

高分共性产品算法测评与真实性检验技术体系及应用

实例

闻建光^{1,2}, 肖青^{1,2}, 钟守熠¹, 唐勇¹, 陈曦¹, 魏秋方¹, 吴小丹³, 林兴
稳⁴, 欧阳晓莹¹, 游冬琴¹, 柳钦火^{1,2}

1. 中国科学院空天信息创新研究院 遥感科学国家重点实验室, 北京 100101;

2. 中国科学院大学 资源与环境学院, 北京 100049

3. 兰州大学 资源环境学院, 兰州 730000

4. 浙江师范大学 地理与环境科学学院, 金华, 321004

摘要: 随着我国高分辨率对地观测系统的发展, 已经形成了高分标准产品、共性产品和专题产品多层应用服务体系, 其中高分共性产品被认为是衔接高分标准产品和专题产品间的桥梁。然而高分共性产品由算法发展而来, 不可避免存在着误差, 为后续遥感应用带来较大的不确定性。因此, 论文提出了高分共性产品算法需测评, 高分共性产品需真实性检验的高分共性产品生产过程中的两端质量保障方法体系。论文阐明了算法测评与真实性检验的内涵, 以及算法测评和真实性检验方法体系, 介绍了高分专项开展的高分共性产品真实性检验与算法测评系统平台, 并以地表反照率高分共性产品算法测评为例, 展示了算法测评的可行性。论文研究成果可为全国高分共性产品真实性检验和算法测评工作的开展提供重要支持。

关键词: 高分卫星、共性产品、算法测评、真实性检验、地表反照率

中图分类号: TP701 **文献标志码:** A

引用格式: 闻建光,肖青,唐勇,陈曦,魏秋方,吴小丹,林兴稳,欧阳小莹,游冬琴,柳钦火.2021. 高分共性产品真实性检验与算法测评技术体系与应用实例.遥感学报, 16(1):7-22

[DOI:10.11834/jrs.20132361]

24 大专项(以下简称“高分专项”), 逐渐形成了高空间
25 分辨率、高时间分辨率和高光谱分辨率的卫星观测
26 系统, 形成具备时空协调、全天时、全天候、全球观
23 2010 年我国启动实施高分辨率对地观测系统重

收稿日期: 2021-**-**; 预印本: 2021-**-**;

基金项目: 高分辨率对地观测系统重大专项(编号: 21-Y20B01-9001-19/22、21-Y20B02-9003-19/22)

第一作者简介: 闻建光, 1978 年生, 男, 博士研究生, 研究方向为定量遥感。E-mail: wenjg@aircas.ac.cn

通信作者简介: 肖青, 1972 年生, 男, 博士研究生, 研究方向为定量遥感。E-mail: xiaoqing@aircas.ac.cn

27 测能力,通过攻克制约应用的共性关键技术,研制 54 (Justice 等,2000;Morisette 等,2006;张仁华 等,
28 446 种行业专题产品,在国家重大需求和行业应用 55 2010)。然而,共性产品的真实性检验结果反映的是
29 领域发挥了重要作用(童旭东,2019)。《2018 年 56 产品的总体误差,难以对输入数据和算法本身对产
30 国家报告中国高分卫星应用(共性产品卷)》通过系 57 品精度的影响进行回溯。算法是遥感共性产品的核
31 统性地从高分应用 446 种行业专题产品回溯,推导 58 心。全面了解算法效能有助于改进算法精度和提高
32 出 39+6 种当前主要的共性产品,阐明了标准产品 59 产品质量。因此,为了保障高分共性产品质量,首先
33 -共性产品-专题产品之间的衍生关系,其中共性产品 60 需要测评生产高分共性产品的算法,即利用一套客
34 定义为超过 2 个行业专题产品生产所需要的、且可 61 观有效的指标体系,基于完备的样本数据和测评技
35 利用同步实测数据或同类产品、模型进行直接或间 62 术,对算法进行精度、适用性、效率、鲁棒性等方面
36 接真实性检验的数据应用产品(国家国防科技工业 63 的综合评价,量化表达算法的性能。为此,我们提
37 局,2018)。高分共性产品对于降低遥感应用技术门 64 出了高分共性产品的两端保障:即首端保障为共性
38 槛,提升遥感应用技术水平至关重要。 65 产品的算法测评和末端保障为共性产品的真实性检

39 然而,几乎所有高分共性产品无法以遥感直观 66 验。2019 年,国防科技工业局启动了高分专项国家
40 测得到,而是通过建立参数与遥感观测辐射散射反演 67 真实性检验系统建设,其中重要的任务之一是建设
41 模型得到的,这个过程受到如传感器性能、几何和 68 高分共性产品真实性检验与算法测评子系统,为我
42 辐射定标、模型和反演算法效能等众多因素的影响, 69 国高分共性产品和专题产品研制提供保障。

43 导致高分共性产品具有一定的不确定性(吴小丹 等,
44 2014)。这种不确定性将直接影响后续应用的专题 70
45 产品研发及遥感监测。这就提出了一个重要的问题,
46 如何客观、准确且可信地评价高分共性产品的不确
47 定性?这个问题的解决是降低高分共性产品不确定
48 性,改善共性产品质量,提高共性产品可应用性的
49 前提。

50 以往我们更加注重的是通过遥感产品真实性检
51 验的技术手段来评估高分共性产品,即通过将遥感
52 共性产品与能够代表地面目标相对真值的参考数据
53 进行对比分析,评估遥感产品的精度和不确定性

2 算法测评与真实性检验的内在关系

71 算法测评与真实性检验分属于高分共性产品评
72 估的两个阶段,算法测评侧重于算法效能的评估,
73 而真实性检验侧重于由该算法生产的共性产品质量
74 的验证,属于高分共性产品生成过程中两个重要阶
75 段的质量评估。

76 遥感产品真实性检验的核心是获取与待检高分
77 共性产品时空一致的相对真值。在此基础上采用精
78 度和不确定度两类指标对高分共性产品进行评价。
79 地面观测优化采样(Wu 等,2016; 2021)、时空

80 尺度转换 (Lin 等, 2018; Wu 等, 2020) 和像元尺07 观测的像元尺度相对真值作为支持; 但两者也有本
81 度相对真值的不确定性分析是真实性检验的三个重08 质的区别, 前者需要在同一环境同一输入下进行评
82 要过程 (Wu 等, 2019)。国内已有《遥感产品真实09 价, 而后者则直接调用待检验的产品。

83 性检验导则》(GB/T 36296-2018)、《陆地定量遥
84 感产品真实性检验通用方法》(GB/T 39468-2020)、

85 以及《植被指数遥感产品真实性检验》(GB/T 40038-
86 2021) 等 14 种具体遥感产品真实性检验国家标准发

87 布, 为国内从事遥感产品真实性检验提供了重要依
88 据。

89 而算法测评更加强调的是需要针对同类型算法
90 有一套标准、统一、且已知精度的算法输入数据 (也

91 称为样本数据) 作为支持, 且这套标准统一的输入
92 数据需要与地面观测的像元真值进行严格的空间尺

93 度匹配, 避免由于输入数据的精度和不确定性差异
94 导致算法计算结果无法比较。在测评过程中, 依据

95 测评指标 (详见第 3 节), 通过调用统一的输入数
96 据和待测评的共性产品算法, 计算算法执行过程中

97 相关指标以及生成的结果与地面观测的相对真值比
98 较, 实现不同算法的统一测评。通过调研发现, 算法

99 测评还未形成统一的规范, 类似的算法测评还主要
100 集中在目标解译领域, 如我国举办的高分遥感图像

101 软件解译竞赛 (<http://sw.chreos.org/indexpage>, 2022
102 年 2 月), 和人工智能遥感解译大赛

103 (<https://rs.sensetime.com/competition/index.html#/in>
104 fo, 2022 年 2 月) 等, 对于定量的共性产品反演第 21

105 法还未形成体系性的测评技术和规范。
106 算法测评与遥感产品真实性检验都需要有地面

3 高分共性产品算法测评方法体系

3.1 技术流程

112 一个完整的高分共性产品算法测评过程如图 1

113 所示, 主要包括算法测评指标体系建立与定权、算

114 法测评指标测算方法构建、统一质量算法测评数据
115 集建立、算法结果生成与指标计算, 最后形成算法

116 测评报告。其中算法测评数据集包括空间严格配准
117 的算法输入数据集 (样本数据) 和参考对象数据集

118 (验证数据)。他们具有时间、空间代表性, 覆盖不
119 同地表类型、地形特征、不同数据源, 并满足算法测

120 评指标计算要求。

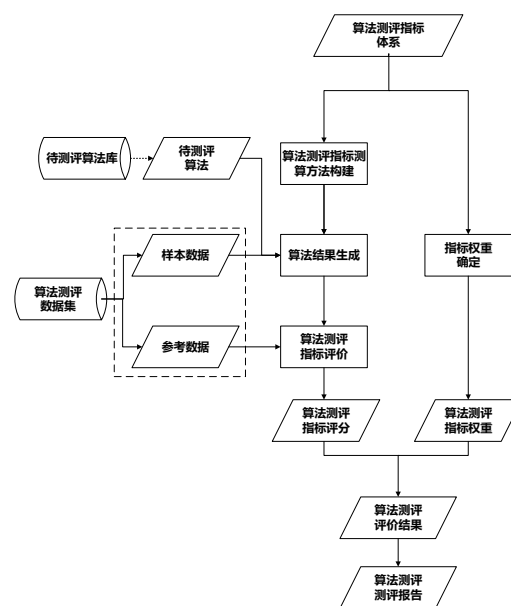


图 1 高分共性产品算法测评主要技术流程

Fig.1 The technique flowchart of Gaofen common product algorithm test

125 3.2 指标体系

126 算法测评指标体系构建遵循如下原则：1) 通用

127 性原则，强调指标体系适用于大部分算法；2) 有效

128 性原则，强调指标体系能有效反映算法的优劣性；3)

129 客观性原则，要求指标评价、赋权过程和算法测评

130 结果客观公平。通过文献调研、专家咨询和评审等，

131 构建了4个一级指标和10个二级指标的高分共性产

132 品算法测评指标体系，如下表。

133 表1 算法测评指标体系

134 Table 1 The index system of algorithm test

一级指标	二级指标
算法精度	准确度和不确定度*
算法适用性	地表类型适用性
	地形特征适用性
	空间尺度适用性
算法效率	运算时间复杂度
	运算空间复杂度
	辅助数据依赖性
算法鲁棒性	算法容错性
	算法稳定性
	时空完整性

135 *准确度和不确定度需依据数值类产品、几何类产品和类别类

136 产品选择相应指标。

137 1) 算法精度指标测算

138 参考《遥感产品真实性检验导则》(GB/T 36296-

139 2018 6.1 和 6.2) 规定的准确度和不确定度计算指标

140 和计算方法，依据数值类产品、几何类产品和类别

141 类产品的特点，选择相应的指标计算。指标计算过

142 程可以参照第4节中阐述的高分共性产品真实性检

143 验技术流程。

144 2) 算法适用性指标测算

145 基于不同地表类型、不同地形特征(平坦地表和

146 复杂地形)、不同空间尺度的样本数据作为输入，依
147 据算法适用的地表类型数量、地形特征数量、空间
148 尺度量级确定指标值。

149 3) 算法效率测算

150 算法效率体现为计算时间复杂度和计算空间复
151 杂度，在算法执行过程中统计算法计算单位数据量
152 的运算时间和所占用的最大内存资源。根据算法对
153 辅助数据依赖性，采用辅助数据的种类和大小确定
154 指标值。

155 4) 算法鲁棒性指标测算

156 算法鲁棒性指标包括算法的容错性、稳定性和时
157 空完整性。容错性指标依据数据出现异常扰动，算
158 法是否仍能正常运行作为判断标准；算法稳定性通
159 过引入噪声或者引入不同数据对算法性能产生影响
160 的程度确定；算法时空完整性通过统计算法反演失
161 败和时空缺失率确定。

162 将算法测评指标体系中所有二级指标的集合称

163 为 $X = \{X_1, X_2, X_3, \dots, X_{n-1}, X_n\}$ ，其中第 i 项二级指标164 在算法测评指标体系中的权重为 $\rho_i (1 \leq i \leq n)$ ，根据

165 算法测评指标体系各二级指标的评价标准，可以得

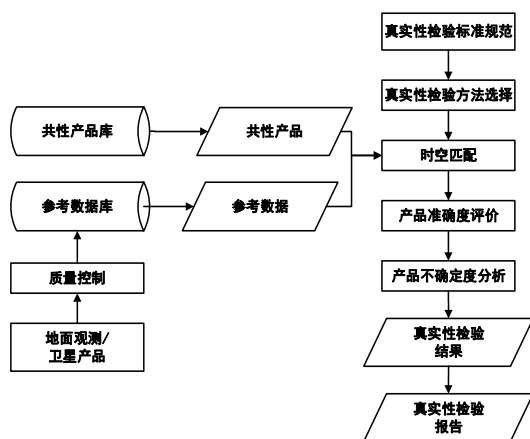
166 到某一类算法第 i 项二级指标在算法测评中的得分167 $e_i (1 \leq i \leq n)$ ，则该类算法在算法测评中的综合测评168 结果 C 可以表示为：

169
$$C = \sum_{i=1}^n e_i \times \rho_i (1 \leq i \leq n) \quad (1)$$

170 4 高分共性产品真实性检验方法体系¹⁹¹

171 4.1 技术流程

172 高分共性产品真实性检验主要是在相关遥感产¹⁹⁴
 173 品真实性检验标准规范的基础上, 选择合适的真实¹⁹⁵
 174 性检验方法, 进行高分共性产品和参考数据的时空¹⁹⁶
 175 匹配, 在此基础上开展共性产品准确度和不确定度¹⁹⁷
 176 评价, 形成高分共性产品真实性检验报告, 如下图¹⁹⁸
 177 所示。

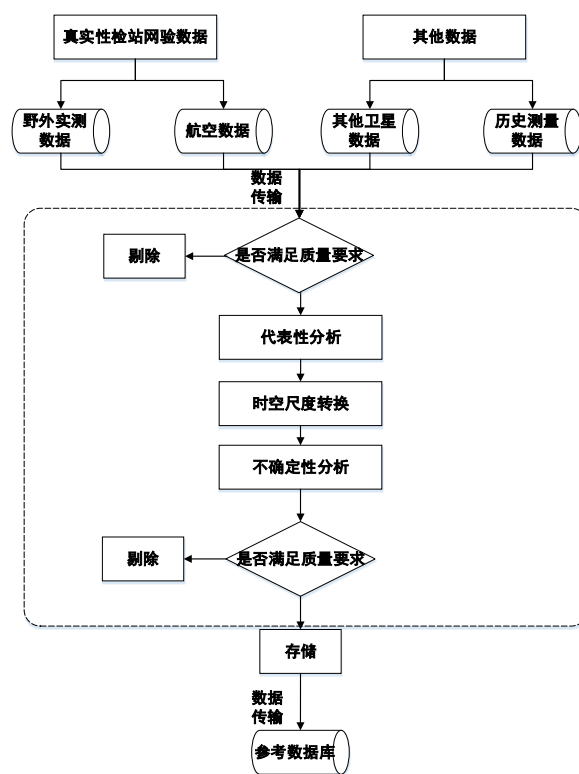


178 图 2 高分共性产品真实性检验技术流程

179 Fig.2 The technique flowchart of Gaofen common product
 180 validation

182 科学、准确的参考数据（像元相对真值）是高分
 183 共性产品真实性检验的核心，其质量决定了共性产
 184 品真实性检验的可靠程度。为了获取高质量的参考²⁰⁰
 185 数据，我们提出了基于地面观测数据得到像元尺度²⁰¹
 186 相对真值的方法体系（如图 3）：质量控制-代表性²⁰²
 187 分析-尺度转换-像元“真值”的不确定性分析。只有当²⁰³
 188 像元尺度参考真值的不确定性小于一定阈值时，才²⁰⁴
 189 被用于高分共性产品真实性检验。需要注意的是，²⁰⁵
 190 阈值的大小依赖于具体的地表变量，取决于地表变²⁰⁶

192 量在待验证像元值的分布范围，并需兼顾筛选出的
 193 参考“真值”在时间和空间上的分布范围。以反照率
 194 产品为例，在非雪地表的精度要求是 0.02，积雪地
 195 表的精度要求是 0.05，因此非雪条件下的像元“真值”
 196 不确定性的阈值会大于积雪地表条件。
 197 针对技术流程中的准确度和不确定度的检验指
 198 标以及计算方法，可依据数值类和类别类高分共性
 199 产品分别参考《遥感产品真实性检验导则》（GB/T
 36296-2018）提供的公式进行计算和分析。



182 图 3 参考数据质量控制方案

183 Fig.3 The quality control method of reference dataset

184 4.2 主要真实性检验方法

185 针对高分共性产品真实性检验技术流程中真实
 186 性检验方法的选择可根据地表异质性、地面测量视
 187 场和待检验的共性产品像元尺度确定（吴小丹 等，

207 2015), 目前常见的遥感产品真实性检验方法大致
 208 可分为: 直接检验、引入高分辨率数据多尺度逐级
 209 检验和交叉检验等。
 210 当待检验的共性产品像元尺度与地面测量视场
 211 相当时, 应采用直接检验法; 当待检验的共性产品
 212 像元尺度大于地面测量视场, 若待检像元区域为均
 213 质地表, 应采用直接检验法; 若待检像元区域为非
 214 均质地表, 应考虑尺度差异, 采用基于地面测量与
 215 更高分辨率遥感数据的多尺度逐级检验法; 当检验
 216 区无地面测量数据时, 采用基于已知精度其它共性
 217 产品的交叉检验法。

218 5 高分共性产品真实性检验与算法测 219 评系统设计及算法测评案例

220 在“十二五”国家高技术研究发展计划(863 计划)
 221 重点项目的支持下, 针对低分辨率的定量遥感产品
 222 真实性检验, 构建了全国真实性检验网的原型体系,
 223 研制了陆表定量遥感产品真实性检验系统(LAnd
 224 surface remote sensing Product Validation System,
 225 LAPVAS)(Lin 等, 2018), 为我国遥感产品真实
 226 性检验的业务化运行奠定坚实的基础。高分共性产
 227 品真实性检验与算法测评系统是在LAPVAS基础上,
 228 综合共性产品算法测评的业务功能, 并期望通过引
 229 接全国主要高分真实性检验野外台站观测数据, 形
 230 成软、硬件集成的一体化系统, 实现高分共性产品
 231 算法测评和产品真实性检验的一站式运行服务。

5.1 系统架构

233 高分共性产品真实性检验和算法测评系统采用
 234 B/S 架构, 包括基础设施层、数据资源层、平台层、
 235 应用层和服务层 5 层架构(图 4), 实现高分共性产
 236 品算法测评、数据质量控制与尺度转换、共性产品
 237 真实性检验三个核心业务应用。其中应用层是系统
 238 的核心, 其真实性检验、算法测评、尺度转换、数据
 239 质量控制等功能实现可通过平台层的微服务和组件,
 240 通过流程编排工具组合成相应的应用服务, 实现如
 241 高分共性产品算法测评(图 1)和真实性检验(图 2)
 242 中的整体技术流程。以高分共性产品算法测评服务
 243 为例, 它需要借助平台层中的流程编排功能, 实现
 244 样本数据和参考数据检索和匹配、基于待测算法的
 245 样本数据计算、指标计算、算法测评报告生成等几
 246 个重要的功能模块组合, 形成真实系检验服务。
 247 近期, 我们充分利用全国遥感真实性检验网络中
 248 的中国科学院河北怀来遥感站、黑河遥感站和净月
 249 潭站数据, 通过数据质量控制、尺度转换、时空匹
 250 配、不确定性分析等功能, 研制了产品真实性检验
 251 参考数据集和产品算法测评样本数据集。用户可以
 252 通过门户访问系统平台, 将共性产品算法上传, 开
 253 展算法的自测评和测评; 亦可上传研发的共性产品,
 254 开展共性产品真实性检验, 并反馈用户算法测评或
 255 真实性检验报告。



图 4 高分共性产品真实性检验与算法测评架构图

Fig.4 The architecture of Gaofen common product validation and algorithm test system

5.2 应用案例

地表反照率反映了地球表面反射太阳辐射的能力，是地球表面辐射与能量平衡的关键参数之一。本文以地表反照率反演算法测评为例，基于高分共性产品真实性检验与算法测评系统平台，展示其算法测评的基本过程以及结果。选择的待测评地表反照率算法为联合高空间分辨率数据与低分辨率数据的地表反照率反演算法（You 等，2015）。

1) 主要步骤

首先根据地表反照率的特点，在算法精度指标的选择中，我们选择了偏差、均方根误差和相关系数三个指标作为二级指标，构建了地表反照率算法测评的指标体系。然后基于此指标体系，结合“1-9 标度法”，对同一层级的指标进行两两比较，以确定它们的相对重要性。依据同等重要（标度为 1）、稍重

要（标度为 3）、重要（标度为 5）、很重要（标度为 7）和极端重要（标度为 9）划分成 5 个等级的标度。设计在线问卷调查，通过邀请领域内多位专家以在线问卷方式对各指标重要性进行打分赋值，通过计算同一级指标间两两得分的比值判断相对重要性，将比值转化为“1-9 标度法”对应的标度，得到比较判断矩阵模型。采用层次分析法（Saaty 等，1978），计算判断矩阵与次级判断矩阵的特征值及特征向量，通过对特征向量进行归一化实现各指标的权重系数计算。

针对地表反照率算法测评的指标体系权重，我们邀请了国内 8 所高校和科研院所算法发展和产品真实性检验领域的 11 位专家开展问卷调查和专家打分，采用层次分析法，实现了地表反照率算法测评的指标体系权重（如下表）。

表 2 地表反照率算法测评指标体系及权重

Table 2 The index system and index weight of land surface albedo algorithm test

一级指标	二级指标	一级指标权重	二级指标权重
算法精度	偏差	0.3165	0.1055
	均方根误差		0.1055
	相关系数		0.1055
算法适用性	地表类型适用性	0.3163	0.1335
	地形适用性		0.0605
	空间尺度适用性		0.1223
算法效率	运算时间复杂度	0.1153	0.0372
	运算空间复杂度		0.0313
	辅助数据依赖性		0.0468
算法鲁棒性	算法容错性	0.2519	0.0686
	抗噪声稳定性		0.0626
	不同数据稳定性		0.0514
	时空完整性		0.0693

293 测评中采用的参考数据为覆盖中国科学院河北19 提供 m 类不同地表类型/地形/空间尺度的样本数据
 294 怀来遥感站、黑河遥感站和净月潭站观测的 2016 年20 和地面验证数据，使用待测评算法计算结果后按适
 295 至 2018 年的 41 个样点的地表反照率，对应的地表21 用性的类型分别统计，有 n 类情况下产品精度落在
 296 类型为农作物、林地以及裸土。样本数据为经过大22 [0.02-0.05]区间，则该算法在该适用性指标中的得分
 297 气校正后覆盖以上三个试验站观测样点同时段的323 为 $\frac{n}{m} \times 100\%$ 。
 298 GF-1 WFV16 米和 MODIS 500 米地表反射率数据并324 针对反照率算法效率打分，采用占用的空间、时
 299 统一裁切成 101×101 个像元大小。在完成指标选择325 间和数据量大小进行打分（式 5-6），其中时间复杂
 300 和数据准备之后，可进行算法的测评。326 度的单位为分钟，空间复杂度的单位为 GB，辅助数

301 2) 指标分数计算

302 为测算算法的鲁棒性，需要更多的样本数据支持。327 据需求的单位为种。由于各算法的差异，难以用一
 303 因处于系统建设的初期，目前还未具备算法鲁棒性328 个统一的标准进行刻画，因此在算法效率指标计算
 304 和不同地形条件下的算法适用性的测试条件，本文329 过程中，我们采用了动态调整阈值的方法，进行指
 305 主要对算法精度、算法效率和算法适用性和三类型330 标计算。首次测算的算法效率作为首次阈值，然后
 306 一级指标进行测试。我们在样本数据和参考数据计331 随着多种同类测评算法的引入，采用满足精度指标
 307 算后，对指标分别打分赋值。其中：332 条件下最高的效率作为上限阈值，最低效率作为下
 308 反照率精度评价采用偏差、均方根误差和相关系333 限阈值进行测算。

309 系数表示，目前地表均质条件下反照率产品的精度
 310 偏差一般在 0.02-0.05 以内（Wu 等，2016），其精
 311 度指标转换为分数的表达为：

$$312 \quad f_{Bias} = \begin{cases} 0, |Bias| \geq 0.05 \\ \left(1 - \frac{|Bias| - 0.02}{0.03}\right) \times 100, 0.02 < |Bias| < 0.05 \\ 100, |Bias| \leq 0.02 \end{cases} \quad (2)$$

$$314 \quad f_{RMSE} = \begin{cases} 0, RMSE \geq 0.05 \\ \left(1 - \frac{RMSE - 0.02}{0.03}\right) \times 100, 0.02 < RMSE < 0.05 \\ 100, RMSE \leq 0.02 \end{cases} \quad (3)$$

$$316 \quad f_{Corr} = \begin{cases} 0, Corr < 0.5 \\ \frac{x - 0.5}{0.5} \times 100, 0.5 \leq Corr \leq 1 \end{cases} \quad (4)$$

317 反照率算法适用性采用地表类型、地形和空间尺
 318 度适用性表示。对于反照率，假设算法测评数据集

$$334 \quad f_{Efficiency_Time} = \begin{cases} 0, Time \geq b \\ \left(1 - \frac{Time - a}{b - a}\right) \times 100, a < Time < b \\ 100, Time \leq a \end{cases} \quad (5)$$

$$336 \quad f_{Efficiency_Space} = \begin{cases} 0, Space \geq b' \\ \left(1 - \frac{Space - a'}{b' - a'}\right) \times 100, a' < Space < b' \\ 100, Space \leq a' \end{cases} \quad (6)$$

$$338 \quad f_{Efficiency_Support} = \begin{cases} 0, Support \geq n \\ \left(1 - \frac{Support}{n}\right) \times 100, 0 < Support < n \\ 100, Support = 0 \end{cases} \quad (7)$$

340 其中 a 和 b 表示前两次算法测评的算法最短和最
 341 长时长， a' 和 b' 表示前两次测评占用的最大和最小
 342 内存大小， n 表示所需要的辅助数据数量。

343 经过以上指标的计算后，待测反照率算法的测评

344 结果如表 3 所示。算法测评结果显示反照率算法的
345 误差指标中, $Bias=-0.0152$, $RMSE=0.0370$, $R=0.661$,
346 依据公式 (2) - (4), 可分别得到各精度指标的
347 分为 100 分、43.3 分和 59.75 分。

348 在算法效率上, 根据计算机统计结果显示, 反照
349 率算法对 GF-1 WFV 处理的平均速度为 1 分钟/景
350 占用内存为 2G, 并且监控显示算法需要地表二向反
351 射先验知识作为输入。我们假定之前测评过的算法
352 中, 反照率计算最快的平均速度为 1 分钟, 最慢的
353 平均速度为 5 分钟, 则依据公式 (5) 计算的待测评
354 的算法时间复杂度得分为 100 分; 假定之前测评过
355 的算法中, 占用内存大小最小为 1GB, 最大为 5GB,
356 则依据公式 (6) 计算的待测评算法的空间复杂度得
357 分为 75 分; 假定之前测评过的算法中, 依赖辅助数
358 据作为数据的最多有 5 种, 则依据公式 (7) 计算的
359 待测评算法的辐射数据依赖性得分为 80 分。

360 由于目前仅有农田、林地和裸土三种地表类型以
361 及两种空间尺度的样本数据。案例中的数据无论是
362 16 米反照率结果和 500 米反照率结果在农田、林地
363 和裸土的反照率精度都在 0.02-0.05 范围内, 故在地
364 表类型和空间尺度适用性方面为 100 分。在地形特
365 征方面, 由于样本数据仅提供了 1 种平坦地表类型
366 且算法精度在 0.02-0.05 范围内, 因此算法在地形特
367 征适用性方面得分为 100 分。需要注意的是由于
368 前提供的样本数据样例有限, 仅展示了如何计算算
369 法适用性指标的技术过程。未来会增加不同地表类
370 型、不同分辨率和不同地形特征的样本数据, 以

到全面测评的效果。

而对于算法鲁棒性, 由于缺少样本数据支持, 我
们在测评过程中给出了一个值域范围 (0-100 分),
这样我们可以得到了该算法的测评结果, 综合得分
为 62.8633 (算法鲁棒性为 0) —88.0533 (算法鲁棒
性为 100)。

表 3 地表反照率算法测评结果

Table 3 The albedo algorithm test result

一级指标	二级指标	二级指 标评分	加权分 数
算法精度	偏差	100	10.5500
	均方根误差	43.30	4.5682
	相关系数	59.75	6.3036
算法适用性	地表类型适用性	100	13.3500
	地形适用性	100	6.0500
	空间尺度适用性	100	12.2300
算法效率	运算时间复杂度	100	3.7200
	运算空间复杂度	75	2.3475
	辅助数据依赖性	80	3.7440
算法鲁棒性	算法容错性	0-100	0-6.8600
	抗噪声稳定性	0-100	0-6.2600
	不同数据稳定性	0-100	0-5.1400
	时空完整性	0-100	0-6.9300
		算法测评评分 62.8633(0~25.1900)	

6、结论

高分共性产品是高分标准产品至专题产品的桥
梁。共性产品生产前经算法测评, 只有满足一定测
评标准, 通过检验的算法才被用于共性产品生产。
生产后的产品经过真实性检验, 反馈给产品生产和
算法研发人员, 有利于算法的优化迭代和高分共性
产品的质量提升。算法测评和真实性检验是共性产
品生产流程中开展质量监测的两个重要阶段, 两者

- 387 有机联系但又内在区别。 416
- 388 然而,算法测评中样本数据和参考数据的种类和 417
- 389 空间分布需要通过持续开展野外观测补充高质量数 418
- 390 据,特别是汇聚全国真实性检验网络 42 个台站数据, 419
- 391 扩大适合算法测评的共性产品参数类型和测评可信 420
- 392 度。指标体系及其权重需要更加优化,依据不同参 421
- 393 数的特点,可适当补充测评指标体系,邀请更多专 422
- 394 家调研各权重指标以及指标测算和打分方法,使算 423
- 395 法测评的指标体系以及测算方法更加可靠、更加权 424
- 396 威。未来进一步完善高分共性产品真实性检验和算 425
- 397 法测评系统平台相关功能,促进系统平台的业务化 426
- 398 运行。 427
- 399 高分共性产品真实性检验和算法测评是一系绕 428
- 400 性工程,需要多单位通力协作,汇聚全国高质量样 429
- 401 本和参考数据,为高分共性产品真实性检验和算法 430
- 402 测评系统业务化运行奠定重要基础。 431
- 403 **参考文献(References)** 432
- 404 GB/T 36296-2018. Guide for the validation of remote sensing 433
- 405 products. (GB/T 36296-2018. 遥感产品真实性检验导则) 434
- 406 GB/T 39468-2020. General methods for the validation of terrestrial 435
- 407 quantitative remote sensing products.(GB/T 39468-2020. 陆 436
- 408 地定量遥感产品真实性检验通用方法) 437
- 409 GB/T 40038-2021. Validation of vegetation index remote sensing 438
- 410 products.(GB/T 40038-2021. 植被指数遥感产品真实性检验) 439
- 411 Lin X W, Wen J G, Liu Q H, Xiao Q, You D Q, Wu S B, Hao D L and 440
- 412 Wu X D. 2018. A multi-scale validation strategy for albedo 441
- 413 products over rugged terrain and preliminary application in 442
- 414 Heihe River Basin, China. Remote Sensing, 10(2), [DOI: 443
- 415 10.3390/rs10020156] 444
- 445 Lin X W, Wen J G, Tang Y, Ma M G, You D Q, Dou B C, Wu X D, 446
- 447 Zhu X B, Xiao Q and Liu Q H. 2018. A web-based land surface 448
- 449 remote sensing products validation system (LAPVAS): 449
- 450 application to albedo product, International Journal of Digital 450
- 451 Earth, 11(3):308-328 451
- 452 Morisette J T, Baret F, Privette J L, Myneni R B, Nickeson J E, 452
- 453 Garrigues S, Shabanov N V, Weiss M, Fernandes R A, Leblanc 453
- 454 S G, Kalacska M, Sanchez-Azofeifa G A, Chubey M, Rivard B, 454
- 455 Stenberg P, Rautiainen M, Voipio P, Manninen T, Pilant A N, 455
- 456 Lewis T E, Iiames J S, Colombo R, Meroni M, Busetto L, Cohen 456
- 457 W B, Turner D P, Warner E D, Petersen G W, Seufert G and 457
- 458 Cook R. 2006. Validation of global moderate-resolution LAI 458
- 459 products: A framework proposed within the CEOS land product 459
- 460 validation subgroup. IEEE Transactions on Geoscience and 460
- 461 Remote Sensing, 44(7): 1804-1817. 461
- 462 Saaty T L, Modeling unstructured decision problems: The theory of 462
- 463 analytical hierarchies. Mathematics and Computers in 463
- 464 Simulation, 20(3):147-158. 464
- 465 Tong X D. 2016. Development of China high-resolution earth 465
- 466 observation system. Journal of Remote Sensing, 20(5): 775-780 466
- 467 (童旭东. 2016. 中国高分辨率对地观测系统重大专项建设 467
- 468 进展.遥感学报, 20(5): 775-780.) 468
- 469 Wu X D, Xiao Q, Wen J G, Liu Q, Peng J J, Li X W. 2014. Advances 469
- 470 in uncertainty analysis for the validation of remote sensing 470
- 471 products: Take Leaf area index for example. Journal of remote 471
- 472 sensing, 18(5):1011-1023(吴小丹, 肖青, 闻建光, 刘强, 彭菁 472
- 473 菁, 李小文. 2014. 遥感数据产品真实性检验不确定性分析 473
- 474 研究进展. 遥感学报, 18(5): 1011-1023.) 474
- 475 Wu X D, Xiao Q, Wen J G, You D Q, Hueni A. 2019. Advances in 475
- 476 quantitative remote sensing product validation: Overview and 476
- 477 current status. Earth-Science Reviews, 102875. 477
- 478 Wu X D, Wen J G, Xiao Q, Liu Q, Peng J J, Dou B C, Li X H, You 478
- 479 D Q, Tang Y and Liu Q H. 2016. Coarse scale in situ albedo 479
- 480 observations over heterogeneous snow-free land surfaces and 480
- 481 validation strategy: A case of MODIS albedo products 481
- 482 preliminary validation over northern China. Remote Sensing of 482
- 483 Environment, 184: 25-39 483
- 484 Wu X D, Wen J G, Xiao Q, Li X, Liu Q, Tang Y, Dou B C, Peng J J, 484

- 454 You D Q and Li X W. 2015. Advances in validation methods for
455 remote sensing products of land surface parameters. Journal of
456 remote sensing, 19(1):76-92 (吴小丹, 闻建光, 肖青, 李新,
457 刘强, 唐勇, 窦宝成, 彭菁菁, 游冬琴, 李小文. 2015. 关键
458 陆表参数遥感产品真实性检验方法研究进展. 遥感学报,
459 19(1):76-92.) 474
460 Wu X D, Wen J G, Xiao Q, Wang J P, Ma D J and Lin X W. 2021. A
461 Multiscale Nested Sampling Method for representative albedo
462 observations at various pixel scales. IEEE Journal of Selected
463 Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing,
464 [DOI: 10.1109/JSTARS.2021.3105562] 479
465 Wu X D, Wen J G, Xiao Q and You D Q. 2020. Upscaling of single
466 site-based measurements for validation of long-term coarse
467 pixel albedo products. IEEE Transactions on Geoscience and
468 Remote Sensing. 58(5), 3411-3425
- 469 You D Q, Wen J G, Xiao Q, Liu Q, Liu Q, Tang Y, Dou B C and Peng
470 J J. 2015. Development of a High Resolution BRDF/Albedo
471 Product by Fusing Airborne CASI Reflectance with MODIS
472 Daily Reflectance in the Oasis Area of the Heihe River Basin,
473 China. Remote Sensing.7(6): 6784-6807
- 474 Zhang R H, Tian J, Li Z L, Su H B and Chen S H. 2010. Principles
475 and methods for the validation of quantitative remote sensing
476 products. Sci China Earth Sci. 40(2):211-222. (张仁华, 田静,
477 李召良, 苏红波, 陈少辉. 2010. 定量遥感产品真实性检验
478 的基础与方法. 中国科学: 地球科学,40(2):211-222.)
- 479 2018 China satellite application report of high-resolution earth
480 observation system(common products), 2018, China national
481 space administration, (2018 中国高分卫星应用报告(共性产
482 品卷),2018, 国家航天局.)

483 **Technology system for product validation and algorithm test of Gaofen**

484 **common products and an application example**

485 Wen Jianguang^{1, 2}, Xiao Qing^{1, 2}, Zhong Shouyi¹, Tang Yong¹, Chen Xi¹, Wei Qiu fang¹, Wu Xiaodan³, Lin Xingwen⁴, Ouyang
486 Xiaoying¹, You Dongqin¹, Liu Qinhuo^{1, 2}

487
488 *1. State Key Laboratory of Remote Sensing Science, Aerospace Information Research Institute, Chinese Academic of*
489 *Sciences, Beijing 100101, China;*

490 *2. College of Resources and Environment, University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China;*

491 *3. College of Earth and Environmental Sciences, Lanzhou University, Lanzhou, 730000, China.*

492 *4. College of Geography and Environmental Sciences, Zhejiang Normal University, Jinhua, 321004, China;*

493 **Objective**

494 With the development of China high-resolution earth observation system (referred to as Gaofen), the
495 common products, as well as the standard products and specific products play an important role in remote
496 sensing applications of Gaofen data. Especially, the common products promote remote sensing
497 applications as the bridge between the Gaofen standard products and specific products. However, Gaofen
498 common products are derived by retrieval, and inevitable errors to bring great uncertainty to the followed-
499 up remote sensing applications. Thus, the retrieval algorithms of Gaofen common products should be

500 tested and the products themselves should be validated in order to ensure the quality of Gaofen common
501 products.

502 Method

503 This paper expounds the relationship between the algorithm test and product validation, as well as the test
504 and validation technology system. Algorithm test and product validation are at the two ends of the
505 common products generating process. A complete algorithm test process of common products mainly
506 includes the establishment of algorithm test index system, the construction of index calculation method,
507 the preparation of test dataset, the algorithm running and index calculation, and finally the writing of
508 algorithm test report. And all the generated common products should be validated by using the referenced
509 truth data through suitable methods. And thus, a service platform of Gaofen common product validation
510 and algorithm test were implemented to achieve these two functions.

511 Result

512 Through literature research, expert consultation and questionnaire investigation, the test index system of
513 Gaofen common product algorithm is constructed with 4 primary indexes and 10 secondary indexes. As
514 an example, the land surface albedo retrieval algorithm is tested to show the feasibility of algorithm test
515 in the service platform. The results show it can support the validation and algorithm test of Gaofen
516 common products in China.

517 Conclusion

518 Algorithm test and the product validation technology system and its service platform are of great
519 importance for quality controlling in the generating of Gaofen common products. The validation and
520 algorithm test of Gaofen common products is a systematic project. It requires the joint cooperation of
521 multiple communities to collect the sample data and referenc data through the continuous field observation,
522 which is an important foundation of validation and algorithm test for common products.

523

524 **Key words:** Gaofen satellite, product validation, algorithm test, common product, land surface albedo.

525 **Supported by:** The China high-resolution earth observation system(NO.21-Y20B01-9001-19/22、 21-
526 Y20B02-9003-19/22)