引文格式：王程, 王小军, 巨小文, 等. 数字表面模型成果质量检查与评价[J]. 地理空间信息, 2023, 21(10): 116-119. doi:10. 3969/j.issn. 1672-4623.2023.10.029

数字表面模型成果质量检查与评价

王　程[1]，王小军[2]，巨小文[1]，王　炜[1]，张　号[1]
（1. 自然资源部陕西测绘产品质量监督检验站，陕西 西安 710054；
2. 四川测绘地理信息局测绘技术服务中心，四川 成都 610081）

摘　要：目前数字表面模型（DSM）成果检验尚无针对性的规范及标准，因此，结合数字测绘产品质检标准及DSM成果相关规范，分析主要质量问题，探讨了当前DSM成果质量评价所参考的相关规范的不完善之处，提出了优化质量评价的内容及指标方案。确定了DSM成果六大质量元素，增加了编辑质量质量子元素，删除了图历簿等不适宜质量子元素，增加了点云类接边检查项等；并针对优化后的质量检查内容，提出了相关质量评价指标，从而更加客观、全面、合理地评价数字表面模型成果质量，有利于DSM成果质量管控和提升。

关键词：数字表面模型；质量问题；质量分析；质量评价
中图分类号：P208　　**文献标志码：**B　　**文章编号：**1672-4623（2023）10-0116-04

Quality Inspection and Evaluation of Digital Surface Model

WANG Cheng[1], WANG Xiaojun[2], JU Xiaowen[1], WANG Wei[1], ZHANG Hao[1]
(1. Shaanxi Surveying and Mapping Production Supervision and Inspection Station, Ministry of Natural Resources, Xi’an 710054, China;
2. Surveying Technology Service Center of Sichuan Bureau of Surveying, Mapping and Geographic Information, Chengdu 610081, China)

Abstract: Due to the absence of corresponding technical specifications and standards for current digital surface model(DSM) achievements, we analyzed the main quality problems based on the digital surveying and mapping product quality standards and achievements of DSM relevant specification. After discussing the imperfections of relevant specifications referred to in the current DSM performance quality evaluation, we proposed content and index scheme for optimizing the quality evaluation. We identified six quality elements of DSM achievements, added the sub-elements of editing quality, deleted the unsuitable sub-elements such as graph calendar, and added the edge checking items of point cloud. According to the optimized quality inspection content, we put forward relevant quality evaluation indexes, so as to evaluate the quality of DSM achievements more objectively, comprehensively and reasonably, which was conducive to the quality control and improvement of DSM achievements.

Key words: DSM, quality problem, quality analysis, quality evaluation

当前，国家或行业均未发布DSM成果检验的相关标准，成果检验主要参考数字测绘成果相关检验规范，虽然这些标准或规范中涉及到DSM检查相关内容及方法，但缺乏系统性、完整性及针对性，仅能提供部分参考和借鉴，且在成果检验中较难实施和采用[1-4]。本文结合相关数字测绘成果检验标准，分析质量问题，对DSM成果检查内容及方法、技术要求和质量评定等进行分析，提出了更加优化且可操作的质量评价方案。

1　现有质量要求及质量评价

1.1　现有质量要求

目前，DSM成果质量检查尚无针对性的标准规范可遵循，成果质量检验主要依据《数字测绘成果质量检查与验收》[5]等相关测绘成果质量检验标准。以《数字测绘成果质量检查与验收》为依据，参考《基础地理信息数字成果1∶500 1∶1 000 1∶2 000 1∶5 000 1∶10 000数字表面模型》、《基础地理信息数字成果1∶25 000 1∶50 000 1∶100 000数字表面模

收稿日期：2022-06-10。
项目来源：测绘地理信息标准计划项目（2017-30-CH/T）。
第一作者简介：王程（1986—），硕士研究生，高级工程师，主要从事数字测绘产品质量检查与验收及测绘成果检验标准制定等工作，E-mail：573336146@qq.com。

型》等DSM成果生产规范标准[1,6]，笔者梳理了DSM成果检查质量元素包括空间参考系、位置精度、逻辑一致性、时间精度、格网或点云质量及附件质量，在质量检验时主要从以上6个方面展开。

1.1.1　空间参考系

核查成果坐标系统、高程基准是否符合规定要求，分析地图投影各参数的正确性及合理性。

1.1.2　位置精度

比对分析或实地检测并统计DSM成果的高程中误差，通过核查分析进行同名格网高程值（接边）检查。

高程中误差作为DSM位置精度的一项重要指标，主要是通过采集的检测点与成果中同名点进行比较，计算DSM内插点高程中误差，检查其是否符合规定要求。《数字表面模型 航天摄影测量生产技术规程》中提到，利用多余控制点、外业点和空中三角测量备查点检查高程中误差的符合性[7]，《数字表面模型 机载激光雷达测量技术规程》中提到格网类DSM的高程精度还应重点关注是否有插值漏洞以及是否存在特征线缺失引起的异常[8]。根据DSM成果特点，参照相关标准[5,7-10]，对高程检测点数量、分布情况、位置选取、获取手段及方法、高程中误差统计等进行了规范要求。对格网类DSM，需检查同名格网高程值不符合要求的个数。

1.1.3　逻辑一致性

核查分析数据文件存储、组织的符合性，数据文件格式、文件命名的正确性，数据文件有无缺失、多余，数据是否可读。

1.1.4　时间精度

核查分析生产中使用的各种资料及成果是否符合设计的现势性要求。

1.1.5　格网或点云质量

主要包括格网尺寸、点云密度和数据覆盖范围3个检查项的内容。核查分析格网实地尺寸、点云密度是否符合要求，检查格网或点云的起止点坐标及图幅范围是否符合要求。

1.1.6　附件质量

核查分析元数据、图历簿等文件的命名、格式以及各项内容填写的正确性、完整性。核查分析附属文档的完整性、正确性。

1.2　质量评价

现有DSM成果质量评价主要参考《数字测绘成果质量检查与验收》，根据DSM成果质量特征，结合此标准，整理出DSM成果质量评定指标见表1。

表1　质量评定指标

质量元素	质量子元素	检查项	检查结果	技术要求	合格条件	合格后计分方法	质量元素分值 s_i	备注
空间参考系	大地基准 高程基准 地图投影	坐标系统 高程基准 投影参数	符合/不符合	按技术设计执行	符合	$s=100$	100	
位置精度	高程精度	高程中误差	m：检测中误差	m_0：中误差限差，按技术设计执行	$m \leqslant m_0$	$s=\begin{cases}60+\dfrac{40}{0.7\times m_0}(m_0-m) & :m>0.3\times m_0\\ 100 & :m \quad 0.3\times m_0\end{cases}$	取 s 的最小值	检查点分布均匀，位置易于辨认，不少于50个
		同名格网高程	$r=n/N\times 100\%$	r_0=0%	$r \leqslant r_0$	$s=100$		N 为超限的处数，N 为全图有效面积
逻辑一致性	格式一致性	数据归档 数据格式 数据文件 文件命名	符合/不符合	按技术设计执行	符合	$s=100$	取 s 的最小值	
时间精度	现势性	原始资料 成果数据	符合/不符合	按技术设计执行	符合	$s=100$	100	
格网质量	格网参数	格网尺寸 格网/图幅范围 项错漏	符合/不符合 符合/不符合	按技术设计执行	符合	$s=100$	取 s 的最小值	
附件质量	元数据	内容错漏	$r=n/N\times 100\%$	r_0=5%	$r \leqslant r_0$	$s=60+40/r_0\times(r_0-r)$	取 s 的最小值	N 为元数据项数。图号错，质量元素为不合理
	图历簿	错漏	$r=n/N\times 100\%$	r_0=5%	$r \leqslant r_0$	$s=60+40/r_0\times(r_0-r)$		N 为图历簿项数
	附属资料	完整性 正确性 权威性	符合/不符合	按技术设计执行	符合	$s=100$		

2 现有质量检查与评价的不适宜性

2.1 DSM成果主要质量问题

2.1.1 位置精度问题

主要包括高程中误差超限和同名格网高程值（接边）不符个数超限等问题。

2.1.2 格网或点云质量问题

主要包括格网尺寸、格网的起始坐标、结束坐标不正确，图幅范围不符合要求等质量问题。格网尺寸、数据覆盖范围等主要是通过软件设置进行自动计算、裁切等。

2.1.3 其他主要质量问题

其他质量问题主要表现为成果高程值异常，包括静止水域面未置平，流动水域出现高程逆流，无值区和海域赋值编辑处理错误[11]，地形、地貌表达缺失，DSM地形特征与实际地貌不符，非地面附着物未进行剔除以及点云类DSM成果接边处地形过渡不自然、地物不真实，存在明显错位及变形等。

2.2 现有质量检查与评价分析

2.2.1 检查内容分析

结合DSM成果主要质量问题可知，空间参考系、位置精度、逻辑一致性、时间精度、格网或点云质量及附件质量等6大质量元素基本能够说明成果满足规定要求和使用目的，但存在DSM地形特征与实际地貌形态不符、点云类DSM成果接边处地物明显变形等成果编辑情况的质量问题。虽然都属于质量元素“格网或点云质量”内容，但不属于其子元素“格网或点云参数”内容，成果编辑情况的正确性作为格网或点云质量检查的一项重要内容，但现有质量要求未对其正确性、合理性的判定提出相应的检查要求。

同名格网高程值检查项作为接边检查的主要内容，仅仅适用于格网类DSM成果，并不适用于点云类成果，由此可见，现有质量要求中存在缺项，未对点云类成果接边检查的内容进行规定。

另外，经了解，近年来DSM多个项目均未生产制作图历簿，图历簿基本上不再作为DSM成果的一部分。因此，图历簿作为质量子元素进行检查已不适应DSM成果的质检需求。

2.2.2 质量评价分析

现有DSM成果各项质量评定指标（表1）中，仅涉及点云类DSM成果的部分质量评定指标，对于点云质量、点云接边等未做质量评定指标说明；另外，表1未对格网或点云本身的编辑质量情况进行质量评定相关说明。整体来看，质量评定指标不完整，针对性及适用性较差。

3 质量检验方案优化

3.1 检查内容

1）图历簿，图历簿作为DSM成果质量子元素已不适应现有DSM成果的质检需求，因此，将图历簿及其检查项等相关内容删除。

2）编辑质量，编辑作为DSM生产过程中数据处理的重要一环，编辑情况是否正确、合理，高程值是否正确，是DSM成果的一个重要质量特征[7,9]，应将编辑质量作为格网/点云质量的一项质量子元素加入到其中。编辑质量主要通过高程值进行检查，通过对异常值、噪声点滤除、静止水域置平、流动水域过渡、无值区与海域赋值，地貌及非地面附着物是否错位、变形等，地形、地貌是否表达完整等进行检查，确定DSM成果的编辑质量是否符合要求。

3）接边（点云类），检查同名格网高程值不符合要求的个数是格网类DSM成果接边检查的主要内容，但对于点云类DSM成果不适用，针对点云类成果，结合相关生产技术规范及成果实际应用情况，增加对点云类DSM接边的检查内容。通过对其接边处地形过渡是否自然，地物是否保持真实、有无明显的错位与变形等进行检查，可以反映点云类DSM接边处成果质量情况。

3.2 质量评定

DSM成果质量评定依据《数字测绘成果质量检查与验收》的质量评定原则和计分方法[5]，对各质量元素、质量子元素及检查项逐项逐级进行评价。对于质量子元素的各检查项，通过公式计算或判定其是否合格，在各检查项合格的前提下，计算得到各质量元素分值，最终取最低质量元素得分作为单位成果质量分值（附件质量得分不参与计算）。

依据《数字测绘成果质量检查与验收》，通过对DSM成果质量特征及质量问题分析，本文提出了适合DSM的成果检验的优化方案。对于DSM成果不适宜的质量子元素，直接将其及检查项、检查内容进行删除，不作为成果质量评定指标。对于新增的质量子元素、检查项及检查内容，根据指标特征，对检查方法、技术要求、合格条件及计分方法等进行调整，优化完善DSM成果质量评定指标。

1）图历簿，DSM属于数字测绘成果，其质量评定依据《数字测绘成果质量检查与验收》的质量评

定原则和计分方法，所以图历簿质量子元素及其相关质量评定指标删除后，不会影响附件质量的质量评定结果。

2）编辑质量，质量元素格网/点云质量中新增质量子元素编辑质量，对DSM成果高程值进行检查。DSM属于数字栅格成果，高程值检查项可参考数字正射影像图中对影像特征质量子元素的检查方法、技术要求、合格条件及计分方法；考虑到格网及点云类DSM成果不同的表现形式，确定了以单位成果错误面积或点数为统计对象，同时参考《全球地理信息资源建设与维护更新成果质量检验规定》，设定错误率限值为1%，并对这一指标进行了验证[12]，结果满足质量控制的需求。

3）接边，新增接边检查项，涵盖了全部类型DSM成果（格网类及点云类）接边处质量检查的内容。对于格网类成果接边的检查内容、技术要求、合格条件及计分方法均按照表2执行。针对点云类成果表现形式的特点，其接边质量判定无法通过量化数值来进行统计，参考《测绘成果质量检查与验收》中关于影像特征质量子元素的评分方法，对出现普遍性或整体性现象而又不影响成果使用的质量问题的处理原则，提出了分段阈值评分法进行点云类成果接边质量评定。不满足合格条件时，指标评定结果为不符合；在满足合格条件的前提下，分值范围设定为大于等于60小于等于100分之间。当出现普遍性轻微接边但不连续现象且高程中误差符合而又不影响使用时，分值在大于等于60小于等于90分之间，具体分值根据接边总体质量情况给定。未出现上述情况，说明接边处总体质量好，得分在大于90小于等于100分之间。

4）粗差率，将“统计粗差率”作为高程中误差的检查内容引入到DSM质量评定指标中，并参考《测绘成果质量检查与验收》中对单位成果质量评定的要求，单位成果高程精度检测的粗差比例超过5%时，判定其为不合格[10]，对DSM高程中误差的粗差率限差设置为5%，即统计的粗差点数与单位成果检测点数之比小于等于5%，作为此项的合格条件。

4　结　语

本文阐述了DSM成果的当前质量要求，分析了DSM成果的质量特征及主要质量问题，探讨了当前DSM成果质量评价相关规范的不完善之处，提出质量评价的优化方案，主要有以下几点：

1）DSM成果质量检验宜按6个质量元素10个质量子元素进行。质量元素包括：空间参考系、位置精度、逻辑一致性、时间精度、格网或点云质量、附件质量；质量子元素包括：大地基准、高程基准、地图投影、高程精度、格式一致性、现势性、格网/点云参数、编辑质量、元数据、附属文档。

2）新增质量子元素编辑质量，主要通过检查异常高程值判断格网或点云质量情况。采用数字正射影像图中对影像特征质量子元素的检查方法、技术要求、合格条件及计分方法；并确定以单位成果错误面积或点数为统计对象，设定错误率限值为1%。

3）新增接边检查项，增加了对点云类DSM接边检查的内容，完善了接边检查内容的全类型成果覆盖。结合点云类DSM成果特点，提出分段阈值评分法进行点云类成果接边质量评定。

参考文献

[1] 基础地理信息数字成果1∶500 1∶1 000 1∶2 000 1∶5 000 1∶10 000数字表面模型规程:CH/T 9022-2014 [S].

[2] 周晓敏,薛争光. 大区域数字表面模型快速生产关键技术研究[J]. 测绘技术装备,2016,18(4):26-29

[3] 陈艳楠,汪佳丽. 利用投影影像精化数字表面模型[J]. 测绘通报,2020(6):45-48

[4] 巨小文,王小军,赵 龙,等. 数字表面模型质量检验技术探讨[J]. 测绘标准化,2021,37(3):14-17

[5] 数字测绘成果质量检查与验收:GB/T 18316-2008 [S].

[6] 基础地理信息数字成果1∶25 000 1∶50 000 1∶100 000数字表面模型规程:CH/T 9023-2014 [S].

[7] 数字表面模型航天摄影测量生产技术规程:CH/T 3013-2014 [S].

[8] 数字表面模型机载激光雷达测量技术规程:CH/T 3014-2014 [S].

[9] 数字表面模型航空摄影测量生产技术规程:CH/T 3012-2014 [S].

[10] 测绘成果质量检查与验收:GB/T 24356-2009[S].

[11] 张秋实,杨傲,许根. 浅谈地理信息资源建设中DSM及DEM产品质量控制[J]. 测绘与空间地理信息,2021,44(6):317-318

[12] 巨小文,赵敏,郭玉芳,等. DSM成果高程精度检测可行性试验[J]. 测绘标准化,2020,36(3):6-10