



文献 CSTR:

32001.14.11-6035.ncdc.2021.0017.zh

文献 DOI:

10.11922/11-6035.ncdc.2021.0017.zh

数据 DOI:

10.11866/db.loess.2021.008

10.11866/db.loess.2021.010

10.11866/db.loess.2021.011

10.11866/db.loess.2021.012

10.11866/db.loess.2021.013

10.11866/db.loess.2021.004

10.11866/db.loess.2021.005

10.11866/db.loess.2021.006

10.11866/db.loess.2021.009

10.11866/db.loess.2021.014

10.11866/db.loess.2021.015

文献分类: 地球科学

收稿日期: 2021-09-23

开放同评: 2021-11-13

录用日期: 2022-02-18

发表日期: 2022-11-14

* 论文通信作者

史海静: shihaijingcn@nwafu.edu.cn

黄河流域 12.5 米分辨率地形因子数据集

姜艳敏^{1,2,3}, 史海静^{1,2,4*}, 张少伟⁵, 税军峰^{1,4}, 曹晓萍^{1,4}, 郑诚⁶

1. 西北农林科技大学水土保持研究所, 陕西杨陵 712100
2. 中国科学院水利部水土保持研究所, 陕西杨凌 712100
3. 中国科学院大学, 北京 100049
4. 国家科技基础条件平台国家地球系统科学数据中心, 北京 100049
5. 自然资源部陕西基础地理信息中心, 西安 710054
6. 西北农林科技大学草业与草原学院, 杨陵 712100

摘要: 黄河流域地形复杂、气候差异大, 是我国水土保持及生态保护的重点地区, 地形因子的变化对黄河流域水土流失防治及植被恢复具有重要的意义。本研究基于 ALOS 12.5 m DEM 数据, 通过预处理、分幅、投影、地形指标计算等, 获得了黄河流域坡度、坡向、综合曲率、平面曲率、剖面曲率、坡向变率、坡度变率、地形起伏度、地表粗糙度、地表切割深度和高程变异系数 11 项地形因子数据。经 GLA14 测高数据验证, ALOS 12.5 m DEM 数据具有较高的绝对垂直精度, 且它对地形的表达能力远高于 GDEM 30 m 和 STRM 90 m 分辨率的 DEM 数据。本数据集可为黄河流域地区植被恢复、土壤侵蚀定量评价及陆地水文分析等科学研究提供数据支撑。

关键词: 黄河流域; 地形因子; DEM 数据

数据库(集)基本信息简介

数据库(集)名称	黄河流域12.5米分辨率地形因子数据集
数据作者	姜艳敏、史海静、张少伟、税军峰、曹晓萍、郑诚
数据通信作者	史海静 (shihaijingcn@nwafu.edu.cn)
数据时间范围	2015年
地理区域	中国黄河流域, 地理范围包括32° 9′–42° 50′N, 96° 52′–119° 3′E
空间分辨率	12.5 m
数据量	617.6 GB
数据格式	TIFF
数据服务系统网址	http://www.dx.doi.org/10.11866/db.loess.2021.008 (高程变异系数) http://www.dx.doi.org/10.11866/db.loess.2021.010 (坡度) http://www.dx.doi.org/10.11866/db.loess.2021.011 (坡度变率) http://www.dx.doi.org/10.11866/db.loess.2021.012 (坡向) http://www.dx.doi.org/10.11866/db.loess.2021.013 (坡向变率) http://www.dx.doi.org/10.11866/db.loess.2021.004 (地表粗糙度) http://www.dx.doi.org/10.11866/db.loess.2021.005 (地表切割深度)

数据服务系统网址	http://www.dx.doi.org/10.11866/db.loess.2021.006 （地形起伏度） http://www.dx.doi.org/10.11866/db.loess.2021.009 （平面曲率） http://www.dx.doi.org/10.11866/db.loess.2021.014 （剖面曲率） http://www.dx.doi.org/10.11866/db.loess.2021.015 （综合曲率）
基金项目	国家科技基础条件平台建设项目（2005DKA32300）；中国科学院西部之光“西部青年学者”项目（XAB2020YN04）。
数据库（集）组成	本数据集包括11个数据文件，分别为：黄河流域12.5米分辨率（1）高程变异系数数据集；（2）坡度数据集；（3）坡度变率数据集；（4）坡向数据集；（5）坡向变率数据集；（6）地表粗糙度数据集；（7）地表切割深度数据集；（8）地形起伏度数据集；（9）平面曲率数据集；（10）剖面曲率数据集；（11）综合曲率数据集。每个数据文件包含22个分幅数据，每个分幅数据命名为：***_N%%E###，***代表地形因子种类，%%代表纬度，###代表经度。如：Curvature_N30E099.tif, Curvature_N30E102.tif ... Curvature_N39E111.tif。

引言

黄河流域（32°9′–42°50′N，96°52′–119°3′E）从西到东横跨青藏高原、内蒙古高原、黄土高原和黄淮海平原四个地貌单元，东西部空间变化尺度差异明显。然而，黄河流域水土流失加剧，生态环境破坏严重，已经成为我国乃至世界上水土保持和生态建设的重点区域^[1]。自一系列水土保持治理措施实施以后，黄河流域生态环境虽得到改善，该地区仍属于生态环境脆弱区域^[2]。地形复杂的特点对黄河流域生态环境修复和资源配置具有重要的影响。因此，精准掌握该区的地形空间变化格局，对于黄河流域植被恢复、水土保持等治理具有重要的支持作用。

地形地貌是最重要、最基本的自然地理要素^[3]，不仅决定着地表物质迁移与能量转换形式，而且对区域水土流失的发生造成直接的影响^[4]。基于地理信息技术对地形因子的提取是分析地形特征的主要手段^[5]。然而，高分辨率的数字高程模型（Digital Elevation Model，简称 DEM）数据是地形特征信息获取的重要前提。近年来，覆盖全球范围的免费 DEM 数据被广泛应用，主要有 SRTM (The Shuttle Radar Topography Mission)，ASTER GDEM（Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer Global Digital Elevation Model）和 AW3D30（ALOS World 3D）等^[6-8]。相较于这些 DEM 数据而言，ALOS（Advanced Land Observing Satellite）12.5 m DEM 数据以较高的分辨率，在地形表达方面更具有优势。

基于此，本文采用 ALOS 12.5 m 分辨率的 DEM 数据，在 ArcGIS 10.2 环境下，通过对数据中存在的空洞区域的填补、分幅、投影、镶嵌地形指标计算等处理，提取了黄河流域坡度、坡向、综合曲率、平面曲率、剖面曲率、坡向变率、坡度变率、地形起伏度、地表粗糙度、地表切割深度和高程变异系数 11 项地形因子。为黄河流域区域土壤侵蚀定量评价、陆地水文分析、植被恢复等研究提供更精准的数据支持。

1 数据采集和处理方法

1.1 数据源

本数据集是基于 ALOS 12.5 m DEM 数据计算得到。该数据是日本 ALOS 卫星 PALSAR 传感器 L 波段合成孔径雷达 (SAR) 产生的全天候观测成果。数据源的获取时间为 2006–2011 年, 发布时间为 2015 年, 数据集生产时间为 2020 年。由美国国家航空航天局 (National Aeronautics and Space Administration, 简称 NASA) 阿拉斯加卫星设备 (Alaska Satellite Facility, 简称 ASF) 分布式活动档案中心 (Distributed Active Archive Centers, 简称 DAAC) 的网站中 (<https://search.asf.alaska.edu/#/>) 免费下载获取。用于裁切 DEM 的黄河流域边界 (图 1) 来源于国家地球系统科学数据中心黄土高原分中心 (<http://loess.geodata.cn/>)。

同时本研究使用 ICESat (Ice, Cloud and land Elevation Satellite) 激光测高卫星搭载的 GLAS (Geoscience Laster Altimeter System) 激光雷达测高系统获取的 GLA14 (GLAS/ICESat L2 Global Land Surface Altimetry Data, 第 34 版) 测高数据对 ALOS 12.5 m DEM 数据集的绝对垂直精度进行评估。GLA14 数据的获取时间为 2003–2009 年。该数据由美国国家冰雪数据中心 (National Snow and Ice Data Center, NSIDC) 发布, 数据的下载地址为: <https://nsidc.org/node/15993>。

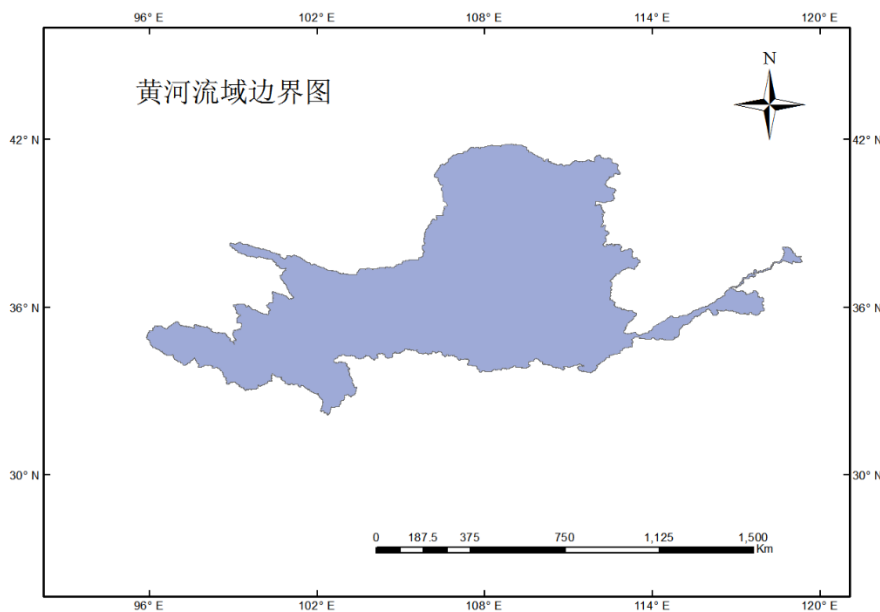


图 1 黄河流域边界图

Figure 1 Boundary diagram of the Yellow River Basin

1.2 数据处理

1.2.1 预处理

首先对 ALOS 12.5 M DEM 进行镶嵌, 由于数据量较大, 镶嵌操作时每个镶嵌块数据小于 5 GB, 通过查看各镶嵌块找出异常数据。对于数据中存在的空洞区域 (不足研究区域的 0.1%), 使用 30 米分辨率 Aster GDEM 进行填补。由于二者之间存在一定高差, 在填补时需要调整 Aster DEM 进行调整,

在边缘重叠区域选取若干点位计算高差平均值，利用平均值调整 Aster GDEM 后，使高程值与 12.5 M DEM 的高程值匹配，进行填补。调整后的高差范围约 0–2 米（图 2）。

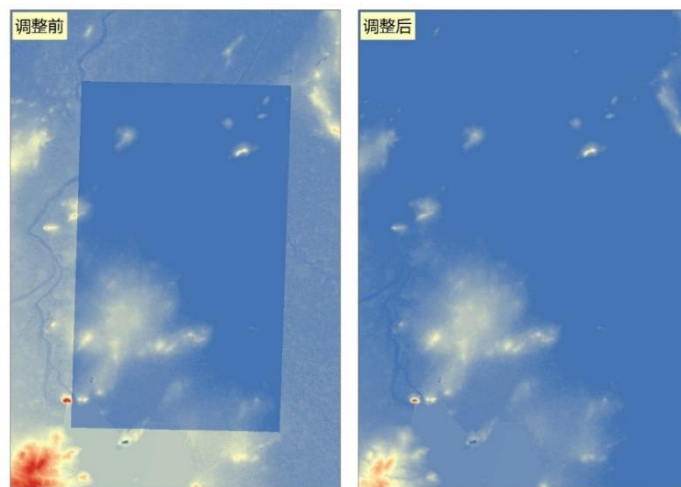


图 2 高程调整示意图

Figure 2 Schematic diagram of elevation adjustment

1.2.2 分幅

为了便于使用和管理，对数据进行镶嵌后，按 $3^{\circ} \times 3^{\circ}$ 网格进行分幅，黄河流域范围纬度为 $30^{\circ} - 42^{\circ} \text{ N}$ ， $93^{\circ} - 120^{\circ} \text{ E}$ ，涉及的数据源共 22 个图幅（图 3），每个图幅按左下角的坐标来命名，如 N36 E117.tif，表示分幅 $36^{\circ} - 39^{\circ} \text{ N}$ 、 $117^{\circ} - 120^{\circ} \text{ E}$ 分块。对于镶嵌的重叠区域采用最大值法进行覆盖，分幅时采取 1000 m 重叠带。

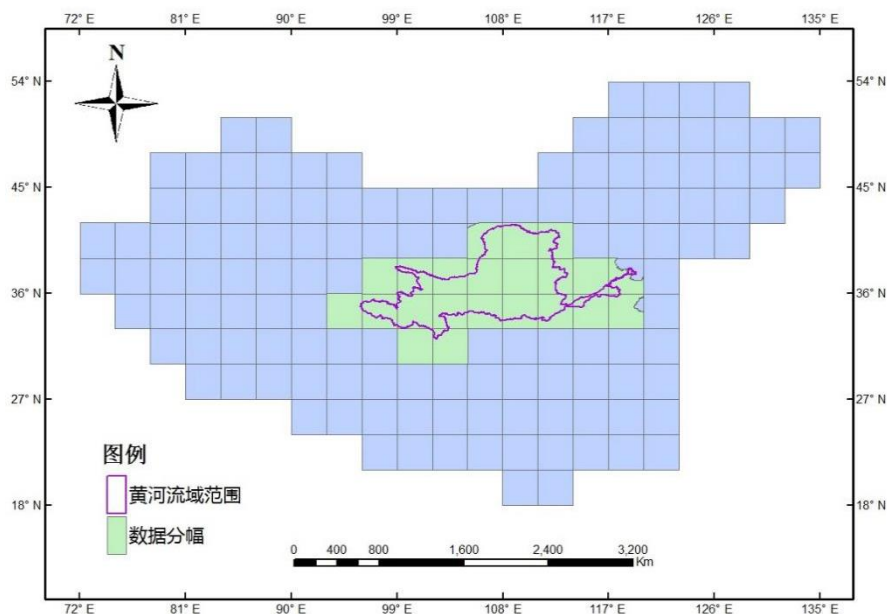


图 3 数据分幅示意图

Figure 3 Schematic diagram of data framing

1.2.3 投影

地理坐标系是一种球面坐标系，由于地球表面上的点不能直接表示在平面上，因此必须建立地球表面和平面上的函数关系，这个过程就叫做地图投影。为了减小地图投影误差，本数据集采用 UTM (Universal Transverse Mercator) 坐标系投影，椭球体为 WGS-1984，采用 6° 分带，黄河流域区域涉及 47–50 四个投影带。投影和镶嵌过程中的重采样方法均为最邻近法，采样分辨率确定为 12.5 m，该方法简单高效、运算速度快，且不会改变原始影像栅格值。

1.2.4 地形因子计算

地形因子表示地形表面的基本特征，但很难用一种地形因子准确具体地表达地形的特征。为此，基于 12.5 m DEM 提取了包括坡度、坡向、综合曲率、平面曲率、剖面曲率、坡向变率、坡度变率、地表粗糙度、地形起伏度、地表切割度、高程变异系数 11 种地形因子（表 1），每个地形因子在研究地形变化中都有重要的应用价值。

坡度：表示了该局部地表坡面的倾斜程度。坡度大小直接影响着地表物质流动与能量转换的规模与强度，是制约生产力空间布局的重要因子。基于 DEM 的坡度提取在 3°×3° 的 DEM 栅格分析窗口中，采用几何平面来拟合或差分计算的方法进行。分析窗口在 DEM 数据矩阵中连续移动完成整个区域的计算工作。

坡向：是决定地表面局部地面接收阳光和重新分配太阳辐射量的重要地形因子之一，直接造成局部地区气候特征的差异。同时，也直接影响到诸如土壤水分、地面无霜期以及作物生长适宜性程度等多项重要的农业生产指标。对于地面任何一点来说，坡向表征了该点高程值改变量的最大变化方向。坡向值有如下规定：正北方向为 0 度，按顺时针方向计算，取值范围为 0°~360°。

综合曲率：曲率函数显示坡度的形状或曲率。曲率通过表面的二阶导数计算得出。曲率函数的输出可用于描述流域盆地的物理特征，从而便于理解侵蚀过程和径流形成过程。曲率值可用于发现土壤侵蚀模式以及陆地上水域的分布。

平面曲率：指在地形表面上，具体到任何一点，经过该点的水平面沿水平方向切地形表面所得的曲线在该点的曲率值。平面曲率描述的是地表曲面沿水平方向的弯曲、变化情况，也就是该点所在的微小范围内坡向变化程度的度量。平面曲率影响流动的汇聚和分散。

剖面曲率：是对地面坡度的沿最大坡降方向地面高程变化率的度量。剖面曲率将影响流动的加速和减速，进而将影响到侵蚀和沉积。

坡向变率：指在地表的坡向提取基础之上，进行对坡向变化率值的二次提取，亦即坡向之坡度。地面坡向变率在所提取的地表坡向矩阵的基础上沿袭坡度的求算原理，提取地表局部微小范围内坡向的最大变化情况。

坡度变率：是地面坡度在微分空间的变化率，是依据坡度的求算原理，在所提取的坡度值的基础上对地面每一点再求算一次坡度。

地表粗糙度：是反映地表的起伏变化和侵蚀程度的指标，一般定义为地表单元的曲面面积 S 曲面与其在水平面上的投影面积 S' 水平之比。地表粗糙度能够反映地形的起伏变化和侵蚀程度的宏观地形因子。在区域性研究中，地表粗糙度是衡量地表侵蚀程度的重要量化指标，在研究水土保持及环境监测时研究地表粗糙度也有很重要的意义。

地形起伏度：是指在所指定的分析区域内所有栅格中最大高程与最小高程的差。地形的起伏是反映地形起伏的宏观地形因子，在区域性研究中，利用 DEM 数据提取地形起伏度能够直观地反映地形起伏特征。在水土流失研究中，地形起伏度指标能够反映水土流失类型区的土壤侵蚀特征，比较适合区域水土流失评价的地形指标。

地表切割深度：是指地面某点的邻域范围的平均高程与该邻域范围内的最小高程的差值。地表切割深度直观地反映了地表被侵蚀切割的情况并对这一地学现象进行了量化，是研究水土流失及地表侵蚀发育状况时的重要参考指标，其提取算法可参照地表起伏度的提取。

高程变异系数：高程变异是反映分析区域内地表单元格网各顶点高程变化的指标，它以格网单元顶点的标准差与平均高程的比值来表示。

表 1 地形指标的计算

Table 1 Calculation of terrain indices

数据集	计算方法	说明
坡度	从该像元到与其相邻的像元方向上的最大变化率	-
坡向	像元到其相邻像元方向上值的变化率最大的下坡方向	正北方向为 0 度，按顺时针方向计算，取值范围为 0°~360°
综合曲率	地形表面的二阶导数，通过将该像元与八个相邻像元拟合而得	平缓地貌期望值介于-0.5 至 0.5 之间；山势陡峭 极端地貌期望值介于-4 至 4 之间
平面曲率	剖面曲率沿最大坡度的方向	
剖面曲率	平面曲率垂直于最大坡度的方向	
坡向变率	坡度在水平方向上的变率	在山地、丘陵地区坡向变率较大可以反映山脊线、山谷线
坡度变率	坡度在水平方向上的变率	
地表粗糙度	特定区域内地球表面积与其投影面积之比	在 3×3 窗口的近似方法 $1/\cos(\text{slope} \times \pi/180)$
地形起伏度	max-min	使用邻域法计算，邻域范围采用 20 公顷左右，对应 36×36 窗口，参考《资源环境承载能力和国土空间开发适宜性评价指南（试行）》 ^[9]
地表切割深度	mean-min	
高程变异系数	std/mean	

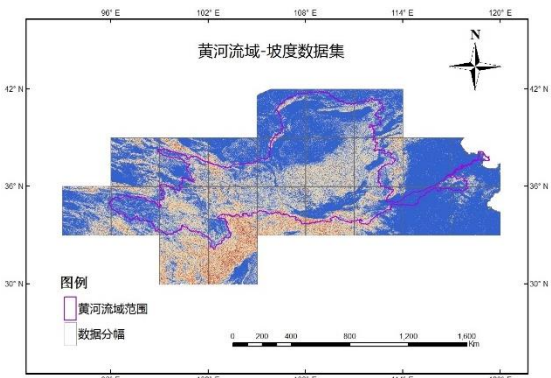
2 数据样本描述

本数据集包含 11 个黄河流域地形因子数据子集（表 2），每个子集存放在独立文件夹中，数据集命名方式为：Surface_***_HuangRiver，***代表地形因子的种类，每个文件夹里包含 22 个分幅数据，每个分幅数据命名为：***_N%%E###，%%代表纬度，###代表经度。图 4（a-h）为黄河流域高程和 11 个地形因子数据图层。

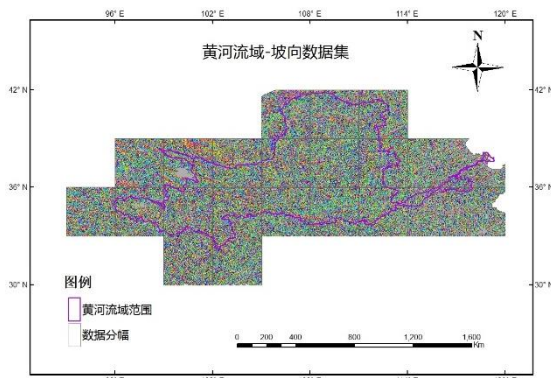
表 2 数据集命名

Table 2 Dataset naming

序号	文件夹	子数据集名称
1	Surface_Slope_HuangRiver	黄河流域地形因子（坡度）数据集
2	Surface_Aspect_HuangRiver	黄河流域地形因子（坡向）数据集
3	Surface_Curvature_HuangRiver	黄河流域地形因子（综合曲率）数据集
4	Surface_Plan_curve_HuangRiver	黄河流域地形因子（平面曲率）数据集
5	Surface_Profile_curve_HuangRiver	黄河流域地形因子（剖面曲率）数据集
6	Surface_SlopeOfAspect_HuangRiver	黄河流域地形因子（坡向变率）数据集
7	Surface_SlopeOfSlope_HuangRiver	黄河流域地形因子（坡度变率）数据集
8	Surface_Relief_HuangRiver	黄河流域地形因子（地形起伏度）数据集
9	Surface_Roughness_HuangRiver	黄河流域地形因子（地表粗糙度）数据集
10	Surface_CuttingDepth_HuangRiver	黄河流域地形因子（地表切割深度）数据集
11	Surface_CoefficientOfVariation_HuangRiver	黄河流域地形因子（高程变异系数）数据集



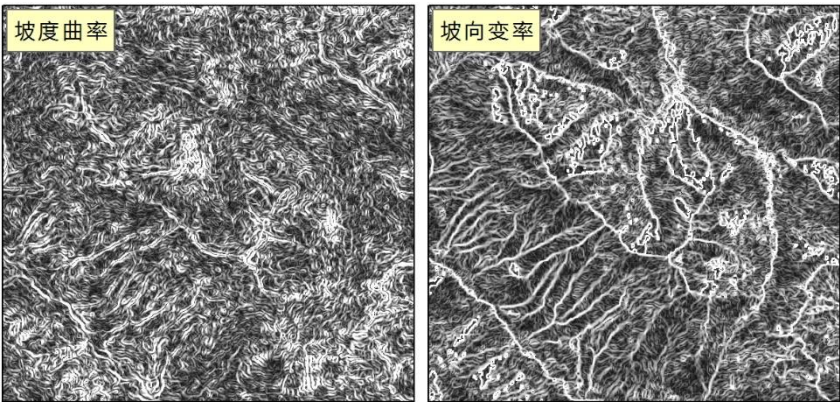
(a) 黄河流域坡度图



(b) 黄河流域坡向图

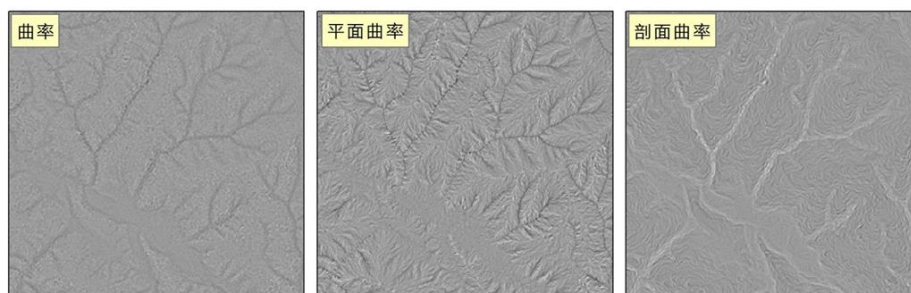
(a) Slope diagram of the Yellow River Basin

(b) Slope aspect diagram of the Yellow River Basin



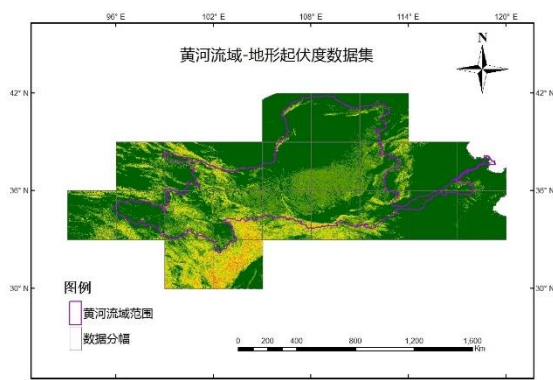
(c) 黄河流域坡度曲率与坡向变率图

(c) Slope curvature and aspect variability diagrams of the Yellow River Basin



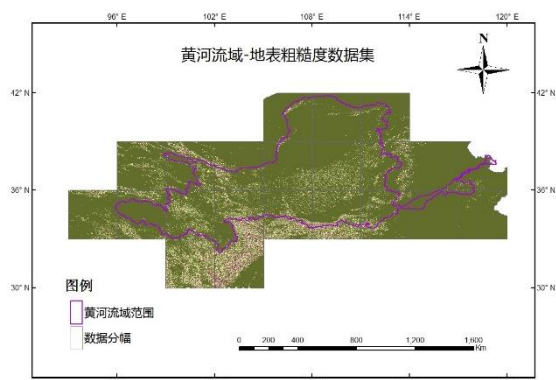
(d) 黄河流域曲率、平面曲率及剖面曲率图

(d) Curvature, plane curvature and section curvature diagrams of the Yellow River Basin



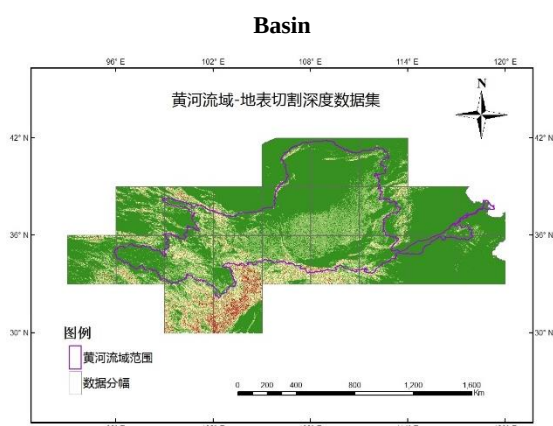
(e) 黄河流域地形起伏度图

(e) Topographic relief diagram of the Yellow River



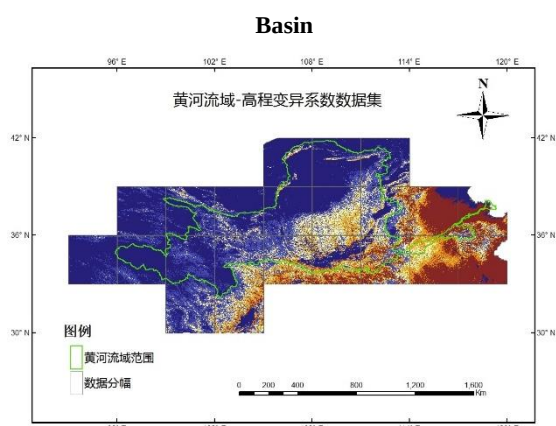
(f) 黄河流域地表粗糙度图

(f) Surface roughness diagram of the Yellow River



(g) 黄河流域地表切割深度图

(g) Surface cutting depth diagram of the Yellow River



(h) 黄河流域高程变异系数图

(h) The elevation variation coefficient diagram of the Yellow River Basin

图 4 黄河流域地形因子图

Figure 4 Topographic factor diagrams of the Yellow River Basin

3 数据质量控制和评估

3.1 绝对垂直精度

由于采用了高精度波形采集设备、高效回波处理算法和精密定姿定位设备，GLA14 数据的平面

精度为 10 m，垂直精度可以达到 15 cm^[10]，并且已经有大量相关的分析处理和应用研究证明它的精度优势^[11-13]。因此，为了验证本数据的可靠性，利用 GLA14 测高数据对黄河流域 ALOS 12.5 m 分辨率 DEM 数据精度进行评价。首先在 ArcGIS 中将 GLA14 测高数据统一到 ALOS 12.5 m DEM 数据的投影系统下，然后提取 GLA14 点位置对应的 ALOS 12.5 m 分辨率 DEM 数据的高程值。以 GLA14 数据的高程为参考值，计算 ALOS 12.5 m 分辨率 DEM 数据的绝对垂直误差，并以 ±50 m 为阈值对 GLA14 测高数据进行粗差剔除。在剔除之前，共选取 36764 个 GLA14 轨道点，剔除粗差后共有 33709 个数据点参与 ALOS 12.5 m 分辨率 DEM 数据的精度评价，经过黄河流域的部分数据轨道见图 5。

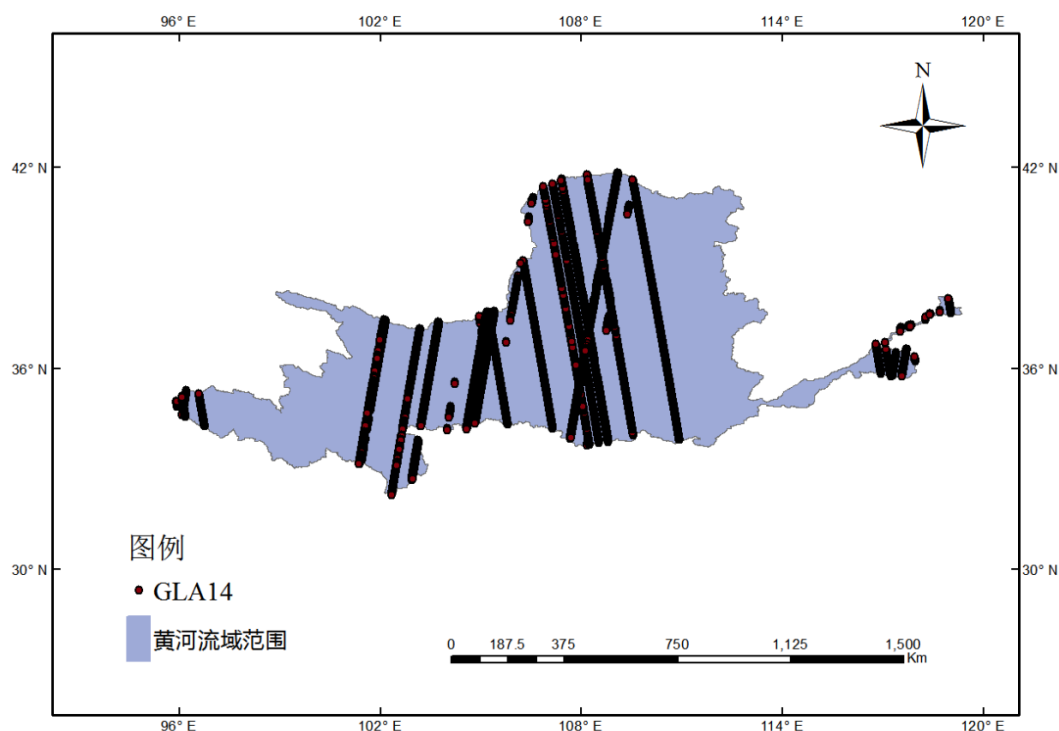


图 5 GLA14 部分测高数据轨道

Figure 5 Part of the GLA14 altimetry data track

将 GLA14 测高数据与 ALOS 12.5 m DEM 数据的高程值进行回归分析，结果显示，GLA14 测高数据与 ALOS 12.5 m DEM 数据的高程值具有较好的线性关系（图 6），决定系数为 0.9996。并对 GLA14 测高数据与 ALOS 12.5 m DEM 数据之间的绝对垂直误差进行统计，统计参数包括平均误差、绝对误差均值、标准差和均方根误差。平均误差可以反映两种数据高程点误差的整体趋势；绝对误差均值可以避免计算过程中正负值互相抵消的情况；标准差能反映一个数据集的离散程度；而均方根误差是用来衡量观测值同真值之间的偏差。GLA14 测高数据与 ALOS 12.5 m DEM 数据高程值的平均误差为 0.226 m，绝对误差均值为 3.716 m，标准差为 6.065 m，均方根误差为 0.033 m。两种数据的误差频率分布直方图见图 7，可以看出，误差较小且分布比较集中。因此，综上所述，ALOS 12.5 m DEM 数据值具有较高的绝对垂直精度。

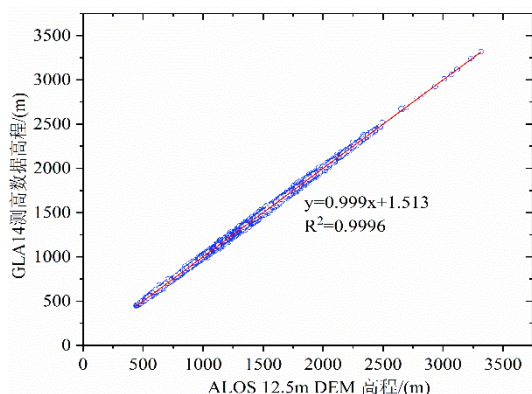


图6 GLA14 测高数据和 ALOS 12.5 m DEM 数据回

归关系图

Figure 6 Regression correlation between GLA14 altimetry data and ALOS 12.5 m DEM data

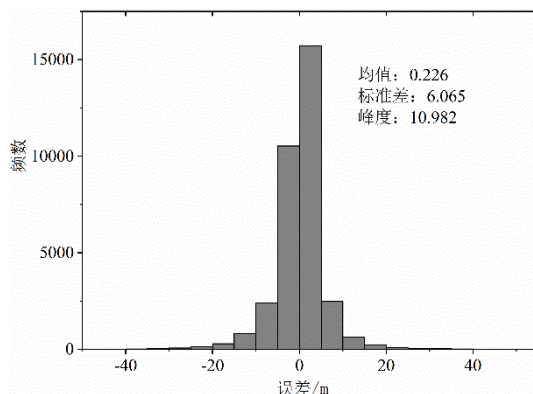


图7 误差频率分布图

Figure 7 Distribution diagram of error frequency

3.2 不同分辨率 DEM 比较

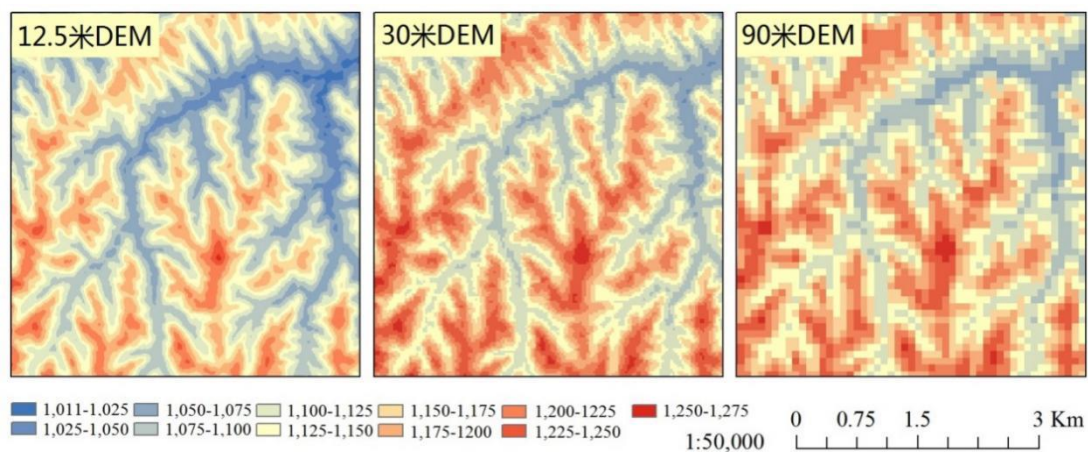
与同期的 GDEM 30 m 和 STRM 90 m 分辨率的 DEM 数据进行对比分析,来验证黄河流域 ALOS 12.5 m 分辨率 DEM 数据的精度。图 8a 和 8b 分别为同一区域内三种不同分辨率的 DEM 和立体阴影对比图。从图中可以观察到, ALOS 12.5 m 数据在细节上对地形的表达能力高于 GDEM 和 SRTM 数据,能够更好地反映地面的沟谷状况。

地形因子是地形的一个重要表达方式,研究地形的表达能力,可以通过获取其地形指标来分析。由于数据集中涵盖的地形因子较多,此处仅选三种地形因子来对比验证三种不同分辨率 DEM 的差异,分别为等高线、坡度和粗糙度因子(图 8c - 8e)。从图中可以看出,随着分辨率的降低,坡度和等高线逐渐粗略,对地形的表达能力降低。表 3 是对所选样区内坡度及粗糙度的最大值、最小值、平均值及标准差的统计结果。表 3 显示,随着 DEM 分辨率的降低,样区所覆盖的栅格数量明显减少,两种地形因子的最大值、平均值及标准差也都降低。这说明整体坡度变缓,并且坡度的变动范围更小,坡度分布更趋于集中,坡度值被综合,地形整体趋于平坦化;随着 DEM 分辨率的降低,地表粗糙程度下降,忽略了地形的真实特征,对地形的描述能力降低。因此, ALOS 12.5 m DEM 数据比 GDEM 30 m 和 STRM 90 m 分辨率的 DEM 数据具有更高的精度。

表3 坡度和粗糙度的统计结果

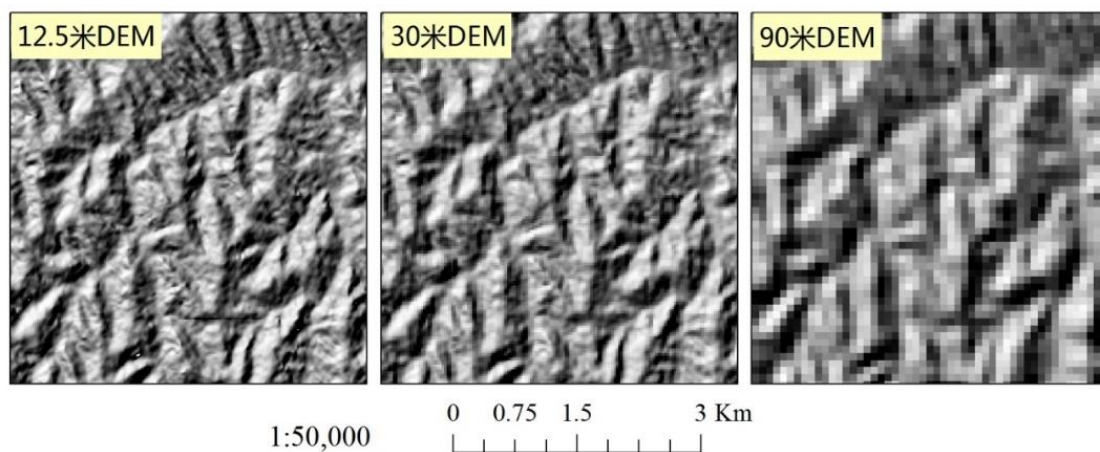
Table 3 Statistical results of slope and roughness

项目	数据类型	数量	最小值	最大值	平均值	标准差
坡度	12.5 米 DEM	205208 个	0°	60.1°	21.2°	9.41°
	30 米 DEM	35532 个	0°	53.6°	19.9°	9.03°
	90 米 DEM	3969 个	0.3°	34.1°	13.3°	6.04°
粗糙度	12.5 米 DEM	205208 个	1	2.01	1.01	1.09
	30 米 DEM	35532 个	1	1.69	0.69	1.08
	90 米 DEM	3969 个	1	1.21	0.21	1.03



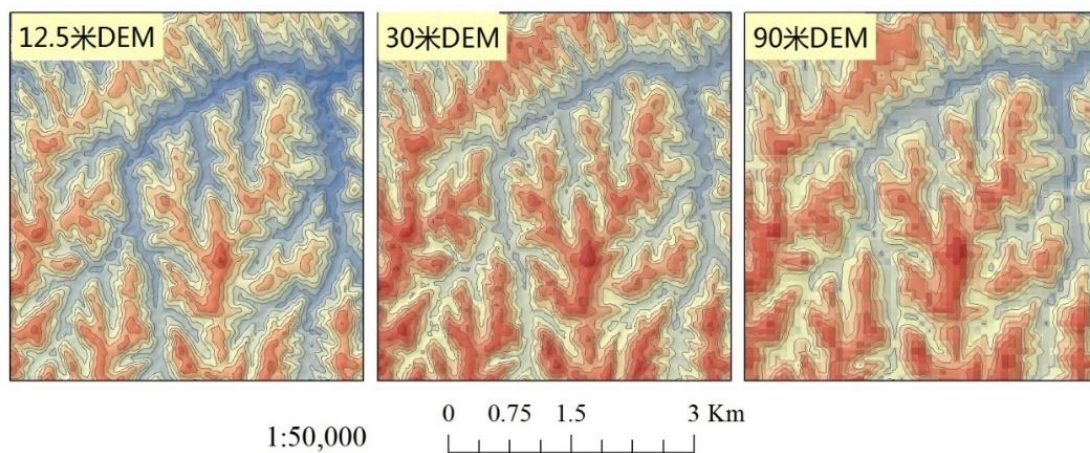
(a) DEM 对比图

(a) Comparison of DEMs with different resolutions



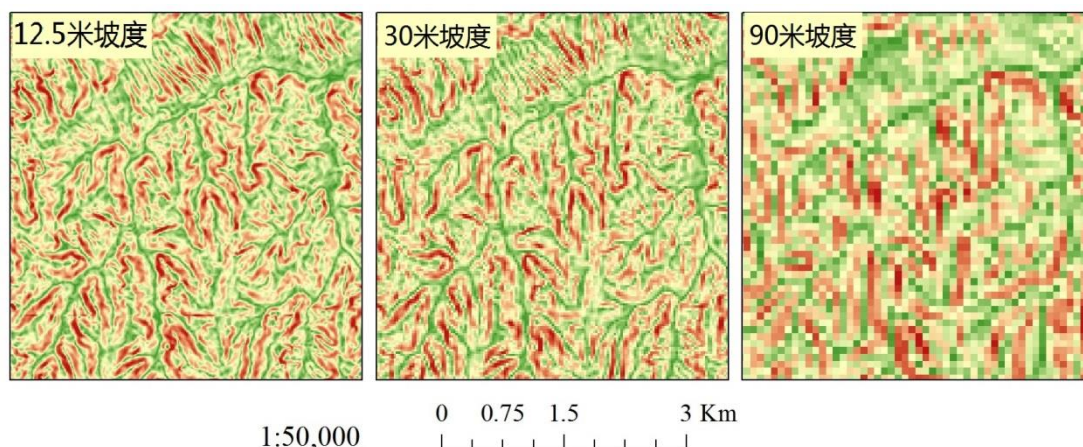
(b) DEM 立体对比图

(b) Stereo comparison of DEMs with different resolutions



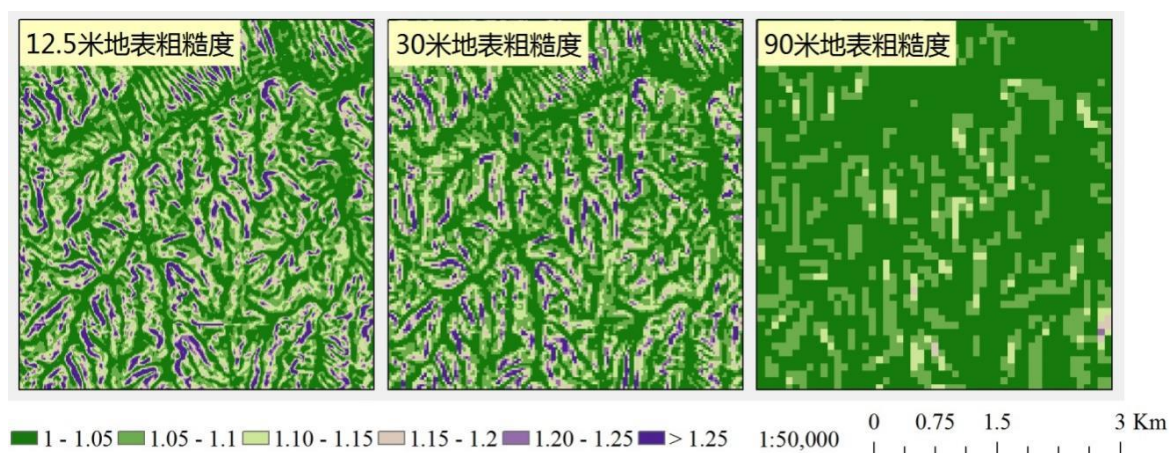
(c) 等高线对比图

(c) Comparison of contours derived by different DEMs



(d) 坡度对比图

(d) Comparison of slopes derived by different DEMs



(e) 粗糙度对比图

(e) Comparison of surface roughness derived by different DEMs

图 8 不同 DEM 分辨率数据的对比

Figure 8 Comparison of topographic factors derived by DEMs with different resolutions

4 数据价值

本数据集是基于 12.5 m 分辨率 DEM 提取的黄河流域地形因子数据产品。经过与高精度的 GLA14 测高数据验证发现,该数据集高程值的绝对垂直误差精度较高,且它对地形的表达能力远高于 GDEM 30 m 和 STRM 90 m 分辨率的 DEM 数据。作为揭示地形起伏变化与地貌发育内在规律的重要参数,地形因子对全球气候变化及植被的空间格局分布具有重要的影响,地形因子可以用来描述地面的复杂度,是地表形态分析的主要组成部分。本数据集可为黄河流域土壤侵蚀定量评价、土地利用空间分布格局及植被类型分布及陆地水文分析等科学研究提供数据支撑。

5 数据使用方法和建议

本数据已在国家地球系统科学数据中心—黄土高原分中心 (<http://loess.geodata.cn>) 发布并提供共享服务。用户注册成功并登录系统后, 进入平台查询搜索, 根据需要下载数据即可。ArcMap 等 GIS 软件或 ENVI、PIE 等软件均支持该数据的读取、编辑和统计分析等操作。

致 谢

感谢国家地球系统科学数据中心—黄土高原分中心 (<http://loess.geodata.cn>) 提供数据和技术支撑。

数据作者分工职责

姜艳敏 (1994—), 河南人, 博士研究生, 研究方向为土壤侵蚀监测与评价。主要承担工作: 基础数据收集, 数据论文撰写。

史海静 (1983—), 陕西人, 博士, 副研究员, 研究方向为地形复杂区环境异质性研究, 水土保持和 GIS 应用, 以及数据挖掘。主要承担工作: 数据生产总体设计, 数据质量控制, 数据论文修改。

张少伟 (1985—), 陕西人, 硕士, 工程师, 从事遥感与科学数据处理工作。主要承担工作: 基础数据处理和加工。

税军峰 (1973—), 陕西人, 博士, 实验师, 从事科学数据管理工作。主要承担工作: 基础数据收集, 数据加工。

曹晓萍 (1963—), 陕西人, 硕士, 高级实验师, 从事科学数据管理工作。主要承担工作: 基础数据收集, 数据质量控制。

郑诚 (1994—), 山西人, 博士研究生, 研究方向为植被恢复与模型构建。主要承担工作: 数据论文图表和文件检查。

参考文献

- [1] FU B J, LIU Y, LÜ Y, et al. Assessing the soil erosion control service of ecosystems change in the Loess Plateau of China[J]. Ecological Complexity, 2011, 8(4): 284–293. DOI:10.1016/j.ecocom.2011.07.003.
- [2] WAN J Z, WANG C J, YU J H, et al. Developing conservation strategies for *Pinus koraiensis* and *Eleutherococcus senticosus* by using model-based geographic distributions[J]. Journal of Forestry Research, 2016, 27(2): 389–400. DOI:10.1007/s11676-015-0170-5.
- [3] 汤国安. 我国数字高程模型与数字地形分析研究进展[J]. 地理学报, 2014, 69(9): 1305–1325. DOI:10.11821/dlxb201409006. [TANG G A. Progress of DEM and digital terrain analysis in China[J]. Acta Geographica Sinica, 2014, 69(9): 1305–1325. DOI:10.11821/dlxb201409006.]
- [4] 火红, 韩磊, 奥勇, 等. 基于高程和坡度分级的延安市土地利用格局研究[J]. 人民黄河, 2021, 43(6): 112–117. DOI:10.3969/j.issn.1000-1379.2021.06.022. [HUO H, HAN L, AO Y, et al. Spatial and temporal characteristics of land use pattern in Yan'an city based on terrain gradient[J]. Yellow River,

- 2021, 43(6):112–117. DOI:10.3969/j.issn.1000-1379.2021.06.022.]
- [5] 徐珍, 蒋婷, 黎武, 等. 基于 DEM 的赣州市水土流失地形因子的提取与分析[J]. 安徽农学通报, 2017, 23(11): 104 – 106, 114. DOI:10.16377/j.cnki.issn1007-7731.2017.11.036. [XU Zhen, JIANG Ting, LI Wu, et al. Analysis and selection of topographical indices influencing soil loss in Ganzhou City[J]. Anhui Agricultural Science Bulletin, 2017, 23(11): 104–106, 114. DOI:10.16377/j.cnki.issn1007-7731.2017.11.036.]
- [6] 魏德宏, 崔家武. 不同地形条件下的 AW3D30、SRTM3 和 ASTERGDEM 高程精度分析[J]. 广东工业大学学报, 2021, 38(3): 91–96. DOI:10.12052/gdutxb.200152. [WEI D H, CUI J W. An elevation accuracy analysis of AW3D30, SRTM3 and ASTER GDEM under different terrain conditions[J]. Journal of Guangdong University of Technology, 2021, 38(3): 91–96. DOI:10.12052/gdutxb.200152.]
- [7] 於佳宁, 等. 中国区域 TanDEM-X 90 m DEM 高程精度评价及其适用性分析[J]. 地球信息科学学报, 2021, 23(4): 646–657. [YU J N, LIU K, ZHANG B Y, et al. Vertical accuracy assessment and applicability analysis of TanDEM-X 90 m DEM in China[J]. Journal of Geo-Information Science, 2021, 23(4): 646–657.]
- [8] 王一泽, 王利, 何飞. NASADEM 和 ASTER GDEM V3 数据精度比较: 以大连市市内区域为例[J]. 科技创新与应用, 2021, 11(14): 1–7, 13. [WANG Y Z, WANG L, HE F. Comparative study of data accuracy from NASADEM and ASTER GDEM V3—a case study of the city of Dalian[J]. Technology Innovation and Application, 2021, 11(14): 1–7, 13.]
- [9] 自然资源部. 资源环境承载能力和国土空间开发适宜性评价指南 (试行). 2020.
- [10] 武文娇. 山西省典型全球开放 DEM 数据的对比分析[D]. 太原理工大学, 2018. [WU Wenjiao. Comparative analysis of typical global open DEM data of Shanxi Province [D]. Taiyuan: Taiyuan University of Technology, 2018.]
- [11] ZWALLY H J, SCHUTZ B, ABDALATI W, et al. ICESat's laser measurements of polar ice, atmosphere, ocean, and land[J]. Journal of Geodynamics, 2002, 34(3/4): 405–445. DOI:10.1016/S0264-3707(02)00042-X.
- [12] HAYASHI M, SAIGUSA N, OGUMA H, et al. Forest canopy height estimation using ICESat/GLAS data and error factor analysis in Hokkaido, Japan[J]. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 2013, 81: 12–18. DOI:10.1016/j.isprsjprs.2013.04.004.
- [13] 万杰, 廖静娟, 许涛, 等. 基于 ICESat/GLAS 高度计数据的 SRTM 数据精度评估: 以青藏高原地区为例[J]. 国土资源遥感, 2015, 27(1):100–105. DOI:10.6046/gtzyyg.2015.01.16. [WAN J, LIAO J J, XU T, et al. Accuracy evaluation of SRTM data based on ICESat/GLAS altimeter data: a case study in the Tibetan Plateau[J]. Remote Sensing for Land & Resources, 2015, 27(1):100–105. DOI:10.6046/gtzyyg.2015.01.16.]

论文引用格式

姜艳敏, 史海静, 张少伟, 等. 黄河流域 12.5 米分辨率地形因子数据集[J/OL]. 中国科学数据, 2022,

7(4). (2022-11-14). DOI: 10.11922/11-6035.ncdc.2021.0017.zh.

数据引用格式

- (1) 姜艳敏, 史海静, 张少伟, 等. 黄河流域 12.5 米分辨率地形因子(高程变异系数)数据集[DS/OL]. 黄土高原科学数据中心(<http://loess.geodata.cn>). DOI: 10.11866/db.loess.2021.008.
- (2) 姜艳敏, 史海静, 张少伟, 等. 黄河流域 12.5 米分辨率地形因子(坡度)数据集[DS/OL]. 黄土高原科学数据中心(<http://loess.geodata.cn>). DOI: 10.11866/db.loess.2021.010.
- (3) 姜艳敏, 史海静, 张少伟, 等. 黄河流域 12.5 米分辨率地形因子(坡度变率)数据集[DS/OL]. 黄土高原科学数据中心(<http://loess.geodata.cn>). DOI: 10.11866/db.loess.2021.011.
- (4) 姜艳敏, 史海静, 张少伟, 等. 黄河流域 12.5 米分辨率地形因子(坡向)数据集[DS/OL]. 黄土高原科学数据中心(<http://loess.geodata.cn>). DOI: 10.11866/db.loess.2021.012.
- (5) 姜艳敏, 史海静, 张少伟, 等. 黄河流域 12.5 米分辨率地形因子(坡向变率)数据集[DS/OL]. 黄土高原科学数据中心(<http://loess.geodata.cn>). DOI: 10.11866/db.loess.2021.013.
- (6) 姜艳敏, 史海静, 张少伟, 等. 黄河流域 12.5 米分辨率地形因子(地表粗糙度)数据集[DS/OL]. 黄土高原科学数据中心(<http://loess.geodata.cn>). DOI: 10.11866/db.loess.2021.004.
- (7) 姜艳敏, 史海静, 张少伟, 等. 黄河流域 12.5 米分辨率地形因子(地表切割深度)数据集[DS/OL]. 黄土高原科学数据中心(<http://loess.geodata.cn>). DOI: 10.11866/db.loess.2021.005.
- (8) 姜艳敏, 史海静, 张少伟, 等. 黄河流域 12.5 米分辨率地形因子(地形起伏度)数据集[DS/OL]. 黄土高原科学数据中心(<http://loess.geodata.cn>). DOI: 10.11866/db.loess.2021.006.
- (9) 姜艳敏, 史海静, 张少伟, 等. 黄河流域 12.5 米分辨率地形因子(平面曲率)数据集[DS/OL]. 黄土高原科学数据中心(<http://loess.geodata.cn>). DOI: 10.11866/db.loess.2021.009.
- (10) 姜艳敏, 史海静, 张少伟, 等. 黄河流域 12.5 米分辨率地形因子(剖面曲率)数据集[DS/OL]. 黄土高原科学数据中心(<http://loess.geodata.cn>). DOI: 10.11866/db.loess.2021.014.
- (11) 姜艳敏, 史海静, 张少伟, 等. 黄河流域 12.5 米分辨率地形因子(综合曲率)数据集[DS/OL]. 黄土高原科学数据中心(<http://loess.geodata.cn>). DOI: 10.11866/db.loess.2021.015.

A dataset of topographic factors with 12.5 m spatial resolution in the Yellow River Basin

JIANG Yuanmin^{1,2,3}, SHI Haijing^{1,2,4*}, ZHANG Shaowei⁵, SHUI Junfeng^{1,4},
CAO Xiaoping^{1,4}, ZHENG Cheng⁶

1. Institute of Soil and Water Conservation, Northwest A&F University, Yangling 712100, Shaanxi, P.R. China
2. Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences and Ministry of Water Resources, Yangling 712100, Shaanxi, P.R. China
3. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, P.R. China

4. National Earth System Science Data Center, National Science & Technology Infrastructure of China, Beijing 100049, P.R. China
 5. Shanxi Geomatics Center, Ministry of Natural Resources, Xi'an 710054, P.R. China
 6. College of Grassland Agriculture, Northwest A&F University, YangLing 712100, Shaanxi, P.R. China
- *Email: shihaijingcn@nwfau.edu.cn

Abstract: The Yellow River Basin is a key area of soil and water conservation and ecological protection in China, due to its complex topography and great variation in climate. The study on changes of topographical factors is of great significance for the prevention and control of soil and water loss as well as vegetation restoration in this area. This dataset consists of 11 topographic factors, namely slope gradient, slope aspect, comprehensive curvature, plane curvature, sectional curvature, aspect variability, slope variability, topographic relief, surface roughness, surface cutting depth and the coefficient of variation of elevation. The data were sourced from ALOS DEMs with a resolution of 12.5m, which were then processed through four steps: preprocessing, framing, projection and topographic index calculation. Verified by GLA14 altimetry data, the ALOS 12.5 m DEM data, with a high absolute vertical accuracy, are much better in expressing terrain characteristics than data of GDEM with 30 m resolution and STRM DEM data with 90 m resolution. This dataset can provide data support for scientific research in the Yellow River Basin, such as vegetation restoration, quantitative evaluation of soil erosion, and land hydrological analysis.

Keywords: the Yellow River Basin; topographic factors; DEM data

Dataset Profile

Title	A dataset of topographic factors with 12.5 m spatial resolution in the Yellow River Basin
Data corresponding author	SHI Haijing (shihaijingcn@nwfau.edu.cn)
Data authors	JIANG Yuanmin, SHI Haijing, ZHANG Shaowei, SHUI Junfeng, CAO Xiaoping, ZHENG Cheng
Time range	2015
Geographical scope	The Yellow River Basin (32° 9' – 42° 50' N, 96° 52' – 119° 3' E)
Spatial resolution	12.5 m
Data volume	617.6 GB
Data format	TIFF
Data service system	http://www.dx.doi.org/10.11866/db.loess.2021.008 (elevation variation) http://www.dx.doi.org/10.11866/db.loess.2021.010 (slope) http://www.dx.doi.org/10.11866/db.loess.2021.011 (slope variability) http://www.dx.doi.org/10.11866/db.loess.2021.012 (slope aspect) http://www.dx.doi.org/10.11866/db.loess.2021.013 (aspect variability) http://www.dx.doi.org/10.11866/db.loess.2021.004 (surface roughness) http://www.dx.doi.org/10.11866/db.loess.2021.005 (surface cutting depth)

	<http://www.dx.doi.org/10.11866/db.loess.2021.006> (topographic relief) <http://www.dx.doi.org/10.11866/db.loess.2021.009> (plane curvature) <http://www.dx.doi.org/10.11866/db.loess.2021.014> (sectional curvature) <http://www.dx.doi.org/10.11866/db.loess.2021.015> (comprehensive curvature)
Sources of funding	National Science & Technology Infrastructure of China (2005DKA32300); the CAS “Light of West China” program (XAB2020YN04).
Dataset composition	The dataset consists of 11 documents of the topographic data with 12.5 m resolution in the Yellow River Basin: (1) coefficient of variation of elevation; (2) slope gradient; (3) slope variability; (4) slope aspect; (5) aspect variability; (6) surface roughness; (7) surface cutting depth; (8) topographic relief; (9) plane curvature; (10) sectional curvature; and (11) comprehensive curvature. Each document contains 22 framing maps, and each framing map is named: “***_N %%% E ###”. “***”, “%%%” and “###” represent the type of terrain factor, latitude and longitude respectively. Here is an example of the file name: Curvature_N30E099.tif, Curvature_N30E102.tif ... Curvature_N39E111.tif.