www.csdata.org

ISSN 2096-2223
CN 11-6035/N

OPEN ACCESS
CC BY

文献 CSTR：
32001.14.11-6035.csd.2022.0084.zh

文献 DOI：
10.11922/11-6035.csd.2022.0084.zh
数据 DOI：
10.57760/sciencedb.j00001.00759

文献分类：地球科学

收稿日期：2022-09-26
开放同评：2022-10-25
录用日期：2023-05-12
发表日期：2024-03-28

2019 年中国 1 km 格网河网密度数据集

彭晋福[1,2]，张定祥[1,2*]，李亚南[1,2]，张小桐[1,2]

1. 中国国土勘测规划院，北京　100035
2. 自然资源部土地科学数据中心，北京　100035

摘要：河网密度是流域地貌、气候、土壤和植被等因素综合作用的结果。作为一项综合性表征指标，河网密度的测算对区域环境保护和水资源调配具有重要意义。本文利用第三次全国国土调查 2884 个县区级调查数据库，抽取河流水面面状要素数据，提取河流骨架线，借助格网工具软件运算，获得 2019 年中国 1 km 格网河网密度数据集。在河流水面矢量抽取、河流骨架线提取和公里格网河网密度计算等数据处理的各个阶段采取了完善的质量控制和质量检查措施，保证数据的正确性、完整性和一致性。本数据集可用于全国及区域水文地貌分析、水土流失估算、基础监测站网的规划及布设等方面的研究。

关键词：河网密度；国土调查；栅格；中国

数据库（集）基本信息简介

数据库（集）名称	2019年中国1 km格网河网密度数据集
数据作者	彭晋福，张定祥，李亚南，张小桐
数据通信作者	张定祥（dingxiang_zhang@163.com）
数据时间范围	2019
地理区域	中国大陆及海南岛
空间分辨率	1 km
数据量	18.5 MB
数据格式	*.tif
数据服务系统网址	https://doi.org/10.57760/sciencedb.j00001.00759
基金项目	科技基础资源调查专项（2023FY101005）
数据库（集）组成	本数据集为一个压缩文件，文件内包含2019年中国1 km格网河网密度数据.tif，tif文件中value值代表河网密度值，数据单位为km/km^2。

引　言

河网是交织纵横、分布广泛的河流所组成的水系，反映了地域的水文特征。河网密度定义为单位流域面积内干、支流的长度之和，是表现一定区域河网结构的重要指标，反映了流域的水系分布情况[1-2]。

河网密度计算的基础即河网提取。目前河网密度数据大多以 DEM 数据推算所得[3-7]，现有研究中学者常用的方法为谷点法和流向判断法[8-10]，其中以后者更为常见。流向判断法通过判定格网流向，根据格网流向将流向相互衔接的格网串连起来，寻找河流的源头，判定河网水系的分布和走势，进而提取水系河网[11]。

* 论文通信作者
张定祥：dingxiang_zhang@163.com

但是该方法受限于 DEM 的精度及地貌条件，需假设 DEM 为光滑地形表面数据[12]，然而喀斯特地貌等真实的洼地，DEM 表面存在凹陷，对水流方向提取造成影响，因此无法准确反映河网密度。

本文河网密度数据集是以第三次全国国土调查县级数据库中抽取的河流水面图斑作为数据源，该数据源采用优于 1 m 分辨率的高分影像绘制底图，按照三调工作分类，依据高分影像特征调绘图斑，因此河流解译精度更高。对于影像未能准确反映的地类，通过实地外业举证进行地类认定。县级数据库中河流水面最小河流宽度为 1 m，对于季节性干枯河流按二调县级数据库地类调查。

本文河网密度数据集是在已有河流水面数据的基础下，提取河流骨架线[13]、测算水系长度。提取河流水面图斑，将河流水面数据消除权属信息，融合后通过相关工具进行骨架线提取，用以计算河流长度，由河网密度定义计算河网密度[14-15]，数据单位为 km/km^2。

1 数据采集和处理方法

1.1 数据采集方法

本文采用的数据源来自中国国土勘测规划院提供的第三次全国国土调查县级国土调查数据库，数据代表的时间点为 2019 年 12 月 31 日。根据国土三调数据库标准，县级国土调查数据库中地类图斑层包含了土地利用类型和空间位置信息[16]，因此本研究主要抽取地类图斑层中河流水面作为水系数据进行计算。

1.2 数据处理

本数据集生产以 2884 个县区国土调查数据库土地利用图斑层为主要图层。经过分县数据库中河流水面要素提取、投影变换、数据拼接等，形成分省河流水面矢量图斑。然后通过河流水面骨架线提取、投影变化、公里格网化、质检、缩略图制作、数据集文档编写等。本数据集生产技术流程图如图 1 所示。

本数据集具体生产步骤如下：

（1）县级数据库中河流水面要素抽取

县级数据库以“行政区划代码+县名.mdb”命名，包含地类图斑层、行政区层等主要要素层。首先需要确定进行抽取的关键图层地类图斑层（DLTB），分县筛选出地类编码（DLBM）等于河流水面（1101）的要素，复制要素并存放在新建的文件数据库中。

（2）统一转换为经纬度投影

全国分县河流水面采用的是高斯-克吕格投影按 3 度分带。省内由于经度差异存在跨带情况。为便于数据整合，将分县抽取后的河流水面批量投影为 2000 国家大地坐标系。

（3）分省数据拼接与属性整合

利用矢量转栅格系统提供的数据拼接功能，将分县区的数据以省为单位拼接。原始数据目录选择待拼接县区，结果目录选择以省代码命名的 gdb 文件。数据拼接后用融合工具消除坐落权属的影响，避免河流水面图斑破碎化。拼接后对数据进行检查，查看有无丢漏情况，及时进行补充。

（4）分省河流骨架线提取

将上一步拼接后的河流水面空间参考转换为双标准纬线等积圆锥投影以便计算河流长度。投影后使用中国测绘科学研究院提供的 WJ-III 地图工作站软件（图 2），按照省代码修改对应索引文件名称读取综合知识库，开始缩编综合。综合完成后，选取综合后文件夹中的“河流网”选取前图层，

该图层未经过缩编化简及选取优化等操作，是提取的最原始河流骨架线。

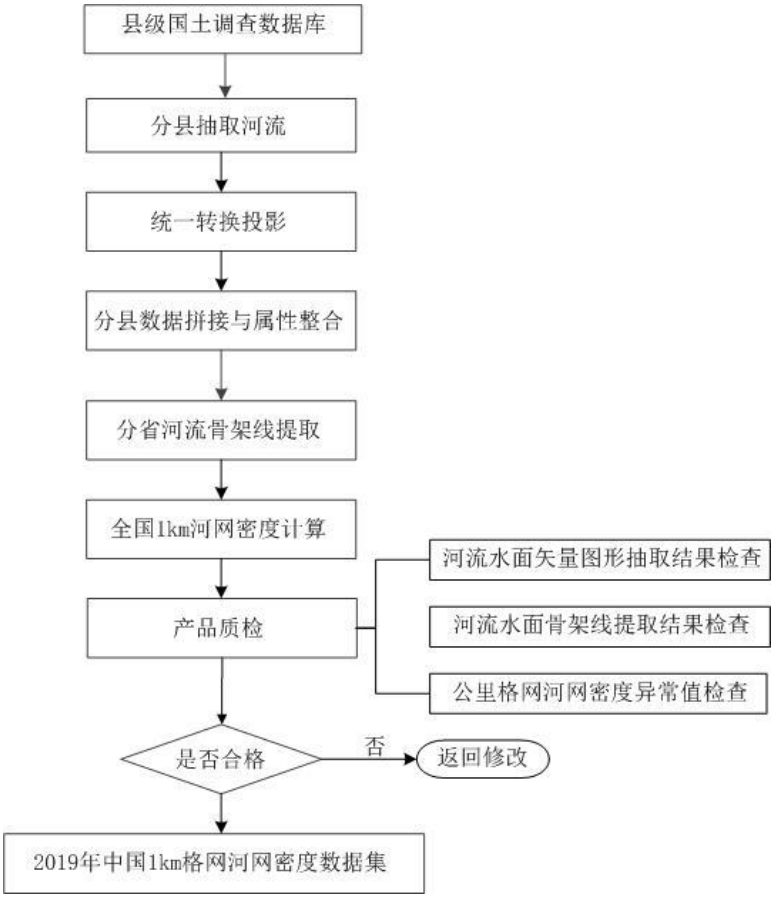


图 1　数据集生产技术流程

Figure 1　Flowchart of the dataset production technology

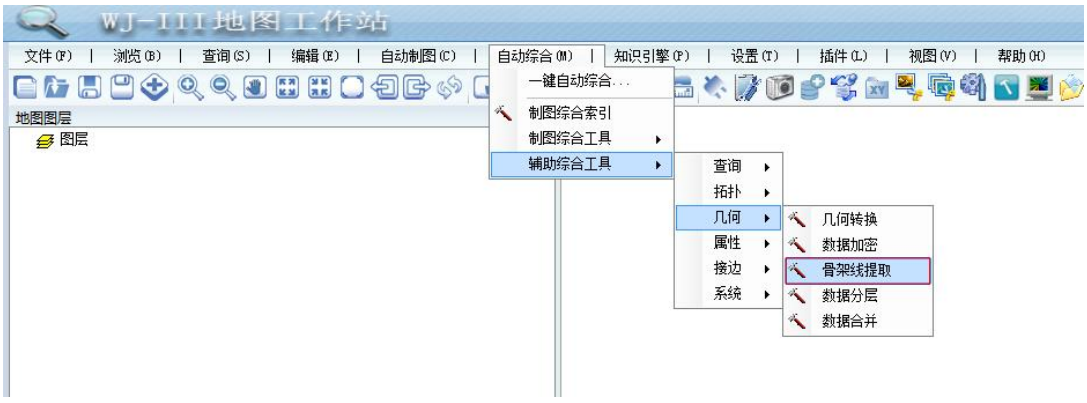


图 2　提取骨架线界面

Figure 2　Interface for extracting skeleton lines

（5）全国 1 公里格网河网密度计算

①算法及模型

由定义可知，河网密度在数量上表示为单位流域面积的河流总长度，即：

$$Dd = \sum L/F \quad (1)$$

式中，Dd为河网密度（km/km^2），$\sum L$为河流总长度公里，F 为区域国土总面积。

②全国标准公里格网

为保证全国范围公里格网数据产品存储、统计分析与交换的一致性，实现信息的共享交换，公里格网坐标系使用 albers（双标准纬线等积圆锥）投影进行表达，以 2000 国家大地坐标系为地理基础。按照我国的陆域范围，并考虑南海诸岛范围，全国 1 公里格网的范围规定如下：

上：5951000 米　下：330000 米

左：-2651000 米　右：2233000 米

③公里格网汇总计算

确保计算机安装 Java 及 GDAL 的运行环境，启动 Java 应用程序并分配电脑内存，请求对应服务接口，开始执行程序并返回结果。以左上角坐标点（-2651000，5951000）为坐标原点，基于自主研发的河网密度指标计算工具，自上而下，自左而右生成 1 km 栅格。将栅格转为面要素与河流相交获取河流属性，采用多线程的方式同时计算单个格网内河流的总长度，然后计算单个格网内的河网密度。通过数组存储河网密度计算结果，并生成最终的全国 1 km×1 km 格网。

（6）产品质检与制图，形成数据集。

对产品进行质量检查，检查产品空间完整性、数据值域、影像位数，投影参数，以及与全国标准格网空间吻合程度。质检无误后，利用相关软件进行产品制图，编制产品数据集文档。

2 数据样本描述

本数据集为 2019 年中国区域河网密度栅格图（不包含港澳台及南海诸岛），未来将持续更新。通过自然断点法将河网密度分为 5 个等级，全国河网密度分布见图 3，中国的河流分布不均，河网密度呈现南大北小，东大西小的趋势。数据以压缩包的方式存储，原始文件大小为 18.5 MB，数据格式均为 tif，空间分辨率为 1 km。

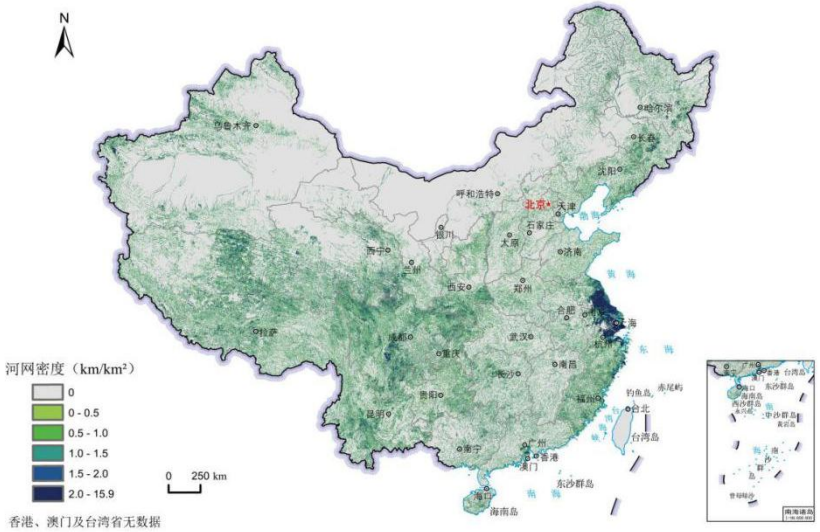


图 3　全国 1 km 格网河网密度空间分布图（数据不包含港澳台及南海诸岛，审图号 GS 京（2023）0567 号）

Figure 3　Spatial distribution map of the 1 km-grid river network density in China (excluding Hong Kong, Macao, Taiwan and the South China Sea islands)

3 数据质量控制

本数据以 2019 年全国国土调查数据成果为数据源，进行了河流水面抽取处理，并以全国各省河流水面矢量数据为基础进行河流水面骨架线提取，用于 1 km 格网河网密度数据产品生产。因此，河流水面矢量数据和河流骨架线提取成果的精度决定了本数据集的质量和精度。针对河网密度数据集的构建过程，在河流水面矢量抽取、河流骨架线提取和公里格网河网密度计算等数据处理的各个阶段进行了完善的质量控制和质量检查措施，保证数据的正确性、完整性和一致性。

（1）河流水面矢量图形抽取结果检查

河流水面矢量图形分县抽取完成后，为保证数据的一致性和完整性，将各县河流水面矢量数据进行了投影和拼接，将拼接后的河流水面矢量数据与原始数据叠加对比，并重点对各县拼接处进行检查，并未发现有错误偏移，且不存在河流缺失或数据遗漏问题（图 4）。

此外对中断河流和距离河流较远的独立小图斑进行检查，通过叠加原始数据，判断河流中断是否为抽取错误；查看离河流较远的小图斑，判断该图斑是否为河流水面、判断是否抽取失败，并对错误图斑进行修改或重新抽取。

（a）河流水面抽取前　　（b）河流水面抽取后

图 4　河流水面抽取结果检查修改

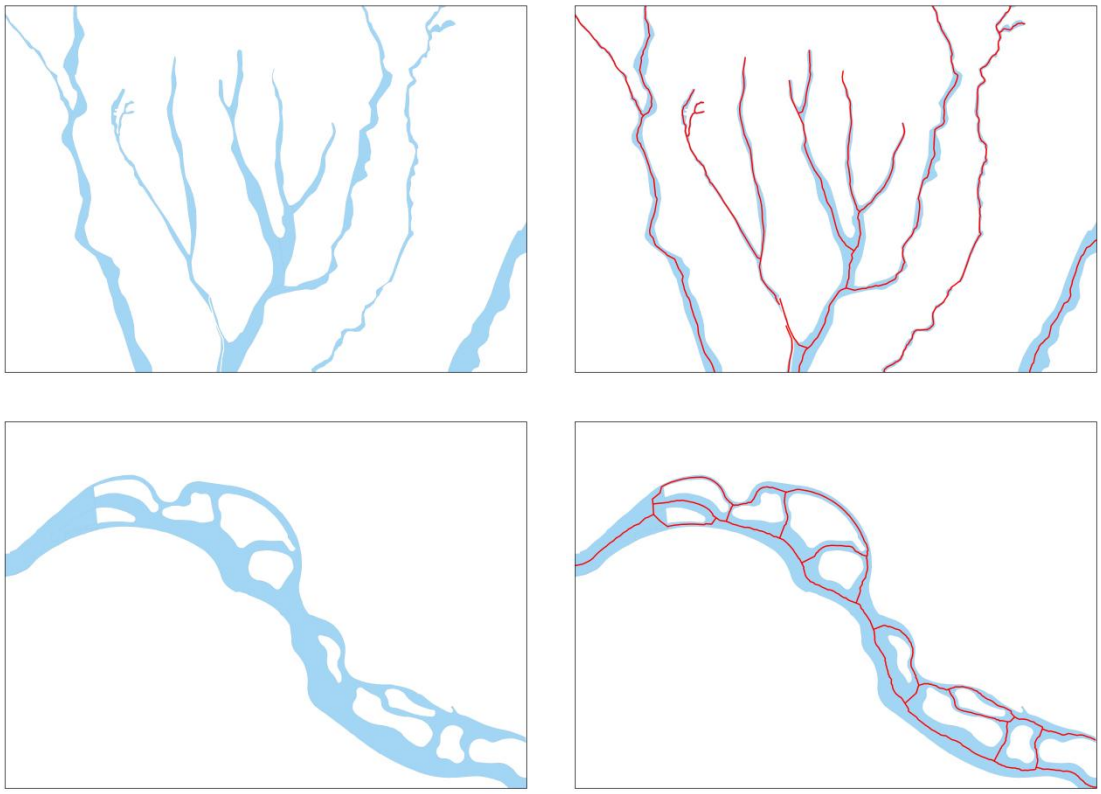
Figure 4　Verification and adjustment of river water surface sampling results

（2）河流水面骨架线提取结果检查

为保证河流的完整性和连通性，在进行河流水面骨架线提取前，需将因坐落权属不同而分割的相邻河流水面图斑合并。数据生产过程中需叠加原始数据，检查相邻图斑未合并的情况。提取河流骨架线后，套合原始地类图斑查看骨架线提取成果（图 5）。在骨架线提取方面，通过对河流水面图斑进行局部观察放大分析，检查是否存在河流骨架线缺失或重复提取的问题，并对河流走向进行检查，判断较短河流骨架线方向识别是否错误。经过检查发现，提取出的河流骨架线基本完全位于河流的中心位置，形状平滑且未有较多小枝杈出现，河流与河流连接处的图斑，衔接效果连贯。

（3）公里格网河网密度数值异常检查

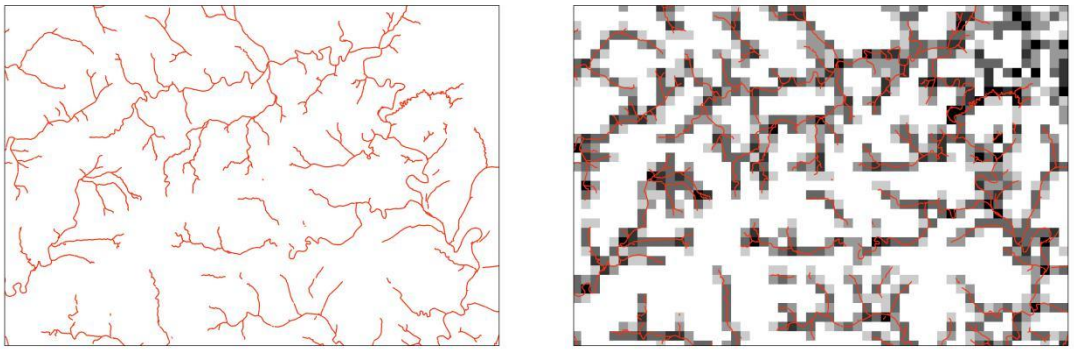
全国河网密度的检查主要为数值异常检查，包括值域检查（≥0）和 0 值格网检查；检查公里格网值域为 0 的区域是否存在河流，检查公里河网值域≥0 的区域是否符合实际情况（图 6），选取一定数量的公里格网矢量，与河流骨架线叠加计算河网密度。经检查，值域为 0 的区域均不存在河流，矢量相交计算的河网密度与软件计算的河网密度数值一致。



（a）河流水面骨架线提取前　　（b）河流水面骨架线提取后

图 5　原始图斑（左）到提取骨架线（右）

Figure 5　Original road polygon (left) to extraction skeleton line (right)



（a）河流水面骨架线　　（b）河流水面骨架线与公里格网叠加

图 6　格网与河流骨架线叠加效果图

Figure 6　Overlay effect of grid network and road skeleton line

以上数据源和处理流程确保了全国河网密度的集成。国土调查数据精度高（1∶2000–1∶5000），现势性强。误差来源主要为岛状河流图斑的骨架线提取，由于河流的不规则形状以及支流干流互相交叉存在岛状区域位置，提取的骨架线枝杈增多，造成河网密度略有偏大，但该类情况数量较少，其对全国河网密度的影响可忽略。因此，本数据集精度较高，能够较好反映我国各区域河流发育的区域特征及水文特征，具有较高的科研价值。

4 数据价值

本数据集以 2019 年国土调查县级数据成果为基础进行中国 1 km 格网河网密度产品生产。通过公里格网体系构建，可为相关研究提供河网水系基础数据，与传统研究手段相比，格网化可综合反映水系分布与空间区域的位置关系。基于国土调查数据的公里格网河网密度产品未来可实现年度持续更新，有利于研究全国水系的演变过程。

5 数据使用方法和建议

数据采用 Geotif 格式，能够在 ArcGIS 等相关软件中对数据进行读取、编辑以及后续分析工作。本数据集可作为全国及各区域水文地质研究的基础数据集，全国 1 km 格网河网密度数据集可以用于国土空间规划、规划实施评估、城市体检，以及主体功能区政策实施评估，还可以开展国土空间格局演变特征分析等。

数据作者分工职责

彭晋福（1970—），男，湖南省常德人，硕士，高级工程师，研究方向为环境地理。主要承担工作：数据收集，算法构建、数据处理。

张定祥（1969—），男，安徽省南陵人，博士，研究员，研究方向为空间大数据技术与数据产品研发等。主要承担工作：技术路线设计，数据质检，论文撰写。

李亚南（1995—），女，河北省邢台人，硕士，助理工程师，研究方向土地资源管理。主要承担工作：需求分析、数据产品设计。

张小桐（1989—），女，北京人，硕士，工程师，研究方向为自然资源调查监测、地理空间分析。主要承担工作：软件开发、产品制图。

参考文献

[1] 陆苗, 许有鹏, 高斌, 等. 平原河网区水利工程调控下水文连通变化[J]. 地理学报, 2021, 76(11): 2685 - 2696. DOI:10.11821/dlxb202111007. [LU M, XU Y P, GAO B, et al. Variations of hydrological connectivity regulated by sluices in a delta plain[J]. Acta Geographica Sinica, 2021, 76(11): 2685 - 2696. DOI:10.11821/dlxb202111007.]

[2] 王跃峰, 许有鹏, 张倩玉, 等. 太湖平原区河网结构变化对调蓄能力的影响[J]. 地理学报, 2016, 71(3): 449 - 458. [WANG Y F, XU Y P, ZHANG Q Y, et al. Influence of stream structure change on regulation capacity of river networks in Taihu Lake Basin[J]. Acta Geographica Sinica, 2016, 71(3): 449 - 458.]

[3] 杜青松, 李国玉, 李金明, 等. 基于 DEM 的西天山中部河流提取研究[J]. 中国农村水利水电, 2020(10): 29 - 33, 40. [DU Q S, LI G Y, LI J M, et al. Research on the river extraction based on the DEM data in the central west Tianshan Mountains[J]. China Rural Water and Hydropower, 2020(10): 29 - 33, 40.]

[4] 宁忠瑞, 李虹彬, 刘亚婷, 等. 基于DEM的塔里木河流域数字河网提取与分析[J]. 水利水电技术, 2020, 51(8): 54 - 61. DOI:10.13928/j.cnki.wrahe.2020.08.007. [NING Z R, LI H B, LIU Y T, et al. DEM-based extraction and analysis of digital river network of Tarim River Basin[J]. Water Resources and

Hydropower Engineering, 2020, 51(8): 54 - 61. DOI:10.13928/j.cnki.wrahe.2020.08.007.]
[5] 刘远, 周买春, 陈芷菁, 等. 基于不同 DEM 数据源的数字河网提取对比分析: 以韩江流域为例[J]. 地理科学, 2012, 32(9): 1112 - 1118. DOI:10.13249/j.cnki.sgs.2012.09.016. [LIU Y, ZHOU M C, CHEN Z J, et al. Comparison of drainage network extraction from different DEM data sources: a case study of Hanjiang River Basin[J]. Scientia Geographica Sinica, 2012, 32(9): 1112 - 1118. DOI:10.13249/j.cnki.sgs.2012.09.016.]
[6] 刘欢, 杜军凯, 贾仰文, 等. 面向大尺度区域分布式水文模型的子流域划分方法改进[J]. 工程科学与技术, 2019, 51(1): 36 - 44. DOI:10.15961/j.jsuese.201800224. [LIU H, DU J K, JIA Y W, et al. Improvement of watershed subdivision method for large scale regional distributed hydrology model[J]. Advanced Engineering Sciences, 2019, 51(1): 36 - 44. DOI:10.15961/j.jsuese.201800224.]
[7] 颜明, 许炯心, 贺莉, 等. 黄河流域河网密度的空间特征及其影响因素[J]. 水土保持研究, 2018, 25(2): 288 - 292, 299. DOI:10.13869/j.cnki.rswc.2018.02.041. [YAN M, XU J X, HE L, et al. Spatial distribution and its influencing factors of drainage density in the Yellow River Basin[J]. Research of Soil and Water Conservation, 2018, 25(2): 288 - 292, 299. DOI:10.13869/j.cnki.rswc.2018.02.041.]
[8] 李照会, 郭良, 刘荣华, 等. 基于 DEM 数字河网提取时集水面积阈值与河源密度关系的研究[J]. 地球信息科学学报, 2018, 20(9): 1244 - 1251. [LI Z H, GUO L, LIU R H, et al. The relationship between the threshold of catchment area for extraction of digital river network from DEM and the river source density[J]. Journal of Geo-Information Science, 2018, 20(9): 1244 - 1251.]
[9] 王玉着, 刘修国, 张唯. 并行化多流向策略的栅格河网提取算法[J]. 武汉大学学报 • 信息科学版, 2015, 40(12): 1646 - 1652, 1682. DOI:10.13203/j.whugis20140645. [WANG Y Z, LIU X G, ZHANG W. Raster River networks extraction based on parallel multiple flow direction algorithms[J]. Geomatics and Information Science of Wuhan University, 2015, 40(12): 1646 - 1652, 1682. DOI:10.13203/j.whugis20140645.]
[10] 董良, 张宏鸣, 王岩泽, 等. 一种在 DEM 平地中的河网水流方向估算方法[J]. 遥感信息, 2020, 35(3): 130 - 137. [DONG L, ZHANG H M, WANG Y Z, et al. An estimation method of flow direction over flat drainage network in digital elevation models[J]. Remote Sensing Information, 2020, 35(3): 130 - 137.]
[11]蔺彬彬. 基于 DEM 的三川河流域特征提取研究[D].太原：太原理工大学,2013. [LIN B B. Research on Characteristics Extraction of Sanchuan River Basin Based on DEM[D]. Taiyuan: Taiyuan University of Technology, 2013.]
[12] 罗大游. 基于 RS 和 GIS 的河网水系信息提取及其分形研究[D].昆明：昆明理工大学,2018. [LUO D Y. Research on river network system information extraction and fractal based on RS and GIS[D]. Kunming: Kunming University of Science andTechonology, 2018.]
[13]李珏. 基于高分辨率影像的河流及其中心线提取[D].武汉：武汉大学,2017. [LI J. Extraction of Rivers and Rivers' Centerline Based on High Resolution Images[D].Wuhan: Wuhan University, 2017.]
[14] 吴雷, 许有鹏, 徐羽, 等. 平原水网地区快速城市化对河流水系的影响[J]. 地理学报, 2018, 73(1): 104 - 114. DOI:10.11821/dlxb201801009. [WU L, XU Y P, XU Y, et al. Impact of rapid urbanization on river system in a river network plain[J]. Acta Geographica Sinica, 2018, 73(1): 104 - 114. DOI:10.11821/dlxb201801009.]
[15] 韩龙飞, 许有鹏, 杨柳, 等. 近 50 年长三角地区水系时空变化及其驱动机制[J]. 地理学报, 2015, 70(5): 819 - 827. DOI:10.11821/dlxb201505012. [HAN L F, XU Y P, YANG L, et al. Temporal and spatial change of stream structure in Yangtze River Delta and its driving forces during 1960s-2010s[J]. Acta Geographica Sinica, 2015, 70(5): 819 - 827. DOI:10.11821/dlxb201505012.]
[16] 张定祥, 汪秀莲, 刘顺喜, 等. 第三次全国国土调查土地利用矢量数据栅格化方法[J]. 测绘通报, 2022(4): 138 - 144. DOI:10.13474/j.cnki.11-2246.2022.0125. [ZHANG D X, WANG X L, LIU S X, et al. Vector rasterization method of national land use data in the third national land survey[J]. Bulletin of Surveying and Mapping, 2022(4): 138 - 144. DOI:10.13474/j.cnki.11-2246.2022.0125.]

论文引用格式

彭晋福, 张定祥, 李亚南, 等. 2019 年中国 1 km 格网河网密度数据集[J/OL]. 中国科学数据, 2024, 9(1). (2024-03-27). DOI: 10.11922/11-6035.csd.2022.0084.zh.

数据引用格式

彭晋福, 张定祥, 李亚南, 等. 2019 年中国 1 km 格网河网密度数据集[DS/OL]. V3. Science Data Bank, 2022. (2024-03-27). DOI: 10.57760/sciencedb.j00001.00759.

A dataset of 1 km grid drainage density in China (2019)

PENG Jinfu[1,2], ZHANG Dingxiang[1,2*], LI Yanan[1,2], ZHANG Xiaotong[1,2]

1. China Land Surveying and Planning Institute, Beijing 100035, P.R.China
2. Land Science Data Center, MNR, Beijing 100035, P.R. China

*Email: dingxiang_zhang@163.com (ZHANG Dingxiang)

Abstract: Drainage density is an outcome of the combined influence of watershed landform, climate, soil, and vegetation. As a comprehensive characterization index, the measurement and monitoring of drainage density is of great significance to environmental protection and water resources allocation in regional watersheds. This paper uses river water surface vector data from the third National Land Survey, extracting the river center line. Then, the kilometer grid network production software is employed to generate the dataset of 1 km grid drainage density in China. Rigorous quality control and quality inspection measures throughout all stages of data processing have been implemented, including river surface vector extraction, river skeleton line extraction, and kilometer grid density calculation, to ensure the correctness, integrity and consistency of the data. This dataset can be used for national and regional hydrogeological analysis, soil erosion estimation, planning and layout of basic monitoring station network, etc.

Keywords: drainage density; land survey; grid; China

Dataset Profile

Title	A dataset of 1 km grid drainage density in China (2019)
Data corresponding author	ZHANG Dingxiang (dingxiang_zhang@163.com)
Data authors	PENG Jinfu, ZHANG Dingxiang, LI Yanan, ZHANG Xiaotong
Time range	2019
Geographical scope	Mainland China and Hainan Island
Spatial resolution	1 km
Data volume	18.5 MB
Data format	*.tif
Data service system	<https://doi.org/10.57760/sciencedb.j00001.00759>
Source of funding	Science & Technology Fundamental Resources Investigation Program (Grant No.2023FY101005)
Dataset composition	This dataset consists of 4 files, namely "1km drainage density of China 2019.tif.xml", "1km drainage density of China 2019.tif.ovr", "1km drainage density of China 2019.tif.aux", "1km drainage density of China 2019.tif".