

doi: 10.6046/gtzyyg.2020160

引用格式: 龙泽昊, 张添源, 许伟, 等. 基于 Android 的农田干旱遥感动态监测系统研制[J]. 国土资源遥感, 2021, 33(2): 256-261. (Long Z H, Zhang T Y, Xu W, et al. Development of farmland drought remote sensing dynamic monitoring system based on Android [J]. Remote Sensing for Land and Resources, 2021, 33(2): 256-261.)

基于 Android 的农田干旱遥感动态监测系统研制

龙泽昊¹, 张添源¹, 许伟¹, 秦其明^{1,2}

(1. 北京大学地球与空间科学学院遥感与地理信息系统研究所, 北京 100871;

2. 自然资源部地理信息系统技术创新中心, 北京 100871)

摘要: 为了满足用户对农田干旱等农情观测的实际需求, 在 Android 移动平台上建立了一套农田干旱遥感动态监测系统。该系统针对用户野外传统手工记录农田数据低效的问题, 结合移动端设备的轻便和全球定位系统(global positioning system, GPS)定位服务, 实现了户外农田数据采集与管理, 完成了从作物数据录入、分析至成果导出的处理流程。同时, 系统以用户实时干旱动态监测需求为目的, 充分利用谷歌地球引擎(Google Earth Engine, GEE)遥感云计算平台的优势, 引入了 Landsat, MODIS 和 Sentinel 等多源遥感数据, 采用 Flask 框架实现了 GEE 平台 Python 接口接入方案, 完成了研究区遥感数据源选取、干旱监测模型实时计算和干旱专题图绘制等实用的农田干旱动态监测功能, 为用户提供了一种易于携带、方便应用的技术平台。

关键词: 农田干旱; 动态监测; Android; 云计算平台; Flask

中图分类号: TP 79 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-070X(2021)02-0256-06

0 引言

我国地域宽广, 农业旱灾时有发生, 以海量遥感数据为支撑, 并对农田干旱进行有效监测是保证国家粮食安全和维护社会稳定发展的基础^[1-2]。通过对农田干旱监测研究成果进行应用, 建立起相应的农田监测系统可最大发挥研究成果效益, 例如金川等^[3]研制了一套基于桌面端的干旱监测遥感支持系统, 并结合宁夏试验区的实际应用对监测结果进行了展示; Wu 等^[4]研发了全球农情遥感速报(CropWatch)系统, 以遥感和田间观测数据相结合的方式, 集成了作物面积、干旱和产量等多种监测指标, 但是目前的农田干旱监测系统仍然存在着一些问题。

首先, 农田干旱监测系统以桌面端居多, 便携性差, 无法满足用户实地农田作业的需求; 而移动智能手机凭借易携带、触摸式交互等特点, 具有信息获取及时和操作便捷等优势。并且随着 5G 通信技术的不断推近, 通信延迟得到了极大的降低, 也为移动端间的图像数据快速传输奠定了基础^[5]。当前主流的移动端操作系统有 Android, iOS 和 Windows

Phone 等, 而 Android 操作系统由于强大的软件生态圈和良好的用户使用体验, 占领了移动端市场的绝大部分份额^[6], 适宜作为农田干旱遥感监测系统的搭载平台。

其次, 系统对农田干旱情况的动态监测能力弱。由于海量遥感数据亟待妥善管理和计算力不足, 现有农田干旱监测系统主要以发布静态干旱监测成果的方式为用户服务, 该类系统缺少动态干旱监测分析的能力, 无法满足实时监测的目的^[7]。云计算技术为海量遥感数据妥善的管理提供了解决方案, 通过与遥感技术相结合, 孕育而生的遥感云计算平台不仅极大方便了多种遥感影像数据检索与获取, 还将数据处理所需要的计算资源环境在云端实现, 解决了本地计算力不够等问题^[8-9]。谷歌地球引擎(Google Earth Engine, GEE)作为遥感云计算平台的先锋, 不仅集成有多种系列卫星影像数据, 而且也提供了实时处理、分析和可视化这些数据的强大功能, 被广泛应用于农业作物监测、资源灾害评估、全球气候变化等方面的研究^[10-11]。

为了改善农田干旱监测系统上述现存的问题, 本文依托 GEE 云计算平台以及 Android 移动操作系

收稿日期: 2020-06-01; 修订日期: 2021-01-31

基金项目: 国家自然科学基金项目“农作物干旱致灾过程遥感监测与精准识别机理与方法研究”(编号: 41771371)资助。

第一作者: 龙泽昊(1994-), 男, 硕士研究生, 主要从事农业定量遥感研究。Email: longzehao@pku.edu.cn。

通信作者: 秦其明(1955-), 男, 教授, 主要从事定量遥感与地理信息系统研究。Email: qmqm@pku.edu.cn。

统,搭建了一款与农业密切关联的移动端农田干旱遥感动态监测系统(farmland drought remote sensing dynamic monitoring system, FDRSDMS),对于农田干旱监测研究具有现实意义和参考价值。

1 系统设计

1.1 系统架构

FDRSDMS 在多种开源技术框架支持下,以 Android 移动端为搭载平台,并利用 GEE 遥感云计算平台优势,实现了农田数据的录入、处理、存储和农田干旱的遥感动态监测。如图 1 所示,FDRSDMS 结构分为显示层、服务层和支撑层 3 层,采用“瘦客户端”设计思想,显示层负责界面绘制、请求发送与响应等逻辑操作,模型计算、数据处理等操作交给服务层和支撑层完成,保证了系统的流畅运行。其中,显示层在 OSMDroid 开源地图库的支持下,以 Retrofit 通信框架高效进行客户端与服务端通信为基础,进行了不同业务功能的实现;服务层通过建立 GEE 遥感平台服务和农田数据管理服务两大模块,为显示层功能的实现提供服务支持;支撑层采用 MySQL 数据库管理农田作物数据,并结合 GEE 平台和 Flask 框架为服务层服务的部署提供了数据管理和计算资源支持。

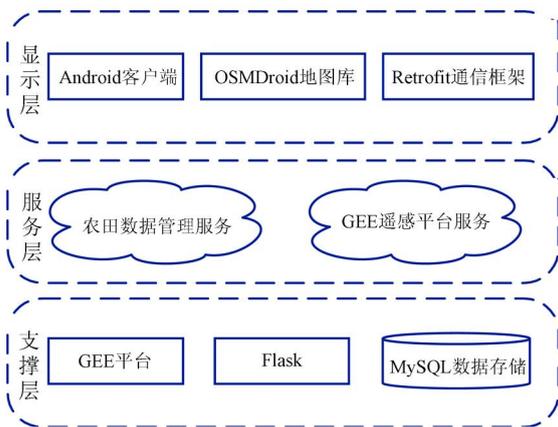


图 1 系统总体架构

Fig. 1 System overall architecture

1.2 业务功能

面向农田干旱监测需求,FDRSDMS 划分为基础服务模块、农田数据采集管理模块和农田干旱遥感动态监测模块,其功能设计如图 2 所示。基础服务模块包括图层管理、地图操作与交互、全球定位系统(global positioning system, GPS)定位服务功能,上述基础功能为其他两个业务模块提供了基本技术支持;农田数据采集管理模块针对户外作业需求,通过服务层的农田数据管理接口实现了数据测量与录

入、数据修改与删除、数据查询与导出功能,为用户在野外无纸化快速采集农田作物数据提供了可能;农田干旱遥感动态监测模块通过服务层的 GEE 遥感平台服务接口,实现了基于植被指数、干旱指数和自定义模型的农田干旱动态监测,其中基础服务模块以及农田数据采集管理模块是基于现有成熟技术实现的,而农田干旱遥感动态监测功能则需要用到本研究团队所提出的监测模型,下一节将重点介绍农田干旱遥感动态监测模块功能的实现。

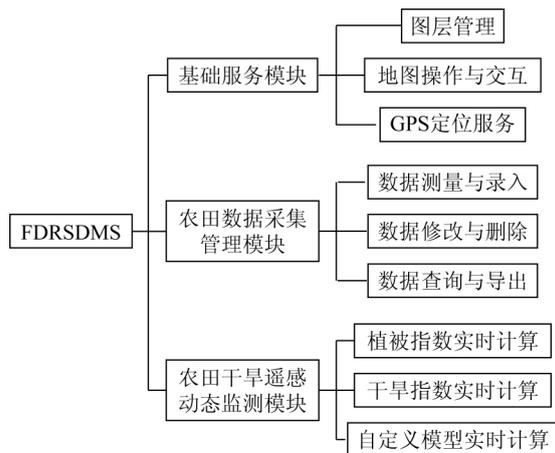


图 2 系统业务功能

Fig. 2 System service functions

2 干旱动态监测关键技术与实现

GEE 平台提供了基于 Python 的本地客户端库,通过在 Flask 服务器端对 GEE 平台 Python 接口进行开发,将农田干旱监测模型集成至 Flask 服务器端,可实现移动客户端上的动态农田干旱监测,技术方案如图 3 所示。

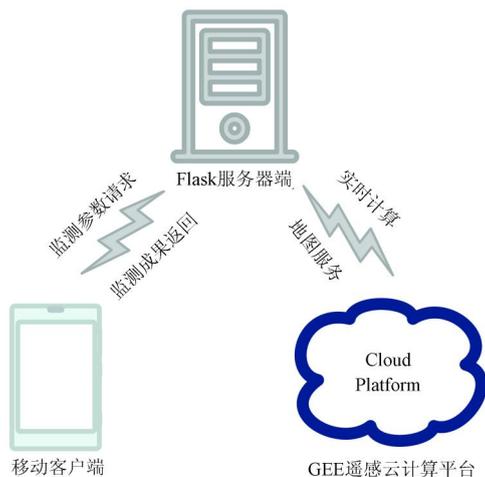


图 3 基于 GEE 平台的农田干旱动态监测方案

Fig. 3 Scheme of farmland drought dynamic monitoring based on GEE platform

2.1 干旱监测模型实时计算

在 Flask 服务器端中,干旱监测模型实时计算先从移动客户端获得研究区域范围、监测时间范围、计算需要的遥感数据类型(如 Sentinel-2)、不同波段组合方式和干旱模型等监测参数,之后利用 GEE 平台 Python 接口进行 GEE 平台初始化。其次,按照获取的监测参数进行研究区内的遥感影像动态检

索,并进行时间过滤、区域过滤、影像除云、研究区域裁剪等遥感影像预处理操作。最后,对符合要求的影像进行干旱模型的实时计算,并由此得到 GEE 平台输出的唯一 MapId 信息,该信息可标识每次计算的干旱监测结果,也会用于 2.2 节的动态监测成果服务发布,具体计算流程如图 4 所示。

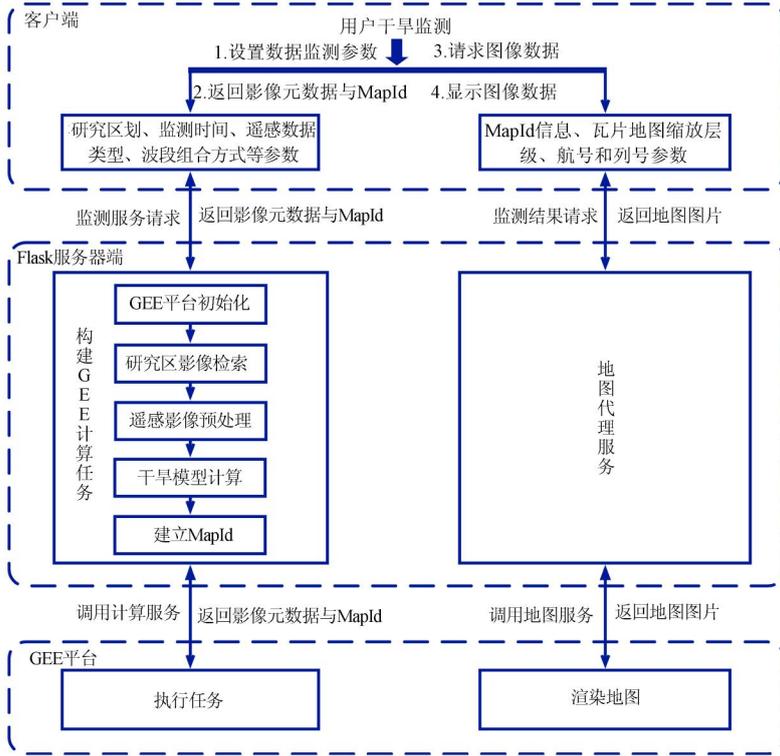


图 4 干旱监测模型计算流程

Fig. 4 Calculation flow of drought monitoring model

在干旱模型实时计算步骤中,Flask 服务器端利用 GEE 平台提供的自定义表达式计算接口进行实现。如下为支持植被指数、干旱指数和自定义模型的主要代码,通过采用 lambda 匿名函数来对每幅影像进行处理,在该函数中利用 GEE 平台提供的 expression 方法进行波段计算,其中 param['expression']为模型计算表达式,支持蓝光、绿光、红光、近红外 4 个波段的计算。

```
cal_imgs = imgs.map(lambda image: ee.Image(0).expression(
    param[ expression ],
    { nir: image.select( param[ band ][ nir ] ),
      red: image.select( param[ band ][ red ] ),
      green: image.select( param[ band ][ green ] ),
      blue: image.select( param[ band ][ blue ] ) } ) )
```

FDRSDMS 系统集成的植被指数包括归一化植被指数(normalized difference vegetation index, NDVI)、增强型植被指数(enhanced vegetation index,

EVI)和土壤调节植被指数(soil adjusted vegetation index, SAVI),计算公式分别为:

$$NDVI = \frac{R_{NIR} - R_{Red}}{R_{NIR} + R_{Red}}, \quad (1)$$

$$EVI = \frac{2.5(R_{NIR} - R_{Red})}{R_{NIR} + 6R_{Red} - 7.5R_{Blue} + 1}, \quad (2)$$

$$SAVI = \frac{(1 + 0.2)(R_{NIR} - R_{Red})}{R_{NIR} + R_{Red} + 0.2}, \quad (3)$$

式中: R_{Blue} , R_{Red} 和 R_{NIR} 分别为蓝光、红光和近红外波段的反射率。

如当用户进行实时 NDVI 计算时,上述代码中的模型计算表达式 param['expression']值为 float(nir - red)/(nir + red)。

FDRSDMS 系统集成的干旱指数包括垂直干旱指数(perpendicular drought index, PDI)与改进垂直干旱指数(modified perpendicular drought index, MPDI)^[12-13]。计算公式分别为:

$$PDI = \frac{1}{\sqrt{M^2 + 1}}(R_{Red} + MR_{NIR}) \quad (4)$$

$$MPDI = \frac{R_{Red} + MR_{NIR} - f_v(R_{Red,v} + MR_{NIR,v})}{(1 - f_v)\sqrt{M^2 + 1}} \quad (5)$$

式中: $R_{Red,v}$ 和 $R_{NIR,v}$ 为纯植被像元在红光和近红外波段的反射率; M 为 NIR - Red 光谱特征空间的土壤线斜率; f_v 为植被覆盖率。

这两种干旱指数需要提取土壤线斜率和计算植被覆盖率,实现相对较复杂,因此系统中土壤线斜率提取采用文献[14]中的土壤线自动提取算法,植被覆盖率计算方法来源于文献[15]。

2.2 动态监测成果服务发布

GEE 平台以网络地图服务 (web map service, WMS) 为用户 提供干旱监测结果,同时为了保证地图服务能正常被访问,利用 Flask 服务器端对 GEE 平台 WMS 服务进行了统一代理。这里利用 2.1 节干旱监测模型计算后生成的 MapId 信息,给出 GEE 平台 WMS 服务和 Flask 服务器端代理地图服务的 URL 模版,如表 1 所示。

表 1 GEE 平台和 Flask 服务器端地图服务 URL 模版

Tab. 1 GEE platform and flask server - side map service URL template

| 平台 | 地图服务模版 | 参数含义 |
|------------|--|--|
| GEE 平台 | https://earthengine.googleapis.com/v1alpha/ mapid /tiles/{z}/{x}/{y} | MapId 为 GEE 平台生成的 MapId; z, x, y 分别为瓦片地图层级、行号、列号 |
| Flask 服务器端 | http://ip:port/api/v1/gee/images?mapid={mapid}&z={z}&x={x}&y={y} | ip 为 Flask 服务器 IP; port 为服务器端口; MapId 为 GEE 平台生成的 MapId; z, x, y 分别为瓦片地图层级、行号、列号 |

在 Flask 服务器端地图代理服务的基础之上,

客户端中的 OSMDroid 地图框架提供了 OnlineTile-SourceBase 瓦片数据源抽象类,该类可对 Flask 服务器端提供的代理地图服务进行处理,使用户请求的每块地图图片都能以正确的位置显示在 Android 客户端上,即可在客户端显示出干旱监测结果。

3 系统应用示范

3.1 遥感数据源选取

考虑到不同尺度的农田干旱监测需求, FDRSDMS 采用了 GEE 平台中 Landsat7, Landsat8, Sentinel - 2 和 MODIS 共 4 种不同分辨率的遥感数据源,用户可依据研究区域范围大小自由选取分析的数据源类型,如表 2 所示。

表 2 系统采用的 GEE 平台遥感数据源及波段^①

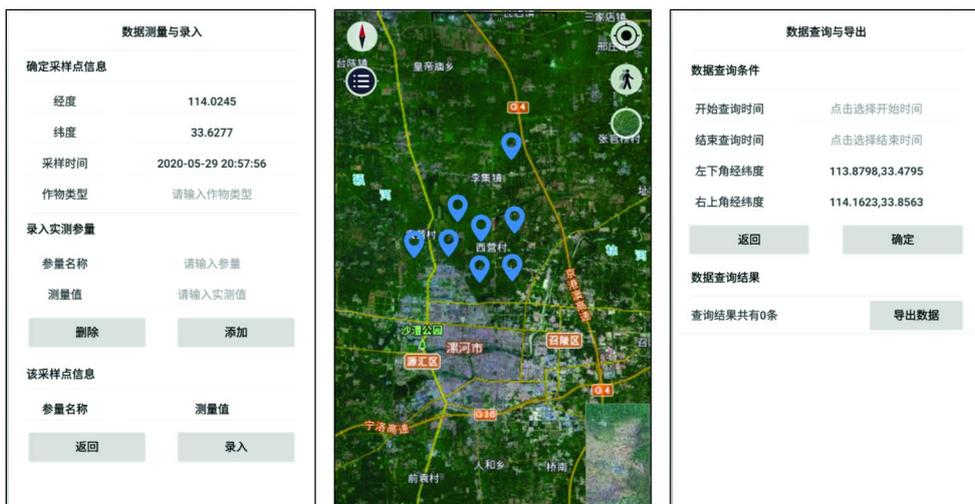
Tab. 2 Remote sensing data source and band of GEE platform used in the system

| 遥感数据源 | GEE 数据集名称 | 选用波段 | 空间分辨率/m |
|-----------------------|------------------------|--------------|---------|
| Sentinel - 2 地表反射率数据 | COPERNICUS/S2_SR | | 10 |
| Landsat7 地表反射率数据 | LANDSAT/LE07/C01/T1_SR | 蓝光、绿光、红光、近红外 | 30 |
| Landsat8 地表反射率数据 | LANDSAT/LC08/C01/T1_SR | | 30 |
| MODIS MOD09A1 地表反射率产品 | MODIS/006/MOD09A1 | | 500 |

^①数据说明来自 <https://developers.google.com/earth-engine/datasets>。

3.2 农田数据采集与管理

FDRSDMS 支持农田现场数据采集与管理。如图 5(a) 所示,数据测量与录入界面包括确定采样点位置、采样时间信息、采样点作物类型信息和采集实



(a) 数据测量与录入

(b) 采样点显示

(c) 数据查询与导出

图 5 农田数据采集与管理

Fig. 5 Farmland data collection and management

测参数等内容,其中经纬度坐标,系统会根据 GPS 定位服务自动填写,采样时间也会自动设置为当前北京时间,用户需要录入作物类型和实测参数。如图 5(b) 所示,若录入的数据需要进行修改或删除时,用户通过触碰数据点,即可进行采样点信息的处理。如图 5(c) 所示,数据查询与导出功能可将符合条件的数据导出为 CSV 文件格式,为用户更进一步的研究分析提供方便。

3.3 农田干旱遥感动态监测应用

农田干旱遥感动态监测功能的应用首先需要进行研究区域的选取,如图 6(a) 所示,选取河南省漯河市某矩形地域为研究区并显示区域范围图。如图 6(b) 所示,一旦选定研究区,系统会自动跳转至农田干旱遥感动态监测界面,用户可进行遥感数据检

索条件的设置,其中遥感数据源可选用 3.1 节介绍的 4 种数据源,如成像时间为 2019 年 4 月 1 日—15 日期间的 Sentinel - 2 影像数据,合成方法可选用均值、中值和最大值,此外在模型计算的设置中,用户可选用植被指数、干旱指数或者自定义模型计算公式,这里以 Sentinel - 2 地表反射率影像进行 MPDI 干旱指数计算的参数配置为例。完成相关参数配置后,当点击界面计算按钮时,系统通过 Flask 服务器端,调用 GEE 平台进行遥感影像动态检索,经过区域过滤、影像除云、研究区域裁剪等遥感影像预处理操作,并运用 MPDI 干旱模型进行实时计算,计算结果显示为干旱专题图,以橘黄至深绿色标分别代表干旱由重逐级减低的程度,如图 6(c) 所示。

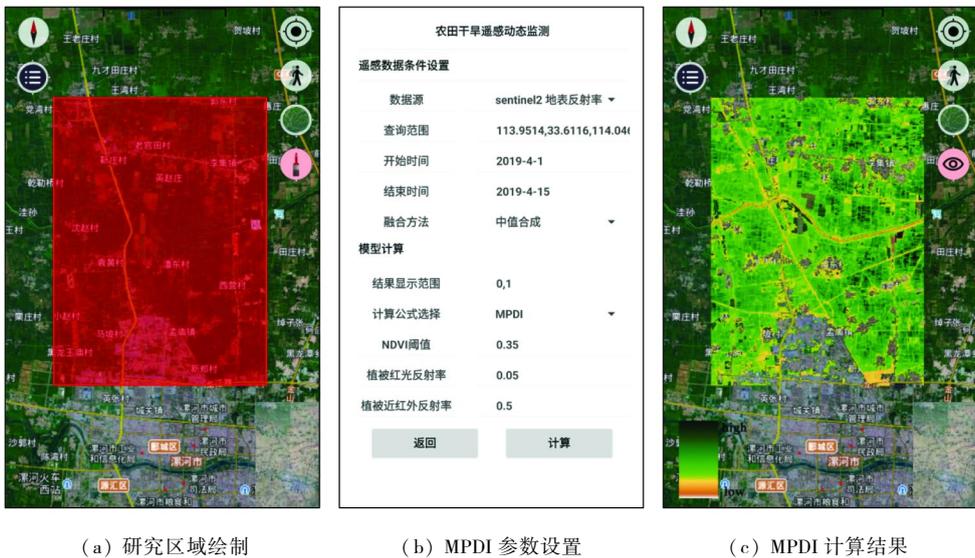


图 6 Sentinel - 2 数据动态计算 MPDI

Fig. 6 Dynamic calculation of MPDI using Sentinel - 2 data

4 结 论

本文以 Android 为开发平台,综合运用了 OS-MDroid, Retrofit 和 Flask 等开源框架,研制了从客户端至服务端一体的农田干旱遥感动态监测系统,实现了面向于农田作物监测的多种专业功能,其特色如下:

1) 充分发挥了移动客户端进行农情观测方便快捷的特点,在服务端的农田数据管理服务支持下,针对用户农田观测作业的需求,在 Android 平台上实现了农田数据采集管理的一套完整处理流程,提高了用户野外观测后快速处理农田数据的效率。

2) 以 GEE 平台提供的遥感数据为基础,建立了 GEE 平台 Python 接口接入方案,解决了目前系统难以进行动态干旱监测分析的问题。在监测过程中,用户可根据需求使用 Sentinel - 2, Landsat7, Landsat8

和 MODIS 共 4 种遥感数据源,并支持植被指数、干旱指数和自定义模型的实时计算,实现了以动态输入反演模型的方式来进行实时计算的能力,整个监测过程用户占主导地位,可操作空间大。

基于 Android 的农田干旱遥感动态监测系统为农田干旱研究提供了新的支撑工具,对于农田作物信息快速采集与分析具有现实意义。本文下一步工作是将传统机器学习以及深度学习等复杂模型接入,以实现对于农田干旱进行更加精确地监测与诊断分析。

参考文献 (References):

[1] 姚 远, 陈 曦, 钱 静. 遥感数据在农业旱情监测中的应用研究进展[J]. 光谱学与光谱分析, 2019, 39(4): 1005 - 1012.
Yao Y, Chen X, Qian J. Advance in agricultural drought monitoring using remote sensing data[J]. Spectroscopy and Spectral Analysis, 2019, 39(4): 1005 - 1012.
[2] Liu X, Zhu X, Pan Y, et al. Agricultural drought monitoring: Pro-

- gress, challenges, and prospects [J]. *Journal of Geographical Sciences*, 2016, 26(6): 750 – 767.
- [3] 金川, 秦其明, 汪冬冬, 等. 干旱监测遥感支持系统的设计与实现 [J]. *遥感学报*, 2007(3): 420 – 425.
Jin C, Qin Q M, Wang D D, et al. Design and implementation of drought monitoring remote sensing supporting system [J]. *Journal of Remote Sensing*, 2007(3): 420 – 425.
- [4] Wu B, Meng J, Li Q, et al. Remote sensing – based global crop monitoring: Experiences with China's CropWatch system [J]. *International Journal of Digital Earth*, 2014, 7(2): 113 – 137.
- [5] 李德仁. 展望 5G/6G 时代的地球空间信息技术 [J]. *测绘学报*, 2019, 48(12): 1475 – 1481.
Li D R. Towards geospatial information technology in 5G/6G era [J]. *Acta Geodaetica et Cartographica Sinica*, 2019, 48(12): 1475 – 1481.
- [6] Novac O C, Novac M, Gordan C, et al. Comparative study of google android, apple IOS and microsoft windows phone mobile operating systems [C] // 2017 14th International Conference on Engineering of Modern Electric Systems (EMES). IEEE, 2017: 154 – 159.
- [7] 郭 妮, 王小平. 遥感干旱应用技术进展及面临的技术问题与发展机遇 [J]. *干旱气象*, 2015, 33(1): 1 – 18.
Guo N, Wang X P. Advances and developing opportunities in remote sensing of drought [J]. *Journal of Arid Meteorology*, 2015, 33(1): 1 – 18.
- [8] 张 新, 胡晓东, 魏嘉伟. 基于云计算的地理信息服务技术 [J]. *计算机科学*, 2019, 46(s1): 532 – 536.
Zhang X, Hu X D, Wei J W. Cloud computing based geographical information service technologies [J]. *Computer Science*, 2019, 46(s1): 532 – 536.
- [9] 赵忠明, 高连如, 陈 东, 等. 卫星遥感及图像处理平台发展 [J]. *中国图象图形学报*, 2019, 24(12): 2098 – 2110.
Zhao Z M, Gao L R, Chen D, et al. Development of satellite remote sensing and image processing platform [J]. *Journal of Image and Graphics*, 2019, 24(12): 2098 – 2110.
- [10] Dong J, Xiao X, Menarguez M A, et al. Mapping paddy rice planting area in northeastern asia with Landsat 8 images, phenology – based algorithm and Google Earth Engine [J]. *Remote Sensing of Environment*, 2016, 185: 142 – 154.
- [11] Gorelick N, Hancher M, Dixon M, et al. Google Earth Engine: Planetary – scale geospatial analysis for everyone [J]. *Remote Sensing of Environment*, 2017, 202: 18 – 27.
- [12] Ghulam A, Qin Q, Zhan Z. Designing of the perpendicular drought index [J]. *Environmental Geology*, 2007, 52(6): 1045 – 1052.
- [13] Ghulam A, Qin Q, Teyip T, et al. Modified perpendicular drought index (MPDI): A real – time drought monitoring method [J]. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 2007, 62(2): 150 – 164.
- [14] 秦其明, 游 林, 赵 越, 等. 基于二维光谱特征空间的土壤线自动提取算法 [J]. *农业工程学报*, 2012, 28(3): 167 – 171.
Qin Q M, You L, Zhao Y, et al. Soil line automatic identification algorithm based on two – dimensional feature space [J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2012, 28(3): 167 – 171.
- [15] Baret F, Clevers J, Steven M D. The robustness of canopy gap fraction estimates from red and near – infrared reflectances: A comparison of approaches [J]. *Remote Sensing of Environment*, 1995, 54(2): 141 – 151.

Development of farmland drought remote sensing dynamic monitoring system based on Android

LONG Zehao¹, ZHANG Tianyuan¹, XU Wei¹, QIN Qiming^{1,2}

(1. *Institute of Remote Sensing and Geographical Information System, School of Earth and Space Science, Peking University, Beijing 100871, China*; 2. *Geographic Information System Technology Innovation Center of the Ministry of Natural Resources, Beijing 100871, China*)

Abstract: A farmland drought remote sensing dynamic monitoring system has been established on the Android mobile platform in order to meet the actual needs of users for observation of agricultural conditions such as farmland drought. For the problem of inefficiency in traditional manual field recording by users, the system combines the advantages of portable mobile devices and global positioning system (GPS) to realize the digital management of farmland data, and completes a set of processing flow from field data entry, processing to export. With the purpose of real – time drought dynamic monitoring, the system uses the massive remote sensing data management and powerful calculating ability advantages provided by the Google Earth Engine remote sensing cloud computing platform, utilizes multi – source remote sensing data such as Landsat, MODIS and Sentinel, applies the Flask framework to implement the Google Earth Engine platform Python service interface access scheme, and completes the function of dynamic drought monitoring for farmland, which provides users with a technical application platform for selecting the remote sensing data source, calculating the drought monitoring model and finally generating the grade thematic map of drought.

Keywords: farmland drought; dynamic monitoring; Android; cloud computing platform; Flask

(责任编辑: 张 仙)