} - 2 \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (s_i - \bar{s})^2}{N-1}} < s < \bar{s} + 2 \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (s_i - \bar{s})^2}{N-1}} \right]$	<p>r_{ro} —— 鲁棒性评估结果, 表示质检员数据质量打分偏离平均分数的超过 2 倍标准差的概率;</p> <p>\bar{s} —— 质量打分归一化结果的均值;</p> <p>s_i —— 第 i 个质检员对该数据质量检查的归一化结果(区间: 0~1);</p> <p>N —— 参与检查的质检员总人数;</p> <p>s —— 质量打分归一化结果</p>

表 B.1 数据成果可靠性评估指标计算方法 (续)

评估指标	评估内容	评估方法	说明
完整性	评估数据描述客观世界实体空间及属性信息的全面程度	$r_c = [(1 - n_c / N) + (1 - m_c / M)] / 2$	r_c —— 完整性评估结果; n_c —— 对于地理国情要素数据, n_c 为多余或遗漏的要素个数; 对于地表覆盖分类数据, n_c 为多余或遗漏的图斑面积; N —— 对于地理国情要素数据, N 为评估对象要素总数; 对于地表覆盖分类数据, N 为评估对象总面积; m_c —— 评估对象多余或者遗漏的类别数; M —— 地表实际存在的数据类别数
一致性	评估数据与相应客观世界真实状况的相似程度	$r_{\infty} = \frac{\sum_i x_{ii}}{N} - \frac{\sum_i x_{i+} x_{+i}}{N^2}$ $1 - \frac{\sum_i x_{i+} x_{+i}}{N^2}$	r_{∞} —— 一致性评估结果, 例如, 使用 Kappa 系数定量描述; x_{ii} —— 沿着对角线元素; N —— 混淆矩阵所有元素的和; x_{i+} —— 第 i 行元素的和; x_{+i} —— 第 i 列元素的和
设计可靠性	评估所设计的指标、模型和方法等对可靠性影响的程度	$r_d = 1 - n_{ch} / N$	r_d —— 设计可靠性评估结果; n_{ch} —— 对于地理国情要素数据, n_{ch} 为由于尺度变化造成的要素增加或减少的个数; 对于地表覆盖分类数据, n_{ch} 为由于尺度变化造成的图斑增加或减少的面积; N —— 此处以采集尺度为例, 对于地理国情要素数据, N 为当前尺度下采集的要素个数; 对于地表覆盖分类数据, N 为当前尺度下采集的图斑总面积
适用性	评估数据在具体应用中的适用程度	$r_{ap} = \frac{1}{N} \sum_i \left(\frac{\max\{ C_i^S \cap C_j^T \}}{ C_i^S } \right), i = 1, 2, \dots, N; j = 1, 2, \dots, J$	r_{ap} —— 适用性评估结果。例如, 地理国情监测数据同时对于第三次全国国土调查的适用性; N —— 要素或地表覆盖分类数据个数; C_i^S —— 源系统 S (地理国情监测) 中第 i 个要素或地表覆盖分类数据所属类别的语义特征集合; C_j^T —— 目标系统 T (如第三次全国国土调查) 第 j 个类别的语义特征集合; $C_i^S \cap C_j^T$ —— 两集中共有的语义特征集合; J —— 目标系统 T 类别总数

表 B.2 数据成果可靠性评估指标综合方法

评估指标	评估内容	评估方法	说明
类别 可靠性	评估地理国情监测 类别数据可靠性	$s^k = \sum_i w_i r_i^k$	s^k ——第 k 类的可靠性; w_i ——第 i 个可靠性评估指标的权重,通过层次分析法确定; r_i^k ——第 k 类的第 i 个可靠性评估指标
单位成果 可靠性	评估地理国情监测 单位成果数据可 靠性	$u_n = \sum_k w^k s_n^k$	u_n ——第 n 个单位成果的可靠性; w^k ——第 k 类的权重,即地理国情要素数据中该类要素的个数或地表覆盖分类数据中该类图斑面积在单位成果中所占比例; s_n^k ——第 n 个单位成果中第 k 类的可靠性
批成果 可靠性	评估地理国情监测 批成果数据可靠性	$R = \sum_n w_n u_n$	R ——批成果的可靠性; w_n ——第 n 个单位成果的权重,即地理国情要素数据中该类或地表覆盖分类数据的图斑面积在批成果中所占比例; u_n ——第 n 个单位成果的可靠性

附录 C
(规范性)
间接评估指标计算方法

间接评估指标计算中的数据生产过程可靠性基本指标计算方法见表 C.1, 数据生产过程可靠性推理方法见表 C.2。

表 C.1 数据生产过程可靠性基本指标计算方法

评估指标	评估内容	评估方法	说明
影像地面分辨率	反映所用的遥感影像的分辨率对成果可靠性的影响程度	$R_1 = \begin{cases} \mu + \frac{2-s}{2} \times (1-\mu), & s < 2 \\ \mu \times \frac{10-s}{8}, & 2 \leq s < 10 \\ 0, & s \geq 10 \end{cases}$	R_1 ——基本指标影像地面分辨率对可靠性的影响程度; μ ——常数, 分辨率为最低限值时的影像可靠性, 视具体生产实际而定; s ——影像地面分辨率, 单位为米(m)
影像现势性	反映所使用影像的获取时间对成果可靠性的影响程度	$R_2 = \begin{cases} v + \frac{t}{T_2 - T_1} \times (1-v), & 0 \leq t < (T_2 - T_1) \\ 0, & t < 0 \end{cases}$	R_2 ——基本指标影像现势性对可靠性的影响程度; v ——常数, $t = 0$ 时影像的可靠程度, 视具体生产实际而定; t ——影像实际获取时间与 T_1 之间的时间差, 单位为月; T_2 ——项目规定时间节点; T_1 ——规定的影像最早获取时间
影像清晰度	反映影像细微差别对成果可靠性的影响程度	$R_3 = \frac{\sum_{i=0}^{M-1} \sum_{j=0}^{N-1} \sqrt{\frac{\Delta_i^2 f(i,j) + \Delta_j^2 f(i,j)}{2}}}{(M-1)(N-1)}$	R_3 ——基本指标影像清晰度对可靠性的影响程度; M ——影像的行数; N ——影像的列数; $\Delta_i f(i,j)$ ——影像像素点灰度在行方向上的梯度; $\Delta_j f(i,j)$ ——影像像素点灰度在列方向上的梯度; $f(i,j)$ ——影像像素点灰度值
影像几何纠正	反映使用影像正射纠正的平面精度对成果可靠性的影响程度	$R_4 = \begin{cases} 0, & m \geq m_0 \\ c + \frac{m_0 - m}{0.7 \times m_0} \times (1 - c), & 0.3m_0 < m < m_0 \\ 1, & m \leq 0.3m_0 \end{cases}$	R_4 ——基本指标影像几何纠正对可靠性的影响程度; m ——影像纠正检测中误差; m_0 ——影像纠正中误差限值; c ——不超过误差限值的情况下, 默认的可靠性最小值

表 C.1 数据生产过程可靠性基本指标计算方法 (续)

评估指标	评估内容	评估方法	说明
影像数据 接边	反映影像接边精度对成果可靠性的影响程度	$R_5 = \begin{cases} 0, & l \geq l_0 \\ d + \frac{l_0 - l}{0.7 \times l_0} \times (1 - d), & 0.3l_0 < l < l_0 \\ 1, & l \leq 0.3l_0 \end{cases}$	<p>R_5——基本指标影像数据接边对可靠性的影响程度；</p> <p>l——影像接边检测中误差；</p> <p>l_0——影像接边中误差限值；</p> <p>d——不超过误差限值的情况下，默认的可靠性最小值</p>
基础地理 信息数据	反映基础地理信息数据对成果可靠性的影响程度	$R_6 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N s_i / 100$	<p>R_6——基本指标基础地理信息数据对可靠性的影响程度；</p> <p>N——用于数据生产的基础地理信息数据成果数量；</p> <p>s_i——第 i 个基础地理信息数据单元(如图幅)的质量得分</p>
专题数据	反映专题数据对成果可靠性的影响程度	$R_7 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N s_i / 100$	<p>R_7——基本指标专题数据对可靠性的影响程度；</p> <p>N——用于数据生产的专题数据成果数量；</p> <p>s_i——第 i 个专题数据的质量得分</p>
人员操作	反映数据采集人员根据遥感正射影像进行人工解译过程对成果可靠性的影响程度	$R_8 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N s_i / 100$	<p>R_8——基本指标人员操作对可靠性的影响程度；</p> <p>N——该人员所生产的数据成果总量；</p> <p>s_i——该人员所生产的第 i 个数据成果的质量得分</p>
计算机 分类方法	根据计算机分类方法生成的像素或者影像对象的概率矢量信息,评估该计算机方法对成果可靠性的影响程度	$R_9 = \frac{\sum_x \max\{P(x)\}}{D}$	<p>R_9——基本指标计算机分类方法对可靠性的影响程度；</p> <p>D——影像像素或者影像对象的总数；</p> <p>$P(x)$——第 x 个像素或者影像对象的概率矢量</p>
外业调查	反映外业调查对成果可靠性的影响程度	$R_{10} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N p_i / 100$	<p>R_{10}——基本指标外业调查对可靠性的影响程度；</p> <p>N——评分专家的人数；</p> <p>p_i——第 i 个专家对外业调查可靠性的评分(得分区间:0~100)</p>

表 C.2 数据生产过程可靠性推理方法

评估指标	评估内容	评估方法	说明
影像源	反映所使用的遥感正射影像本身的可靠性,由影像地面分辨率、影像现势性和影像清晰度可靠性计算得到	$\tilde{E}_1 = \tilde{R}_1 \times \tilde{R}_2 \times \tilde{R}_3$	\tilde{E}_1 ——影像源的模糊可靠性; \tilde{R}_1 ——影像地面分辨率的模糊可靠性; \tilde{R}_2 ——影像现势性的模糊可靠性; \tilde{R}_3 ——影像清晰度的模糊可靠性
影像预处理	反映影像预处理过程的可靠性,由影像几何纠正和影像数据接边可靠性计算得到	$\tilde{E}_2 = \tilde{R}_4 \times \tilde{R}_5$	\tilde{E}_2 ——影像预处理的模糊可靠性; \tilde{R}_4 ——影像几何纠正的模糊可靠性; \tilde{R}_5 ——影像数据接边的模糊可靠性
遥感正射影像	反映所使用的遥感正射影像的可靠性,由影像源和影像预处理可靠性计算得到	$\tilde{E}_3 = \tilde{E}_1 \times \tilde{E}_2$	\tilde{E}_3 ——遥感正射影像的模糊可靠性
人工解译数据源	反映地理国情监测数据的人工解译数据源的可靠性,由遥感正射影像、基础地理信息数据和专题数据可靠性计算得到	$\tilde{E}_4 = 1 - (1 - \tilde{E}_3) \times (1 - \tilde{R}_6) \times (1 - \tilde{R}_7)$	\tilde{E}_4 ——人工解译数据源的模糊可靠性; \tilde{R}_6 ——基础地理信息数据的模糊可靠性; \tilde{R}_7 ——专题数据的模糊可靠性
人工解译	反映地理国情监测数据的人工解译结果的可靠性,由人工解译数据源和人员操作可靠性计算得到	$\tilde{E}_5 = \tilde{E}_4 \times \tilde{R}_8$	\tilde{E}_5 ——人工解译的模糊可靠性; \tilde{R}_8 ——人员操作的模糊可靠性
计算机分类	反映计算机分类结果的可靠性,由遥感正射影像和计算机分类方法可靠性计算得到	$\tilde{E}_6 = \tilde{E}_3 \times \tilde{R}_9$	\tilde{E}_6 ——计算机分类的模糊可靠性; \tilde{R}_9 ——计算机分类方法的模糊可靠性
地理国情监测数据成果	反映数据成果可靠性,由人工解译、外业调查和计算机分类可靠性计算得到	$R_{gc} = 1 - (1 - \tilde{E}_5) \times (1 - \tilde{R}_{10}) \times (1 - \tilde{E}_6)$	R_{gc} ——地理国情监测数据成果可靠性; \tilde{R}_{10} ——外业调查的模糊可靠性

参 考 文 献

- [1] GB/T 39613—2020 地理国情监测成果质量检查与验收
 - [2] 史文中,陈鹏飞,张效康.地理国情监测可靠性分析[J].测绘学报,2017,46(10):1620-1626.
 - [3] 张效康.地理国情监测数据可靠性分析与控制方法研究[D].武汉大学,2017.
-