



中华人民共和国测绘行业标准

CH/T XXXX—XXXX

洪涝灾害卫星遥感智能监测技术规范

Technical specification for satellite remote sensing intelligent
monitoring of flood disaster

(点击此处添加与国际标准一致性程度的标识)

(征求意见稿)

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

XXXX—XX—XX 发布

XXXX—XX—XX 实施

中华人民共和国自然资源部 发布

目 次

前言.....	III
1 范围.....	1
2 规范性引用文件.....	1
3 术语和定义.....	1
4 缩略语.....	1
5 总体要求.....	2
6 总体流程.....	2
7 洪涝区智能识别数据集构建.....	3
7.1 数据收集.....	3
7.2 历史卫星遥感影像数据筛选.....	4
7.3 卫星影像配准.....	4
7.4 数据标注.....	4
8 洪涝区智能识别模型设计与构建.....	5
8.1 洪涝区智能识别模型设计.....	5
8.2 洪涝区智能识别模型构建.....	5
9 洪涝区智能识别.....	6
9.1 灾前、灾后卫星影像收集.....	6
9.2 卫星影像配准.....	6
9.3 洪涝区检测.....	6
9.4 受灾路网检测.....	6
9.5 受灾建筑物检测.....	7
9.6 受灾耕地检测.....	7
10 洪涝区智能识别成果编制.....	7
10.1 数据成果.....	7
10.2 图件成果.....	7
10.3 文档成果.....	8
附录 A（资料性） 标注文件示例.....	9
附录 B（资料性） 洪涝区智能识别图件成果制图样式及示例.....	10
附录 C（规范性） 洪涝区智能识别统计表.....	12
参考文献.....	13

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中华人民共和国自然资源部提出。

本文件由全国地理信息标准化技术委员会卫星应用分技术委员会（SAC/TC230/SC3）归口。

本文件起草单位：武汉大学、长安大学、深圳大学、浙江中裕通信技术有限公司。

本文件主要起草人：袁强强、李振洪、苏鑫、朱武、张双成、焦洪赞、刘宁、汪驰升、陈智鹏、孔洁、林挺。

洪涝灾害卫星遥感智能监测技术规范

1 范围

本文件规定了洪涝灾害卫星遥感智能监测的总体要求、洪涝区智能识别数据集构建、洪涝区智能识别模型设计与构建、洪涝区智能识别、洪涝区智能识别成果编制。

本文件适用于各级应急管理部门以及应急救援相关单位和团体在洪涝灾害中获取洪涝受灾信息。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 32453—2015 卫星对地观测数据产品分类分级规则

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

代价函数 loss function

衡量模型预测结果与真实值之间的偏差，也称为损失函数或成本函数。

注：在模型训练过程中，通过最小化代价函数完成模型参数的调整，即完成模型训练。

3.2

路网数据 road network data

描述不同类型和等级道路的矢量数据。

注：该数据包括铁路、高速公路、干线公路等路网要素的地理位置分布信息。

3.3

建筑物数据 building data

描述人民生活居住、商业活动、工业生产等活动的建筑物矢量数据。

注：该数据包括住宅建筑、商业建筑、工业建筑等要素的地理位置、覆盖区域、面积等信息。

3.4

耕地数据 cultivated land data

描述农作物种植的土地矢量数据。

注：该数据包含旱田、水田等耕地要素的地理位置、覆盖区域、面积等信息。

4 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

CGCS2000：2000国家大地坐标系（China Geodetic Coordinate System 2000）

GIS：地理信息系统（Geographic Information System）

SAR：合成孔径雷达（Synthetic Aperture Radar）

5 总体要求

利用卫星遥感影像进行洪涝灾情的监测，应符合以下要求：

- a) 洪涝受灾区灾前应相应的高分辨率历史遥感卫星影像数据，空间分辨率应优于10m，且该历史遥感卫星影像数据获取时间应与灾害发生时间相差宜小于1个月；
- b) 洪涝受灾区灾后第一时间应获取相应的高分辨率遥感卫星影像数据，空间分辨率应优于10m，且该灾后影像获取时间应在洪涝消退前；
- c) 获取光学遥感影像含云量应小于10%，洪涝灾害监测只能对未受到云雾遮挡的区域进行；
- d) 获取的光学遥感影像、SAR影像应为经过绝对辐射校正和系统几何校正的数据产品。

6 总体流程

洪涝灾害卫星智能监测技术处理流程见图1，主要内容如下：

- a) 洪涝区智能识别数据集构建：收集受灾区的路网数据、建筑物数据、耕地数据、光学卫星影像、SAR 卫星影像，通过人工标注洪涝区域，构建洪涝区智能识别数据集；
- b) 智能洪涝区智能识别模型设计与构建：设计洪涝区智能识别模型，利用洪涝区智能识别数据集进行洪涝区智能识别模型的构建；
- c) 洪涝区智能识别：收集灾前、灾后光学或 SAR 卫星影像，利用构建的洪涝区智能识别模型，识别洪涝灾区，并进一步利用收集的路网数据、建筑物数据、耕地数据提取受灾路网、受灾建筑、受灾耕地等信息；
- d) 洪涝区智能识别成果编制：将洪涝区智能识别过程的数据进行整理、编目、保存，形成数据成果、图件成果、文档成果。

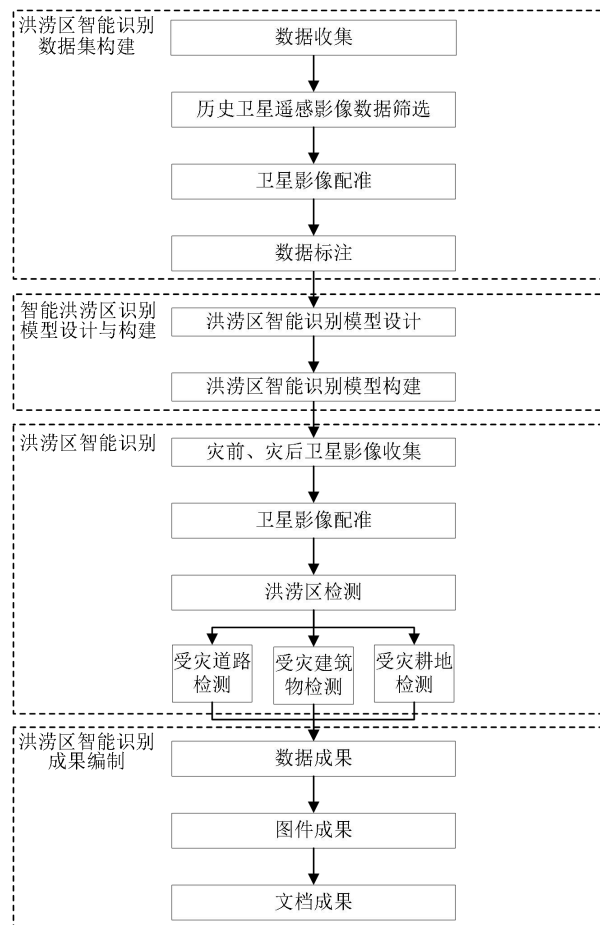


图1 洪涝灾害卫星智能监测技术处理流程

7 洪涝区智能识别数据集构建

7.1 数据收集

收集路网数据、建筑物数据、耕地数据，数据内容见表1。

表1 路网数据、建筑物数据、耕地数据内容

数据	内容描述		
路网数据	铁路	普通铁路	单线标准轨、复线标准轨、建设中铁路、单线窄轨、复线窄轨。
		地铁轻轨	地铁轻轨。
		有轨电车	路面电车轨道。
	公路	高速公路	连接城市与城市之间，全封闭并设有中央分隔带，全部立体交叉并具有完善的交通安全设施和管理、服务设施，供汽车分向行驶并全部控制出入的干线公路。
		干线公路	干线公路/城市快速路。国家公路体系中最高等级的，但不是高速公路。不可被划分到高速公路中去。
		主要公路	主要公路。连接主要区域、大型城镇的道路。
建筑物数据	房屋建筑	次要公路	次要公路。连接主要区域、城镇的道路，但不及主要道路重要。
		三级公路	连接较小乡镇和乡村。
	房屋建筑	房屋建筑	一般指上有屋顶，周围有墙，能防风避雨，御寒保暖，供人们在其中工作、生产、生活、学习、娱乐和储藏物资，并具有固定基础。

耕地数据	农用耕地	水田	种植水稻、莲藕、茭白等水生农作物的耕地。
		旱地	种植小麦、玉米、豆类、薯类、油菜、青稞和蔬菜等旱生、旱作物的耕地，含大棚用地。

7.2 历史卫星遥感影像数据筛选

7.2.1 光学影像

光学影像数据筛选要求如下：

- 每景影像含云量宜不超过10%；
- 影像应为GB/T 32453-2015中7.2规定的子级L2_3、子级L3_3或子级L4_3级数据产品中的一种；
- 影像应图面清晰，无数据丢失，无明显条纹、噪声，定位准确，无严重畸变；
- 宜选择最接近常年同期平均高水位的影像。

7.2.2 SAR影像

SAR影像数据除应按照7.2.1a)、b)和c)的要求外，还应符合下列要求。

- SAR图像获取波段：
 - 如果洪涝区地表植被覆盖较多，宜选择长波长、穿透性强的L波段图像；
 - 如果洪涝区内建筑物较多，宜选择波长较短的X波段图像；
 - 其他情况宜选择波长适中的C波段图像。
- 宜选择单极化SAR图像，如果SAR影像为多极化或全极化数据，宜选择水平-水平或垂直-垂直极化通道。

7.3 卫星影像配准

宜使用遥感图像处理软件，按照如下步骤进行两景卫星影像配准：

- 宜使用拍摄区域重叠、分辨率接近、同为光学或同为SAR的两景影像进行配准；
- 在待配准的两景影像上宜选择3对以上的同名特征点，同名特征点应分布均匀且不共线；
- 使用多项式变换、样条函数变换等变换方式进行影像配准；
- 宜使用最近邻重采样方式进行图像重采样，并保存配准后影像。

7.4 数据标注

7.4.1 标注对象

经过卫星影像配准后，宜选择灾前、灾后同为光学影像或同为SAR影像的图像对进行标注。标注对象为水淹的洪涝区域，不包括原本水系区域。宜通过对比灾前、灾后影像，进行人工判读标注。

7.4.2 标注工具

可使用图像标注软件，通过人工目视对比灾前、灾后影像，进行手动标注。

7.4.3 标注人员培训和质量控制

标注人员培训和质量控制应包括以下内容：

- 对标注人员进行培训，使其熟悉标注准则和标注工具的使用；
- 宜采用随机抽查的方式对标注结果进行检查；
- 随机选择覆盖面积不少于100km²的区域；
- 应由两位标注人员分别独立标注，两次标注结果误差应小于10%。

7.4.4 标注结果输出

标注结果输出应包括以下内容：

- 标注结果应保存为独立的文件，标注文件示例见附录A；

- b) 标注结果文件应包含洪涝区的位置信息、原始图像文件名、原始图像获取时间、标注时间等信息；
- c) 标注结果宜根据卫星影像类型，分为光学影像洪涝区智能识别标注数据集和SAR影像洪涝区智能识别标注数据集。

7.4.5 标注数据集划分

应将标注的光学影像、SAR影像洪涝区智能识别标注数据集随机划分为训练集、验证集和测试集三部分，各部分占比宜为70%、10%和20%，便于后续洪涝区智能识别模型的训练与验证。

8 洪涝区智能识别模型设计与构建

8.1 洪涝区智能识别模型设计

8.1.1 基础网络

洪涝区智能识别模型宜选择下列一种网络模型作为基础网络：

- 自编码网络；
- 深度置信网络；
- U 型网络；
- 孪生网络。

8.1.2 模型代价函数

代价函数宜选择人工标注真实洪涝区与洪涝智能识别模型预测洪涝区的图像交叉熵损失，使用监督模型训练方式训练洪涝区智能识别模型。

8.2 洪涝区智能识别模型构建

8.2.1 模型训练与验证

洪涝区智能识别模型训练与验证步骤如下：

- a) 宜选择8.1.1中一种网络作为洪涝区智能识别模型的基础网络；
- b) 根据标注的训练集分别训练光学影像、SAR影像的洪涝区智能识别模型，即利用光学影像洪涝区智能识别标注数据集训练光学影像洪涝区智能识别模型，利用SAR影像洪涝区智能识别标注数据集训练SAR影像洪涝区智能识别模型；
- c) 将洪涝区智能识别模型的参数进行初始化，初始化方式可以选择随机初始化；
- d) 使用标注的训练集，利用优化算法（如梯度下降）调整洪涝区智能识别模型参数，以最小化模型代价函数；
- e) 使用标注的验证集检查洪涝区智能识别模型的性能，按照公式（1）计算总体精度；

$$P = \frac{N_{TP} + N_{TN}}{N_{TP} + N_{TN} + N_{FP} + N_{FN}} \dots\dots\dots (1)$$

式中：

P ——总体精度；

N_{TP} ——真实标签为非洪涝区、被识别为非洪涝区的像素个数；

N_{TN} ——真实标签为洪涝区、被识别为洪涝区的像素个数；

N_{FP} ——真实标签为洪涝区、被识别非洪涝区的像素个数；

N_{FN} ——真实标签为非洪涝区、被识别为洪涝区的像素个数。

- f) 如果模型在验证集上的总体精度低于85%，且比上一次迭代的总体精度有提升，则重复步骤d)～e)；

- g) 如果模型在验证集上的总体精度低于85%，且比上一次迭代的总体精度没有提升，则应调整模型的训练学习率、批量大小、优化器等超参数，并重复步骤d)～e)；
- h) 如果模型在验证集上的总体精度指标达到85%～95%，则停止模型训练。

8.2.2 模型测试与保存

洪涝区智能识别模型测试与保存步骤如下：

- a) 使用标注好的测试集，评估洪涝区智能识别模型最终性能，评估指标宜选择公式（1）计算的总体精度；
- b) 如果模型在测试集上总体精效果低于85%，重复8.1，选择不同的基础网络，设计洪涝区智能识别模型，并重复8.2.1的规定，进行模型训练与验证；
- c) 如果模型在测试集上总体精效果达到85%～95%，保存该洪涝区智能识别模型的模型参数，以便于后续洪涝区智能识别。

9 洪涝区智能识别

9.1 灾前、灾后卫星影像收集

9.1.1 光学影像

灾前、灾后光学卫星影像除应符合7.2.1中a)～c)的要求外，灾前影像宜选择接近常年同期平均高水位的影像。

9.1.2 SAR影像

灾前、灾后SAR卫星影像除应符合9.1.1a)～c)的要求外，还应符合下列要求：

- a) 宜选择单极化SAR图像；
- b) 灾前、灾后SAR影像的极化方式应一致。

9.2 卫星影像配准

同7.3。

9.3 洪涝区检测

洪涝区检测的方法和要求如下：

- a) 灾前、灾后卫星影像应同为光学或同为SAR影像；
- b) 应根据灾前、灾后卫星影像类型选择按照8.2规定训练的光学或SAR影像洪涝区智能识别模型；
- c) 将灾前、灾后卫星影像输入洪涝区智能识别模型，输出洪涝区检测结果图像；
- d) 宜将洪涝区检测结果图像保存为与输入卫星影像同等像素分辨率的图像，并具备地理坐标；
- e) 将已知的洪涝实际情况与洪涝区检测结果图像进行比对核实，利用软件将洪涝区检测结果图像中的错检部分进行删除、漏检部分进行手动添加。
- f) 按照公式（2）计算洪涝区面积，并将计算结果填写至表C.1。

$$S = r^2 N \dots\dots\dots (2)$$

式中：

S ——洪涝区面积；

r ——卫星影像空间分辨率；

N ——洪涝区检测结果图像中洪涝区的像素个数。

9.4 受灾路网检测

受灾路网检测方法如下：

- a) 坐标系检查：检查路网数据是否与洪涝区检测结果图像在同一坐标系，如果不在同一坐标系，应进行坐标系转换，使两类数据空间位置一致；
- b) 叠加分析：使用GIS软件，将洪涝区检测结果图像与路网数据同时打开，位于洪涝区域内的路网即为受灾路网；
- c) 受灾路网检测结果图像输出：使用GIS软件将受灾路网导出为栅格图像文件，图像分辨率应与洪涝区检测结果图像保持一致；
- d) 受灾路网里程计算：按照公式（3）计算实际受灾路网里程，并将计算结果填写至表C.1。

$$L = rM \dots\dots\dots (3)$$

式中：

L ——受灾路网里程；

M ——受灾路网在受灾路网检测结果图像中的像素长度。

9.5 受灾建筑物检测

将洪涝区检测结果图像与收集的建筑物数据相叠加，即可得到受灾建筑物检测结果图像。受灾建筑物检测方法见9.5a)、b)、c)。按照公式（4）计算受灾建筑物面积，并将计算结果填写至表C.1。

$$S_b = r^2 N_b \dots\dots\dots (4)$$

式中：

S_b ——受灾建筑物面积；

N_b ——受灾建筑物在受灾建筑物检测结果图像中的像素个数。

9.6 受灾耕地检测

将洪涝区检测结果图像与收集的耕地数据相叠加，即可得到受灾耕地检测结果图像。受灾耕地检测方法见9.5a)、b)、c)。按照公式（5）计算受灾耕地面积，并将计算结果填写至表C.1。

$$S_f = r^2 N_f \dots\dots\dots (5)$$

式中：

S_f ——受灾耕地面积；

N_f ——受灾耕地在受灾耕地检测结果图像中的像素个数。

10 洪涝区智能识别成果编制

10.1 数据成果

应整理、编目、分类保存洪涝区智能识别过程中重要环节的各类数据和结果，包括但不限于：

- a) 收集的路网数据、建筑物数据、耕地数据，以及洪涝区智能识别使用的灾前、灾卫星影像；
- b) 完成配准的灾前、灾卫星影像；
- c) 洪涝区智能识别模型训练使用的训练集；
- d) 洪涝区检测结果图像；
- e) 受灾路网、建筑物、耕地检测结果图像。

10.2 图件成果

洪涝区智能识别图件成果制作要求如下：

- a) 图件成果应包括配准后的灾前、灾卫星影像，以及由洪涝区检测结果图像、受灾路网检测结果图像、受灾建筑物检测结果图像、受灾耕地检测结果图像组合形成的洪涝区智能识别结果图像；
- b) 制图坐标系应采用CGCS2000；

- c) 根据不同应用目的选择1:250 000、1:100 000、1:50 000、1:2 5000或1:10 000比例尺，或根据实际具体工程需要与要求，选择工程比例尺，但宜参考上述比例尺；
- d) 图例宜用黑色波折线表示受灾路网，用不同纹理的区域表示洪涝区、受灾建筑物、受灾耕地。洪涝区智能识别图件成果制图样式及示例见附录B。

10.3 文档成果

洪涝区智能识别文档成果宜包括如下内容：

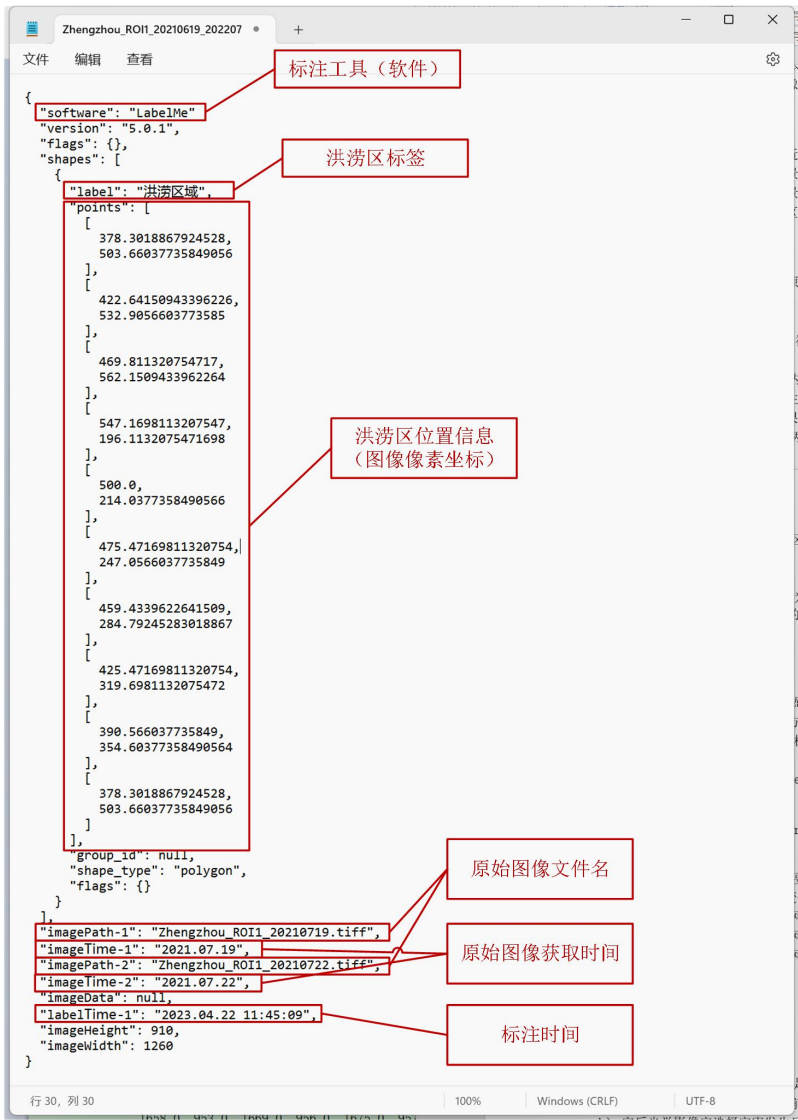
- a) 标题：应包括洪涝灾害时间、地点、受灾程度等信息（如“2021年7月郑州特大暴雨洪涝灾害”）；
- b) 内容简报：应包含洪涝灾害时间、地点、受灾范围、受灾程度、使用的卫星遥感数据信息、检测时间、检测单位及人员等信息；
- c) 洪涝区智能识别图件成果；
- d) 洪涝区智能识别统计表：包括洪涝区面积、受灾路网里程、受灾建筑物面积、受灾耕地面积等统计结果，洪涝区智能识别统计表应符合附件C的规定。

附录 A
(资料性)
标注文件示例

标注文件示例见图A. 1，标注文件内容示例见图A. 2。

名称	日期		大小	标记
Zhengzhou_ROI1_20210722.tiff	2023/2/20 19:13	配准后的灾前影像 TIFF 文件	20,841 KB	
Zhengzhou_ROI1_20210719.tiff	2023/2/20 19:13	配准后的灾后影像	20,841 KB	
Zhengzhou_ROI1_20210619_20220722.txt	2023/12/7 1:03	标注文件 文本文档	2 KB	

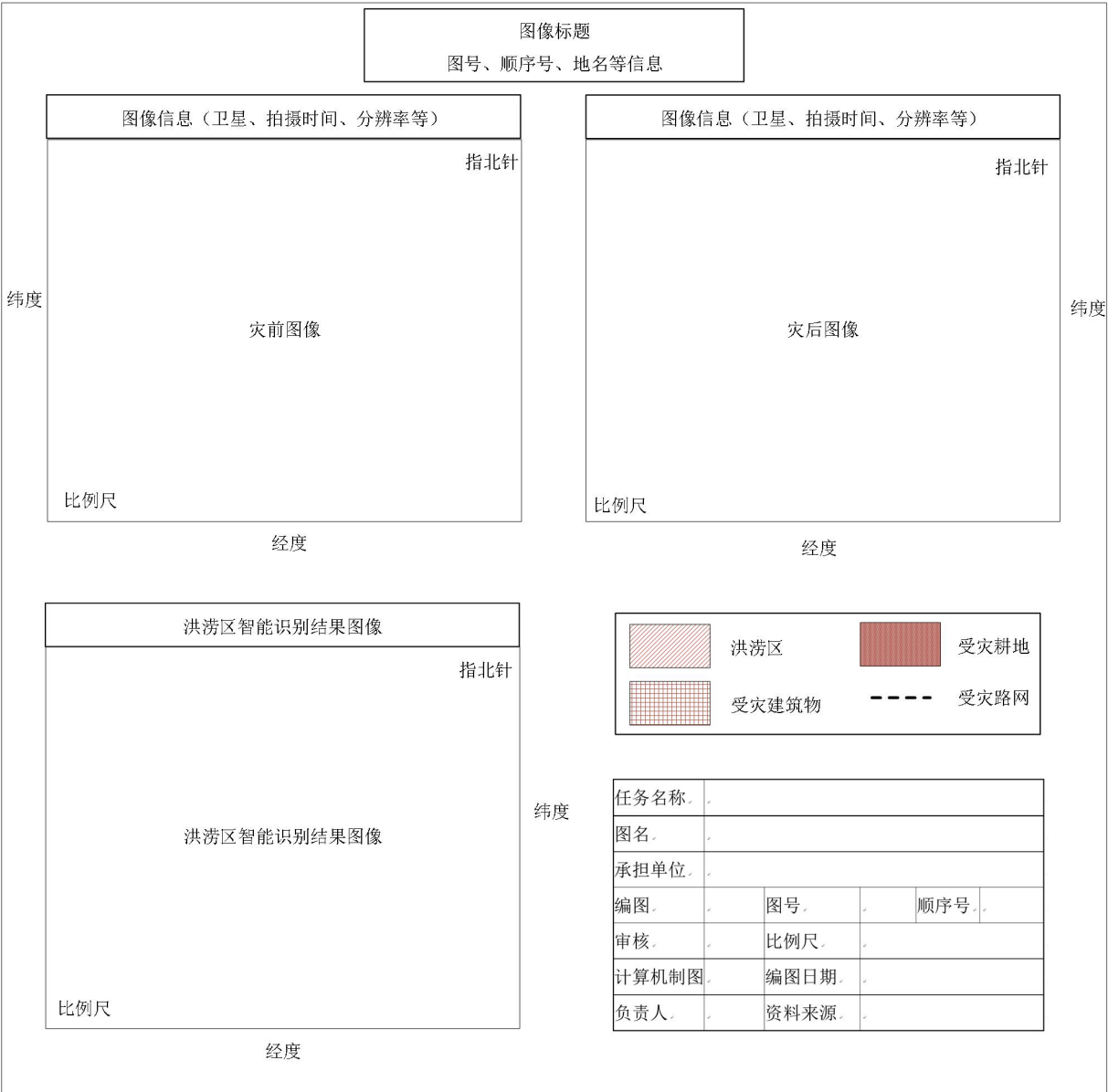
图A. 1 标注文件示例



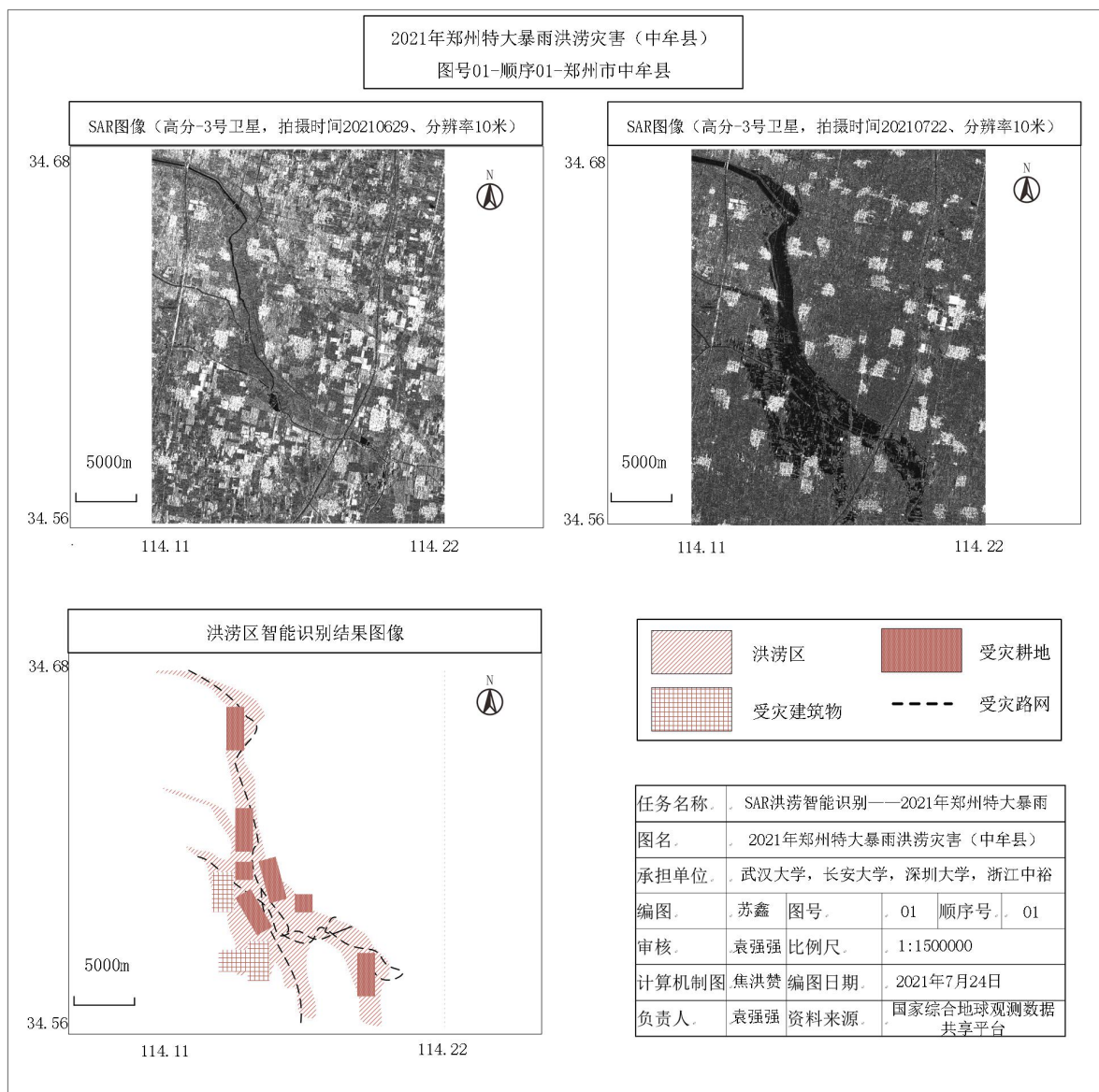
图A. 2 标注文件内容示例

附录 B
(资料性)
洪涝区智能识别图件制图样式及示例

洪涝区智能识别图件成果制图样式见图B. 1，成果示例见图B. 2。



图B. 1 洪涝区智能识别图件成果制图样式



图B.2 洪涝区智能识别图件成果示例

附 录 C
(规范性)
洪涝区智能识别统计表

表C.1给出了洪涝区智能识别统计表格式。

表C.1 洪涝区智能识别统计表

填报单位：		监测日期：		
地区	洪涝区面积 (km ²)	受灾路网里程 km	受灾建筑物面积 km ²	受灾耕地面积 km ²
单位负责人：		填表人：	填报日期： 年 月 日	

参 考 文 献

- [1] GB 21139—2007 基础地理信息标准数据基本规定
 - [2] GB/T 24438.1—2009 自然灾害灾情统计第1部分：基本指标
 - [3] GB/T 39195—2020 城市内涝风险普查技术规范
 - [4] CH/T 9029-2019 基础性地理国情监测内容与指标
 - [5] HJ 1156—2021 自然保护区人类活动遥感监测技术规范
 - [6] MZ/T 041—2013 暴雨型洪涝灾害灾情预评估方法
 - [7] NY/T 4065—2021 中高分辨率卫星主要农作物产量遥感监测技术规范
 - [8] QX/T 140—2011 卫星遥感洪涝监测技术导则
 - [9] SL 579—2012 洪涝灾情评估
 - [10] SL/T 750—2017 水旱灾害遥感监测评估技术规范
 - [11] DB 51/T 2829—2021 暴雨洪涝灾害风险评估技术规范
 - [12] DB 5133/T 42—2020 甘孜州洪涝预警等级
-

《洪涝灾害卫星遥感智能监测技术规范》

编制说明

行业标准项目名称： 洪涝灾害卫星遥感智能监测技术规范

行业标准项目编号： 202233003

送审行业标准名称： 洪涝灾害卫星遥感智能监测技术规范

（此栏送审时填写）

报批行业标准名称： 洪涝灾害卫星遥感智能监测技术规范

（此栏报批时填写）

承担单位： 武汉大学

当前阶段： ☒征求意见 ☐送审稿审查 ☐报批稿报批

编制时间： 二〇二四年五月

洪涝灾害卫星遥感智能监测技术规范

编制说明

一、概况

1.1 任务来源

2022 年 9 月 6 日自然资源部下达《2022 年度自然资源标准标准制修订工作计划》（自然资办发〔2022〕39 号），本标准是自然资源部发布的 2022 年自然资源卫星应用行业标准计划项目之一，项目编号：202233003，标准计划名称《洪涝灾害卫星遥感智能监测技术规范》。本标准由全国地理信息标准化技术委员会卫星应用分技术委员会归口，由武汉大学牵头起草，参加起草单位有长安大学、深圳大学、浙江中裕通信技术有限公司。计划周期：24 个月。

1.2 目的意义

洪涝灾害是影响最严重的自然灾害之一，发生频率和造成的死亡均居世界首位。我国发生洪涝灾害的区域较广，包括东南沿海地区，甚至内陆传统干旱地区。近年来，强降雨、台风等极端天气已经造成了郑州、广州、武汉、杭州、兰州等多个大中城市的严重内涝，大量居民生活陷入瘫痪。仅 2021 年洪涝就造成我国超过 5800 万人次受灾，直接经济损失超 2400 亿元。

面对严峻的洪涝灾害及其带来的不确定性，国际和国内均出台了大量的政策与法律进行应对。联合国于 2010 年启动了“韧带城市运动”和“城市韧带能力分析计划”，组建了 100 多座城市构成的协作网，以提高城市、国家的社会韧性，达到未来的减灾目的，其中超过 80%的城市面临洪涝、暴雨等相关灾害。我国在《国家中长期科学和技术发展规划（2006-2020 年）》中制定了“公共安全”重点领域主题，其中就包括关注重大自然灾害检测与预防主题，国家要求重点发

展暴雨、洪水、溃堤、决堤险情等重大灾害检测预警技术和评估技术。

因此，洪涝灾害的防灾减灾是国家发展的重大战略需求。卫星遥感技术作为当前防灾减灾的重要手段，开展洪涝大范围、智能化监测，全面了解和掌握洪涝灾害信息，为应急救援提供可靠的资料和依据，已成为防灾减灾的迫切需求。

鉴于此，本标准聚焦洪涝灾害监测问题，总结团队长期以来在卫星遥感智能信息处理、洪涝灾害监测等领域积累的技术经验，制定洪涝灾害的卫星遥感智能监测技术规范，以应对由暴雨洪水、溃坝洪水等引发的洪涝灾害，为监管单位与应急救援人员提供遥感数据获取、洪涝灾情提取、智能监测技术方法、应用范围和适用条件等方面的技术指导。

1.3 主要起草人及工作分工

编制任务下达后，武汉大学为牵头单位，长安大学、深圳大学、浙江中裕通信技术有限公司共同成立了编制组。编制组成员包括总体技术负责人和长期从事卫星遥感图像处理的技术人员和专家分工合作开展标准各章节的编写，编制组主要人员组成及分工见表 1。

表 1 编制组人员分工

序号	姓名	单位	任务分工	备注
1	袁强强	武汉大学	标准起草项目组长，负责方案、起草和编制说明编写工作	
2	李振洪	长安大学	标准起草项目副组长，参加方案确定、标准把关和工作协调	
3	苏鑫	武汉大学	负责规范技术路线确定、大纲框架确定、标准编写等工作	
4	朱武	长安大学	负责规范技术路线确定、标准编写及审稿工作	
5	张双成	长安大学	负责标准部分内容起草编写，收集部分资料	
6	焦洪赞	武汉大学	负责标准部分内容起草编写，收集部分	

			资料	
7	刘宁	长安大学	负责标准部分内容起草编写,收集部分资料	
8	汪驰升	深圳大学	负责标准部分内容起草编写,进行标准审核、校正工作	
9	陈智鹏	深圳大学	负责标准部分内容起草编写,进行标准审核、校正工作	
10	孔洁	浙江中裕通信技术有限公司	负责标准部分内容起草编写,进行标准审核、校正工作	
11	林挺	浙江中裕通信技术有限公司	负责标准资料收集,标准修改与校正工作	

1.4 主要工作过程

1.4.1 征求意见稿阶段

2022 年 9 月—2022 年 11 月,编制组开展了大量的调研工作,包括国内外有关现有标准,以及洪涝灾害卫星遥感智能监测技术的实际实施情况,编制组开始起草标准草案。

2022 年 12 月—2023 年 3 月,以标准草案为基础,编制组又以电话、社交软件、电子邮件和视频会议的形式与测绘领域生产作业单位、大学、科研院所的多位技术专家和生产专家进行多次交流探讨,并根据专家意见对标准草案进行修改完善,完成了标准征求意见稿和编制说明。

2023 年 3 月-2023 年 9 月,形成标准草案。标准起草项目组通过组织调研会、技术研讨与验证会,对标准草案进行讨论与修改,经过项目组各方协作,完成了标准草稿。

2023 年 9 月-2024 年 5 月,对标准草案进行修改完善,期间邀请武汉大学、长安大学、陕西测绘地理信息局、中交武汉智行国际工程咨询有限公司等单位十余位专家进行交流探讨,并根据专家意见对标准草案进行修改,于 2024 年 5

月完成标准征求意见稿。

1.4.2 送审稿阶段

暂未到达送审阶段。

1.4.3 报批稿阶段

暂未到达报批稿阶段。

二、 标准编制原则和确定标准主要内容的依据

2.1 标准编制原则

（1）通用性

针对洪涝灾害地域覆盖范围广泛、诱因复杂多样等特点，在系统性总结目前人工智能技术的基础上，提炼智能化洪涝灾情提取的核心关键内容，形成适应性广的洪涝灾情提取技术规范。

（2）可操作性

作为指导实际生产作业的技术建议规范，应具有实际可操作性。利用近年来真实洪涝灾害数据进行技术验证，记录并形成规范化操作流程，指导技术规范的形成，确保技术的可操作性。

（3）可靠性

技术可靠性是技术规范的重要目标，通过交叉验证、实际洪涝灾情应用等多种测试手段，进行全方位、系统的技术验证与测试，确保技术的可靠性。

（4）先进性

人工智能技术发展迅速，新理论与新技术层出不穷，不同的技术路线差异较大，应系统性总结当前主流人工智能技术，在保障实际可操作性、效果可靠的前提下，归纳形成先进的技术规范。

2.2 国内外调研情况

借助人工智能技术与手段,利用卫星影像进行洪涝灾害信息提取是目前学术界、工业界的热门研究发展方向。Bentivoglio 等人对目前主流用于洪涝灾情信息提取的深度学习方法,主要包括以卷积神经网络为主的图像分割方法、地物分类方法、多时相变化检测方法,洪涝区域检测的精度达到 85%以上。Paul 等人利用哨兵 1 号卫星影像数据,设计使用高置信度和低置信度标记数据训练多个 UNet 架构的集成模型,在未标记的测试数据集上生成伪标签或低置信度标签,然后将生成的标签与先前可用的高置信度标记数据集组合,通过迭代训练优化,实现半监督的洪涝灾害检测。眭海刚等人提出了一种多模态序列遥感影像一体化配准与洪涝灾害自动变化监测方法,利用深度特征和语义信息实现灾前光学影像和灾后 SAR 影像的自动、高精度配准,基于先验基础地理信息和时间序列遥感影像实现洪水变化监测和灾损信息提取。刘勇等人提出了一种结合分类和语义分割的遥感影像洪涝灾害检测方法,将遥感影像输入到 HRNet 网络中进行分类,判断影像是否受灾,基于输入影像和分类检测结果,判断洪涝区域。车子杰等人提出了一种融合多源遥感影像,基于改进 U-Net 网络的变化检测方法,并通过试验证明了该方法可以实现高精度、高效的洪涝灾害信息提取。

标准建设方面,国家卫星气象中心于 2012 年发布了气象行业标准《卫星遥感洪涝检测技术导则》(QX/T 140-2011),通过该标准明确了卫星遥感洪涝检测所使用的卫星数据要求、检测方法和处理流程,这项导则主要基于传统的遥感图像像素阈值法进行水体检测,通过前后比对达到洪涝区域的提取。不同于该标准中推荐的人工阈值方法,本标准将目前主流的端到端人工智能方法用于洪涝检测,具有可操作性强,检测结果稳健的优点。

目前,国内外研究成果表明,以深度学习为代表的人工智能技术在洪涝灾

情提取方面取得了较大的进展，与传统洪涝灾情提取方法相比有着巨大的优势，实验也表明了较好的实用价值。然而，目前从事遥感工作的单位在洪涝检测中大多独立进行研究与处理，所用的数据处理不同、检测方法也没有统一标准，检测结果不尽统一，这为卫星遥感洪涝检测的应用推广和技术交流造成不便。为了更好发挥卫星遥感观测、人工智能技术在我国洪涝灾害监测中的应用，促进卫星遥感洪涝监测的智能化与规范化，加强各遥感部门的技术交流，特制定本标准。

本标准在制定过程中，广泛收集了相关国家标准和行业标准，作为本标准制定的参考和借鉴依据，主要包括：

GB/T 32453-2015 《卫星对地观测数据产品分类分级规则》

CH/T 9032-2022 《全球地理信息资源 数据产品规范》

本标准充分借鉴以上技术标准内容，主要有 GB/T 32453-2015 中关于卫星影像产品等级的定义、CH/T 9032-2022 中关于道路、建筑等核心矢量要素的定义。

2.3 主要技术内容的说明

2.3.1 标准的定位

本标准对洪涝灾害卫星遥感智能检测的处理流程进行了相应的建议，规范了洪涝灾害下利用人工智能技术对卫星遥感数据进行处理，获取洪涝区、受灾路网、受灾建筑物、受灾耕地等灾情信息，可用于指导基于人工智能技术的卫星遥感洪涝灾情检测。

2.3.2 确定标准具体内容的依据

本标准的任务是规范并指导使用人工智能技术进行卫星影像的洪涝灾情检测作业，相较于人工标绘具有较快的处理速度，相较于传统机器学习技术具有较高的检测精度。编制组进行了大量的调研、资料收集，并使用真实数据进行

大量实验用于技术验证，编制过程中与陕西测绘地理信息局、中交武汉智行国际工程咨询有限公司、广东省自然资源厅技术中心等单位的专家进行交流和探讨，充分利用编制单位的自身条件，总结凝练了人工智能洪涝灾情检测处理经验，为本标准的内容编写提供了重要依据。

2.3.3 人工智能洪涝灾情检测的通用处理流程

洪涝灾害卫星遥感智能检测技术规范的主要处理流程如下图所示，主要包括路网、建筑物、耕地数据收集，卫星光学影像、SAR 影像遥感数据收集与处理，洪涝区智能识别数据集的人工标注与构建、洪涝区智能识别、灾情信息统计等步骤。标准的制定充分考虑现行相关标准、当前主流技术发展状态等因素，标准内容的制定主要依据如下内容。

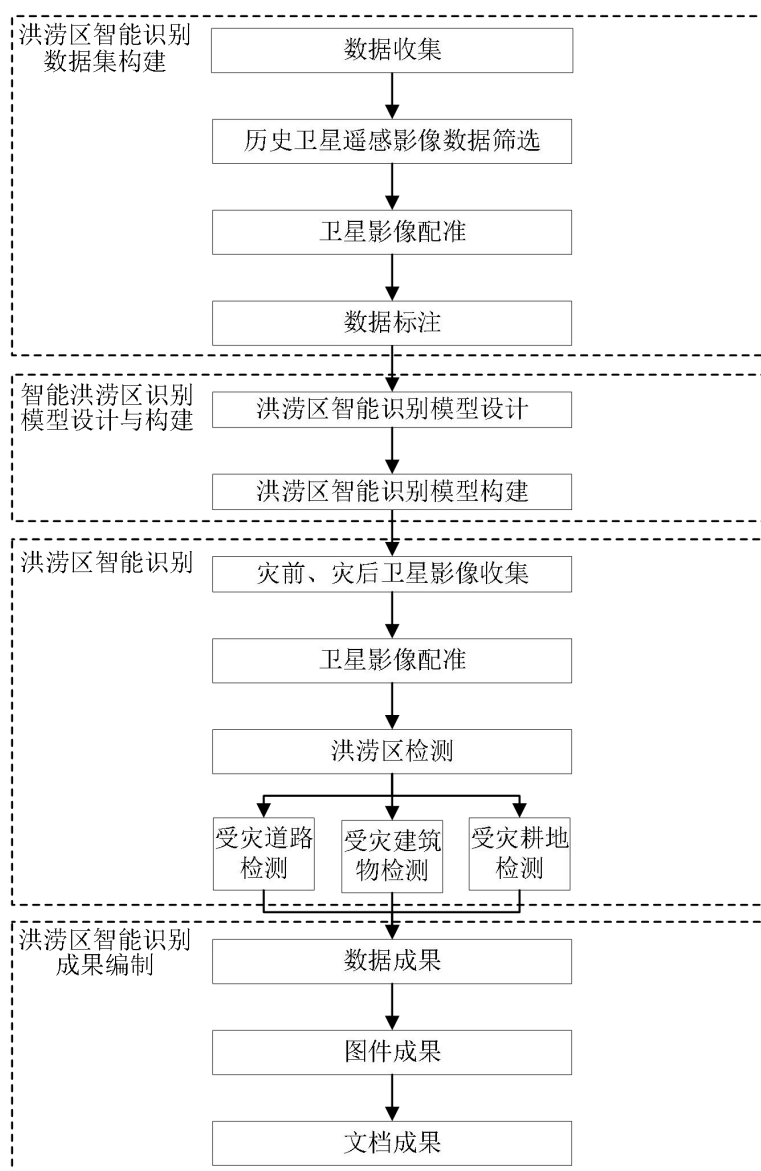


图 1. 洪涝灾害卫星影像监测技术规范主要处理流程

1) 洪涝区智能识别数据集构建。目前主流可以获得的卫星遥感影像主要有哨兵 1 号 SAR 影像、哨兵 2 号光学影像、国产高分系列光学以及 SAR 影像。通过研究总结上述卫星影像的预处理内容，确定了本标准的卫星影像数据以及路网数据、建筑物数据、耕地数据收集与预处理内容。目前深度学习算法依赖高质量的人工标注数据集，通过总结目前主流的卷积神经网络深度学习算法，确定了本标准的人工标注数据集构建内容。

2) 洪涝区智能识别模型设计与构建。基于已构建的洪涝区智能识别数据集，建议选择自编码网络、U 型网络、深度置信网络、孪生网络作为模型基础网络，

选择交叉熵损失为模型代价函数。使用标注的数据集进行模型训练、验证与测试。

3) 洪涝区智能识别。本标准主要依靠深度学习技术，检测洪涝灾害前后卫星影像的变化区域，达到洪涝区识别的目的。通过总结与试验目前主要的深度学习人工智能方法，制定了通用化的洪涝区智能识别技术内容。

4) 洪涝区智能识别成果编制。本标准在洪涝区智能识别结果的基础上，通过收集整理灾前数据（包括路网数据、建筑物数据、耕地数据，洪涝区智能识别标注数据集，以及洪涝区智能识别使用的灾前卫星影像），灾后的卫星影像，洪涝区智能识别结果图（包括洪涝区检测结果图像、受灾路网检测结果图像、受灾建筑物结果图像、受灾耕地结果图像等），并统计洪涝区面积、受灾网络里程、受灾建筑物面积、受灾耕地面积等信息，结合实际情况，确定了洪涝信息统计内容。

2.3.4 数据收集与预处理

本标准涉及卫星光学影像、SAR 影像、路网数据、建筑物数据、耕地数据的收集及预处理等操作，具体涉及以下内容：

1) 路网、建筑物、耕地数据收集

收集受灾区域的路网、建筑物、耕地等数据，该部分数据主要用于后续受灾路网里程、受灾建筑物、受灾耕地等灾情信息的检测与定量统计。

2) 光学影像收集

卫星光学影像数据空间分辨率应不低于 10 米，单景影像云量比例一般不超过 10%。影像应图面清晰，无数据丢失，无明显条纹、噪声，定位准确，无严重畸变。收集的光学影像应为 GB/T 32453-2015 中 7.2 规定的 L2_3、L3_3 或 L4_3 级数据产品中的一种。

3) SAR 影像收集

区域性监测宜选择中高分辨率的 SAR 图像(分辨率 10m 左右, 重点区域监测时可以选择较高分辨率的 SAR 图像, 如 3m 左右)。SAR 图像获取波段应根据洪涝区地表覆盖情况选择合适的波段。若洪涝区地表植被覆盖较多, 宜选择长波长、穿透性强的 L 波段图像; 若洪涝区内建筑物较多, 宜选择波长较短的 X 波段图像; 其他情况宜选择波长适中的 C 波段图像。SAR 图像极化方式宜选择单极化方式, 如水平-水平或垂直-垂直。收集的 SAR 影像应为 GB/T 32453-2015 中 7.2 规定的子级 L2_3、子级 L3_3 或子级 L4_3 级数据产品中的一种。

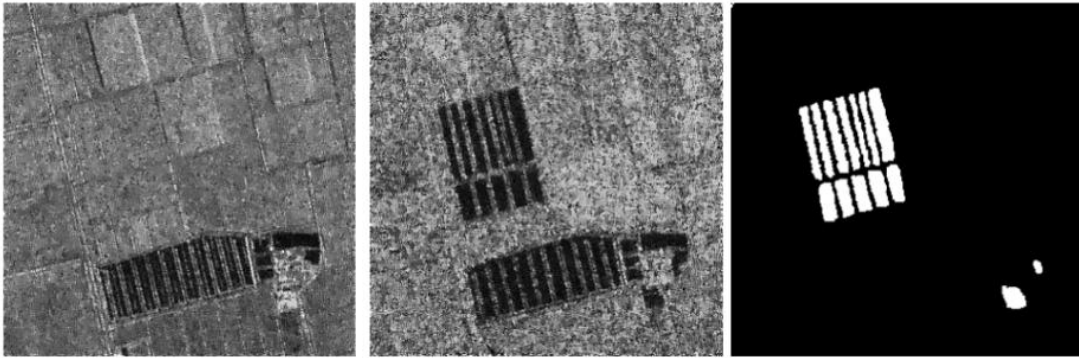
4) 卫星影像数据配准

选择拍摄区域重叠、分辨率接近、同为光学或同为 SAR 的两景影像进行配准。首先, 通过几何配准方法计算两景卫星影像之间偏移量, 进行影像配准。其次, 通过仿射变化将其中一景影像重采样到另外一景影像相同的格网上。最后, 根据重叠区域、任务要求区域进行配准后影像裁切。通过匹配算法和匹配度阈值选择基准影像和待配准影像重叠区的连接点, 通过多项式、放射变化和局部三角网等变换模型进行精确配准。

2.3.5 洪涝区智能识别数据构建

人工标准数据是深度学习算法的重要基础, 可以用于深度学习算法模型的训练与测试, 标注数据集的好坏直接关系智能算法结果的优劣, 因此, 本标准推荐由专业人士目视判读, 借助成熟的图像处理软件进行标注, 具体包括:

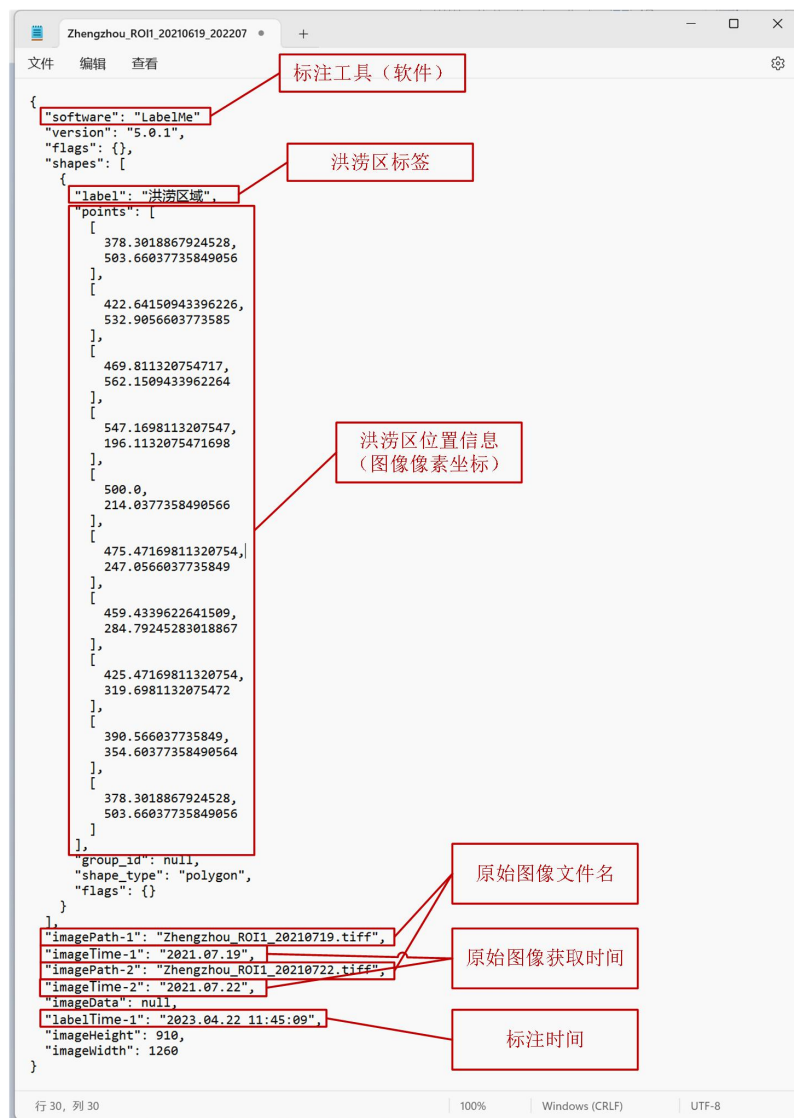
1) 确定标注区域, 包括洪涝区的范围、面积、空间位置等信息。标注结果如下图所示。



(a) 人工标注示例，从左到右分别为灾前影像、灾后影像、标注结果图像

名称	日期	配准后的灾前影像	大小	标记
Zhengzhou_ROI1_20210722.tiff	2023/2/20 19:13	TIFF 文件	20,841 KB	
Zhengzhou_ROI1_20210719.tiff	2023/2/20 19:13	配准后的灾后影像	20,841 KB	
Zhengzhou_ROI1_20210619_20220722.txt	2023/12/7 1:03	文本文档	2 KB	

(b) 标注文件示例，包括*.tiff、*.txt 文件



(c) 标注文件“*.txt”内容示例

图 2. 洪涝区智能识别数据人工标注示例

2) 设立标注质量控制机制，进行定期交叉检查标注结果和评估。可以采用抽查、简单抽样、机器验证的方法，标注误差应整体小于 10%。

2.3.6 洪涝区智能识别算法设计

传统洪涝区检测使用非监督变化检测、监督变化检测的智能深度学习模型。监督变化检测则利用已有的标记数据设计和训练具有较强学习能力的网络，从而有效地捕捉数据的抽象特征，获得高质量的变化检测结果。实际中监督变化检测通常相较于非监督变化检测能够取得较为理想的效果，因此，本标准建议选择监督变化检测方法进行。

此外，变化检测算法多样化，以卷积层、池化层、激活层、全连接层、残差连接、空间注意力、通道注意力等具体深度学习模块为基础，可以搭建多种变化检测深度学习算法模型。本标准并未对具体的深度学习算法进行严格规定，只选择几种典型、使用广泛的深度学习方法进行推荐，并在本标准中统称为“洪涝区智能识别模型”。具体有：

1) 自编码器网络

自编码器网络包含一个编码、解码特征提取网络，编码器通过输入层，一层隐藏层，一个输出层，经过特征作差之后，输入自表达网络进行差异特征提取，编码器网络部分的输出即为输入数据的特征，经过差分操作得到差分信息，最终通过 K-Mean 的非监督聚类算法进行变化检测。

2) 深度置信网络

深度置信网络网络利用双分支的经典神经网络为特征提取模块，每个分支包含一个输入层，三个隐藏层，一个输出层，输出层的深度特征输入慢特征分析模块，进行特征变换，最终利用聚类方法实现非监督变化检测。

3) U 型网络

U 型网络网络是一个标准的编码与解码结构,并使用了孪生网络作为编码器。双时相图像分别输入到孪生网络的两个分支中,两个分支的参数共享。两个相同的卷积滤波器对两幅影像进行特征提取,并形成相同位置的特征图。孪生网络分别提取双时相的图像特征后,连接两个分支的特征来确保信息的完整性。为了保持高分辨率特征和细粒度的位置信息,在编码器与解码器间使用了稠密跳跃连接机制。

4) 孪生卷积神经网络

全卷积孪生卷积神经网络结构同样是孪生结构,包含两个完全一样的分支,每个分支又分为两个部分:全卷积部分和反卷积部分。其中全卷积部分为一些经典的卷积神经网络(如 VGG, ResNet 等),用于提取特征;反卷积部分则是通过上采样得到原尺寸的语义分割图像。全卷积神经网络的输入可以为任意尺寸的彩色图像,输出与输入尺寸相同。

建议选择自编码网络、U 型网络、深度置信网络、孪生网络作为洪涝区智能识别模型的基础网络部分(也称为主干网络)。选择真实变化检测结果(人工标注的洪涝区智能识别标注数据集)与洪涝区智能识别模型预测结果的交叉熵损失作为代价函数,设计监督变化检测网络。

2.3.7 洪涝区智能识别模型训练

根据标注的训练集分别训练光学影像、SAR 影像的洪涝区智能识别模型,即利用光学影像洪涝区智能识别标注数据集训练光学影像洪涝区智能识别模型,利用 SAR 影像洪涝区智能识别标注数据集训练 SAR 影像洪涝区智能识别模型。

模型训练与验证阶段,使用标注的训练集,利用梯度下降等优化算法,调整洪涝区智能识别模型参数,以最小化模型代价函数;使用验证集,利用总体精度指标,评估模型的训练效果。根据经验,如果模型在验证集上的总体精度

低于 85%，且比上一次迭代的总体精度有所提升，则需使用训练集继续训练模型；如果模型在验证集上的总体精度低于 85%，且比上一次迭代的总体精度没有提升，则需要调整模型的训练学习率、批量大小、优化器等超参数，再继续使用训练集训练模型；如果模型在验证集上的总体精度指标达到 85%~95%，则完成模型训练。

模型测试阶段，计算模型在测试集上的总体精度，如果精效果低于 85%，则需要重新选择不同的基础网络进行洪涝区智能识别模型设计，并利用训练集、验证集重复模型的训练与验证。

2.3.8 洪涝区智能识别

洪涝灾害发生后，需要收集受灾区灾前、灾后的卫星影像，数据要求与 2.3.4 中一致，此外，灾前影像宜选择接近同期平均高水位的影像。经过影像配准后，使用构建的洪涝区智能识别模型进行洪涝区检测，获取洪涝区检测结果图。结合已知的实际情况，对结果图中明显错误的识别结果进行人工修改，包括删除错检的洪涝区、添加漏检的洪涝区。

2.3.9 灾情信息提取与统计

在洪涝区检测结果图像的基础上，与受灾区灾前最新的路网、建筑物、耕地数据相叠加，即可得到路网、建筑物、耕地受洪涝影响情况。使用时需注意综合考虑数据的现势性。采用以下步骤：

1) 坐标系检查

检查路网、建筑物、耕地数据是否与洪涝监测结果在同一坐标系，如果不在需进行坐标系转换，保证两类数据空间位置一致。

2) 叠加分析与计算

使用 GIS 工具进行数据叠加分析，比对洪涝监测结果与路网、建筑物、耕

地数据，通过空间叠加，提取出受洪涝影响的路网、建筑物、耕地。其中，洪涝区面积、受灾建筑物面积、受灾耕地面积的统计可以利用公式计算，

$$S = r^2 N \quad (1)$$

其中 r 为卫星影像空间分辨率，单位为米， N 为洪涝区域检测结果中洪涝区、受灾建筑物或受灾耕地所覆盖的像素个数。

受灾路网里程可以利用公式计算，

$$L = rM \quad (2)$$

其中 r 为卫星影像空间分辨率，单位为米， M 为洪涝受灾路网像素长度（单位为像素）， L 为受灾路网里程。

3) 完成统计表

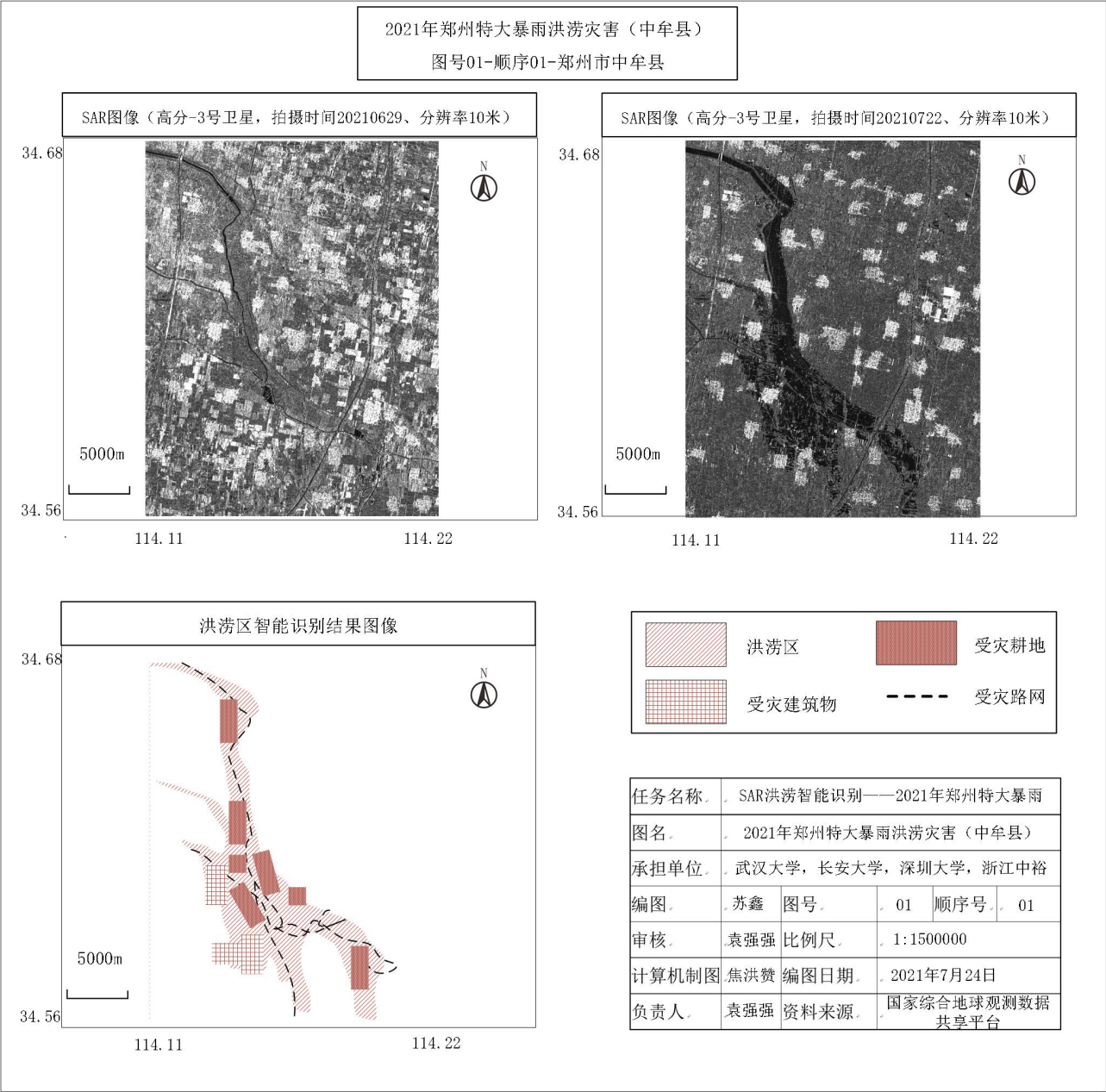
将计算得到的洪涝区面积、受灾建筑物面积、受灾耕地面积、受灾路网里程等数值，填写到洪涝区智能识别统计表中。

2.3.10 洪涝区智能识别成果编制

获得洪涝区智能识别结果之后，应整理、编目、分类保存洪涝区智能识别过程中重要环节的各类数据和结果，包括收集的路网数据、建筑物数据、耕地数据，以及洪涝区智能识别使用的灾前、灾卫星影像；完成配准的灾前、灾卫星影像；洪涝区智能识别模型训练使用的训练集；洪涝区检测结果图像；受灾路网、建筑物、耕地检测结果图像。

制作洪涝区智能识别图件成果，如图 3 所示，包括配准后的灾前、灾卫星影像，以及由洪涝区检测结果图像、受灾路网检测结果图像、受灾建筑物检测结果图像、受灾耕地检测结果图像组合显示的洪涝区智能识别结果图像。

统计洪涝区面积、受灾网络里程、受灾建筑面积、受灾耕地面积等信息。



了历史极值，多个城市发生严重内涝。依托国家重点研发计划项目《道路设施损毁智能侦测系统及预警装置研发》（课题编号 2020YFC1512001），本课题将研究的变化检测算法用于河南洪涝区域检测，检测结果如下图所示，取得较好的提取效果，其中洪涝区域标记为红色，与人工标记结果相比检测准确率为 89.47%，如图 4 所示。



图 4. 河南郑州市 2021 年洪涝区检测

3.2 洪涝受灾路网实验与验证

郑州市及周边地区高速公路、国道、省道及城市道路均受到不同程度洪涝灾害影响。分析结果显示，新乡市东南部、焦作市东南部、郑州市东北部、开封市南部、许昌市北部交通网受灾严重，截至 2021 年 7 月 20 日 18 时，以上五个市骨干交通网共出现 59289 处洪涝淹没路面情况，受影响道路里程约为 1300.46 公里，约占路网总里程的 34%，如图 5 所示，其中高速公路、国道、省

道受灾里程分别为 1275.5 公里、7.02 公里和 17.94 公里；各级道路网通行能力显著下降，郑州等五地市路网连通性下降 21.27% 左右，高速公路、国道、省道分别下降 34.22%、13.78%、14.86%。

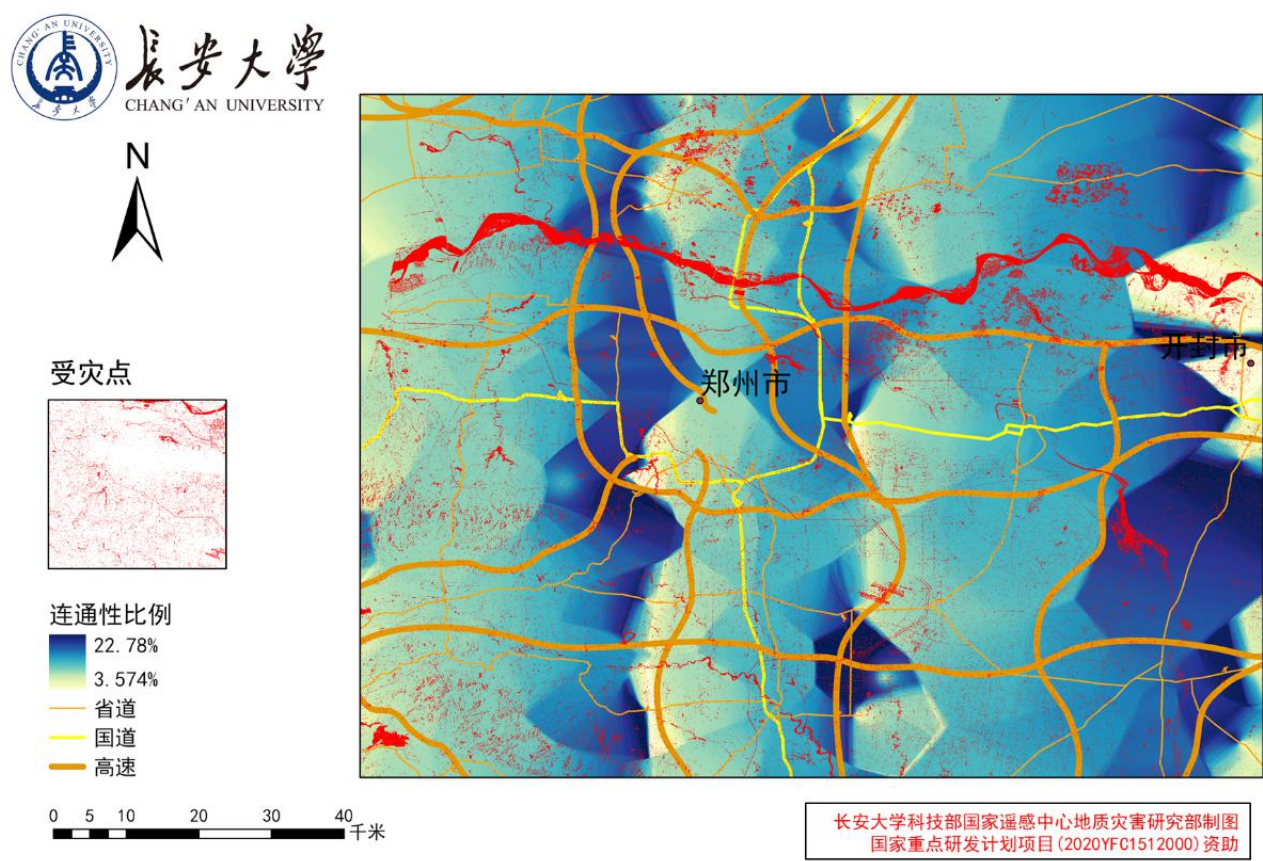


图 5. 河南郑州市 2021 年洪涝受灾路网检测

四、 采用国际标准和国外先进标准的程度，以及与国际、国外同类标准水平的对比情况

经国家标准共享服务平台检索，尚未有已经颁布执行的相关国际标准、他国国家标准记录情况。

五、 与现行法规、标准的关系

本标准的内容符合现行法律、法规的规定。

本标准建议了基于深度学习的智能化洪涝区域检测方法，与《水旱灾害遥

感监测评估技术规范》(SL/T 750-2017)中使用阈值算术法不同,本标准建议的方法具有较高的检测精度,并且具有更广适应性,能够应对密集城区、城乡结合部、农村等多种场景。

六、 重大分歧意见的处理经过和依据

无。

七、 废止现行有关标准的建议

无。

八、 实施标准的要求和措施建议

8.1 组织措施

建议本标准在国家和地方自然资源主管部门、自然灾害侦测科研机构等从事洪涝灾害监测工作的单位中宣传并贯彻实施。

8.2 技术措施

本标准发布后,由自然资源技术中心负责标准的技术支持,通过加强标准的宣传、培训等工作,加快推进有关部门对标准的了解,引导标准使用者规范使用本标准。同时随着使用单位名录更新工作的推进,总结提出改进建议,为标准的修订完善提供依据。

九、 其他应予说明的事项

无。

十、 参考文献

- [1] GB 21139—2007 基础地理信息标准数据基本规定

- [2] GB/T 24438.1—2009 自然灾害灾情统计第1部分：基本指标
- [3] GB/T 39195—2020 城市内涝风险普查技术规范
- [4] CH/T 9029-2019 基础性地理国情监测内容与指标
- [5] HJ 1156—2021 自然保护区人类活动遥感监测技术规范
- [6] . MZ/T 041—2013 暴雨型洪涝灾害灾情预评估方法
- [7] NY/T 4065—2021 中高分辨率卫星主要农作物产量遥感监测技术规范
- [8] QX/T 140—2011 卫星遥感洪涝监测技术导则
- [9] SL 579—2012 洪涝灾情评估
- [10] SL/T 750—2017 水旱灾害遥感监测评估技术规范.
- [11] DB 51/T 2829—2021 暴雨洪涝灾害风险评估技术规范
- [12] DB 5133/T 42—2020 甘孜州洪涝预警等级
- [13] 叶韵. 深度学习与计算机视觉:算法原理,框架应用与代码实现[M]. 机械工业出版社, 2017
- [14] 董譞. 基于深度学习的底层计算机视觉算法的研究与实现[M]. 北京邮电大学出版社, 2022