

2019 年度国家虚拟仿真实验教学项目申报表

学 校 名 称	电子科技大学
实 验 教 学 项 目 名 称	基于卫星遥感大数据的森林火灾风险评估与预警虚拟仿真实验
所 属 课 程 名 称	地球资源与环境信息技术前沿
所 属 专 业 代 码	090503
实验教学项目负责人姓名	何彬彬
有 效 链 接 网 址	http://slhz.uestc.cn/ http://222.197.165.173/ （备用链接）

教育部高等教育司制

二〇一九年七月

填写说明和要求

1. 以 Word 文档格式，如实填写各项。
2. 表格文本中的中外文名词第一次出现时，要写清全称和缩写，再次出现时可以使用缩写。
3. 所属专业代码，依据《普通高等学校本科专业目录（2012 年）》填写 6 位代码。
4. 不宜大范围公开或部分群体不宜观看的内容，请特别说明。
5. 表格各栏目可根据内容进行调整。

1. 实验教学项目教学服务团队情况

1-1 实验教学项目负责人情况					
姓 名	何彬彬	性别	男	出生年月	1972. 11
学 历	博士研究生	学位	博士	电 话	028-61830664
专业技术职务	教授	行政职务	副院长	手 机	13438121356
院 系	资源与环境学院			电子邮箱	binbinhe@uestc.edu.cn
地 址	四川省成都市高新西区西源大道 2006 号			邮 编	611731

教学研究情况：主持的教学研究课题（含课题名称、来源、年限，不超过 5 项）；作为第一署名人在国内外公开发行的刊物上发表的教学研究论文（含题目、刊物名称、时间，不超过 10 项）；获得的教学表彰/奖励（不超过 5 项）。

1、项目负责人主持的教学研究课题

表 1.1 项目负责人主持的教学研究课题

序号	课题名称	课题来源	本人作用	年 限
1	信息科学与地球科学交叉融合的空间信息与数字技术专业培养方案研究与实践	四川省高等教育人才培养质量和教学改革项目	项目负责人	2013-2016
2	基于 MOOC 的翻转课堂与混合式教学方法研究与实践	四川省高等教育人才培养质量和教学改革项目	项目负责人	2018-2020
3	学科前沿课《地球资源与环境信息技术前沿》建设	电子科技大学教学改革示范课建设项目	项目负责人	2016-2017
4	核心通识课《全球化时代的环境问题》的课程思政	电子科技大学示范课建设项目	项目负责人	2018-2020
5	基于卫星遥感大数据的森林火灾风险评估与预警虚拟仿真实验	电子科技大学虚拟仿真实验教学项目	项目负责人	2018-2020

2、作为第一署名人在国内外公开发行的刊物上发表的教学研究论文

- [1] 何彬彬,全兴文,周纪,冷庚,杨勤丽.跨学科通识教育课程设计与教学实践——以电子科技大学核心通识课全球化时代的环境问题为例[J]. 大学教育,2019(08):28-30.
- [2] 何彬彬,全兴文,行敏锋,官雨薇.基于科研成果转化的案例教学设计及实践——以学科前沿课“地球资源与环境信息技术前沿”为例[J]. 西南科技大学高教研究, 2018(04):37-42.
- [3] 何彬彬.现代测量学（数字课程）[M],高等教育出版社,2019.
- [4] 何彬彬,官雨薇,周艳.地理信息采集与处理实验教程[M], 科学出版社,2016.
- [5] 何彬彬,全兴文,白晓静.遥感模型弱敏感参数反演方法[M], 科学出版社,2018.
- [6] 何彬彬,行敏锋,全兴文.草原生态环境要素遥感定量反演及应用系统[M], 科学出版社,2016.
- [7] 何彬彬,陈翠华,陈建华. 多源地质空间信息智能处理与区域矿产资源预测[M], 科学出版社, 2014

3、获得的教学表彰/奖励

- (1) 电子科技大学第八届教学成果二等奖“信息科学与地球科学交叉融合的空间信息与数字技术专业人才培养改革和实践”（排名 1），2016。
- (2) 《测量学》国家精品在线开放课程（课程负责人），2018。
- (3) 《测量学》四川省精品资源共享课（课程负责人），2016。
- (4) 电子科技大学“唐立新奖教金（优秀教学教师奖）”，2017。
- (5) 指导本科生参加“全国大学生 GIS 应用技能大赛”获全国特等奖（2016 年）和全国一等奖（2015 年），荣获“优秀指导教师”。

学术研究情况：近五年来承担的学术研究课题（含课题名称、来源、年限、本人所起作用，不超过 5 项）；在国内外公开发行刊物上发表的学术论文（含题目、刊物名称、署名次序与时间，不超过 5 项）；获得的学术研究表彰/奖励（含奖项名称、授予单位、署名次序、时间，不超过 5 项）

1、项目负责人近五年承担的学术研究课题

表 1.2 项目负责人近五年的学术研究课题

序号	课题名称	课题来源	本人作用	年 限
1	全球生态环境遥感监测 2019 年度报告第一标段“全球森林覆盖状况及变化”专题报告	科技部国家遥感中心	项目负责人	2018-2019

2	药肥精准施用跨境跨区域大数据平台	国家重点研发计划课题	项目负责人	2018-2020
3	森林冠层可燃物含水率遥感反演方法研究	国家自然科学基金	项目负责人	2017-2020
4	异质性草原植被 BRDF 模拟及弱敏感参数反演方法研究	国家自然科学基金	项目负责人	2015-2018
5	全球生态环境遥感监测与诊断专题产品生产体系	国家 863 计划	项目负责人	2013-2015

2、项目负责人在国内外公开发行人物上发表的学术论文

- [1] He **Binbin***, Quan Xingwen, Xu Dasong, et al. Retrieving Grassland Canopy Water Content by Considering the Information from Neighboring Pixels[J]. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, 2017, 83(8): 553-565. (第一作者)
- [2] Liu Xiangzhuo, **He Binbin***, Quan Xingwen, et al. Near real-time extracting wildfire spread rate from Himawari-8 satellite data[J]. Remote Sensing, 2018, 10(10): 1654. (通讯作者)
- [3] Quan Xingwen, **He Binbin***, Marta Yebra, et al. Retrieval of forest fuel moisture content using a coupled radiative transfer model[J]. Environmental Modelling and Software, 2017, 95: 290-302. (通讯作者)
- [4] Qiu Shi, **He Binbin***, Zhu Zhe. Improving Fmask cloud and cloud shadow detection in mountainous area for Landsats4-8 images[J]. Remote Sensing of Environment, 2017, 199: 107-119. (通讯作者)
- [5] 全兴文, **何彬彬***, 刘向苗等. 多模型耦合下的植被冠层可燃物含水率遥感反演[J]. 遥感学报, 2019, 23(1): 62-77. (通讯作者)

3、获得的学术研究表彰/奖励

表 1.3 学术研究表彰及奖励

序 号	奖项名称	授予单位	署名次序	时 间
1	教育部新世纪优秀人才支持计划	教育部	1	2012
2	四川省学术和技术带头人后备人选	四川省	1	2013

1-2 实验教学项目教学服务团队情况						
1-2-1 团队主要成员（含负责人，5 人以内）						
序号	姓名	所在单位	专业技术职务	行政职务	承担任务	备注
1	何彬彬	资源与环境学院	教授	资源与环境学院副院长	项目负责人、实验内容设计、进度总控	在线教学
2	全兴文	资源与环境学院	副教授	无	虚仿实验、方案设计	在线教学
3	官雨薇	资源与环境学院	实验师	无	在线教学服务、平台资源建设	在线教学
4	行敏锋	资源与环境学院	副教授	无	web 端方案设计	在线教学
1-2-2 团队其他成员						
序号	姓名	所在单位	专业技术职务	行政职务	承担任务	备注
1	黄 方	资源与环境学院	副教授	无	后台高性能计算方案设计	技术支持
2	李世华	资源与环境学院	教授	空间信息与数字技术系系主任	实验算法模块设计	技术支持
3	周 艳	资源与环境学院	副教授	地理空间信息工程实验室主任	实验算法模块设计	技术支持
4	周贵云	资源与环境学院	副教授	无	技术支持	技术支持
5	陈建华	成都图宇信息技术有限公司	高级工程师	无	技术支持	技术支持
项目团队总人数：9（人） 高校人员数量：8（人） 企业人员数量：1（人） _						

注：1.教学服务团队成员所在单位需如实填写，可与负责人不在同一单位。
2.教学服务团队须有在线教学服务人员和技术支持人员，请在备注中说明。

2. 实验教学项目描述

2-1 名称

基于卫星遥感大数据的森林火灾风险评估与预警虚拟仿真实验

2-2 实验目的

基于卫星遥感大数据的森林火灾风险评估与预警虚拟仿真实验项目服务于森林保护、空间信息与数字技术、遥感科学与技术、森林工程、自然保护与环境生态、地球信息科学与技术、计算机等本科专业的跨学科集成创新实践教学,该项目以大范围森林火灾风险评估与预警为应用需求,集成海量卫星遥感、气象、地形等数据,以及大数据分析等技术,让学生深度参与区域森林火灾风险评估与预警过程中的森林火灾诱发因子提取、森林火灾诱发因子时空变化分析、森林火险综合评估、火险预警、火灾速率计算等关键实验,培养学生跨学科专业知识集成与实践创新能力。该实验项目技术要求高、内容抽象,必须突破传统实验的时空限制,通过仿真实验加以分解、理解和验证。该仿真实验项目主要目的和要求如下:

- (1) 了解卫星遥感大数据的基本概念和内涵;
- (2) 熟悉森林火灾时空分布特征分析方法;
- (3) 熟悉森林火灾诱发因子提取及时空变化分析方法;
- (4) 掌握森林火险综合评估原理;
- (5) 熟悉森林火险预警原理;
- (6) 熟悉基于静止卫星遥感数据的森林火灾速率计算原理;
- (7) 培养学生综合运用多学科专业知识,独立设计和完成创新实践类项目的能力。

2-3 实验课时

- (1) 实验所属课程所占课时: 16 学时。
- (2) 该实验项目所占课时: 4 学时。

2-4 实验原理（简要阐述实验原理，并说明核心要素的仿真度）

本实验以卫星遥感大数据为依托，贯穿森林火灾诱发因子提取、火灾时空分布特征分析、火灾评估及预警模拟、火点检测和火势蔓延仿真等核心过程，实验中各个作业环节需要掌握的相关知识点如表 2.1 所示。实验中涉及的植被因子、地形因子、气象因子、MODIS 数据、历史火点数据的 11 个核心要素数据，均来源于云南省的实地数据，具有 100%仿真度；森林火灾风险评估、森林火灾风险预警、森林火灾传播模拟的 7 个核心要素，由于用户选择不同的模型参数，得到不同的结果，预计仿真度 80%。

表 2.1 各个作业环节与知识点对应表

序号	作业环节	知识点		
1	数据提取	森林火灾诱导因子	植被因子	可燃物含水率
2				叶面积指数
3			地形因子	高程
4				坡度
5				坡向
6		气象因子	空气温度	
7			空气相对湿度	
8			降雨	
9			风速	
10		MODIS 数据		
11		历史火点数据		
12	森林火灾风险评估	森林火灾风险评估模型原理		
13		森林火灾风险评估模型训练样本采样原理		
14	森林火灾风险预警	气象预报数据		
15		森林火灾风险预警原理		
16	森林火灾传播检测	向日葵 8 号卫星		
17		森林火点检测原理		
18		森林火灾传播速率计算原理		

知识点：共 18 个

(1) 可燃物含水率

可燃物含水率 (Fuel Moisture Content, FMC) 通常被定义为植被单位干重内含水量的百分比, 其计算过程如公式 (2-1) 所示。FMC 与野火的发生概率和野火的传播速度密切相关, 是一种十分重要的森林野火评估因子。根据统计数据, 在西班牙超过 90% 的森林火灾都是因为人为和闪电原因造成的。由于闪电造成的森林火灾一般都具有发生位置比较偏僻和同时多个着火点的特性, 因此这类火灾的燃烧面积都比较大, 森林植被的可燃物含水率太低是其容易被闪电点燃的主要原因之一。因为有着高含水率的植被在被点燃时, 需要更高的温度或者是更长的加热时间来提供蒸发植被内在的水分的热量。同理, 可燃物含水率的高低也与森林野火的传播速度密切相关。传统的获取 FMC 的办法是通过实地采样称重计算获取, 湿重(W_w)可通过直接称量获取, 而干重(W_d)需要在 60°C 环境中烘干 48 个小时获取。由此可见, 通过实地测量的方式很难实现大范围、高时空分辨率的 FMC 数据获取。卫星遥感数据具有高时空分辨率和全范围覆盖的特点, 随着遥感反演算法的不断发展, FMC 数据可通过卫星图像数据进行辐射传输方程反演获取。基于 MODIS (Moderate-resolution Imaging Spectroradiometer) 提供的 8 天合成产品 MCD43A4、MCD43A2 和年合成产品 MCD12Q1, 通过双层辐射传输模型反演获取 FMC 并取得了较高的精度。

$$\text{FMC} = \left(\frac{W_w - W_d}{W_d} \right) \times 100\% \quad (2-1)$$

其中 W_w 和 W_d 为植被的湿重和干重。

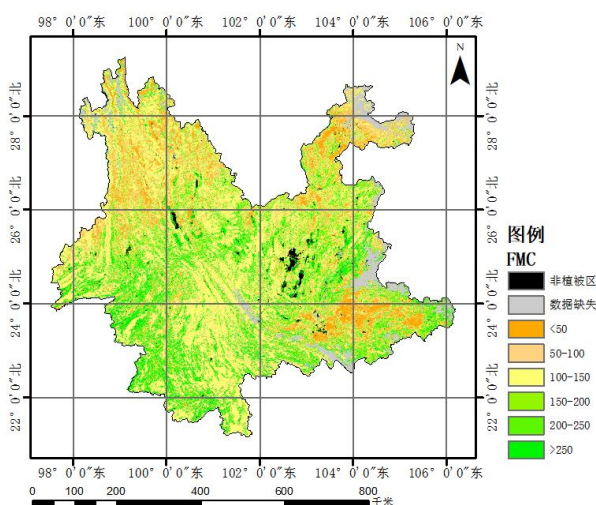


图 2.1 可燃物含水率 (FMC) 专题图

(2) 叶面积指数

叶面积指数 (Leaf Area Index, LAI) 是指一定土地面积上植物叶面面积总和与土地面积之比, 计算过程如公式 (2-2) 所示。它是描述植被冠层结构的最基本的参量, 是一个重要的植物学参数和评价指标, 能够反映作物群体大小的动态变化, 在农业、林业以及生物学、生态学等领域被广泛应用。MODIS 提供了 MCD15A2H 产品, 该产品包含了 LAI 8 天合成数据, LAI 可用于表征可燃物的生物量, 是森林火灾风险评估的重要参数之一。

$$LAI=0.75\rho_{\text{种}}\frac{\sum_{i=1}^m\sum_{j=1}^n(L_{ij}\times B_{ij})}{m} \quad (2-2)$$

其中 $\rho_{\text{种}}$ 表示种植密度, L_{ij} 表示每株各叶片的叶长, B_{ij} 表示叶子的最大叶宽, n 为第 j 株的总叶片数, m 为测定的株数。

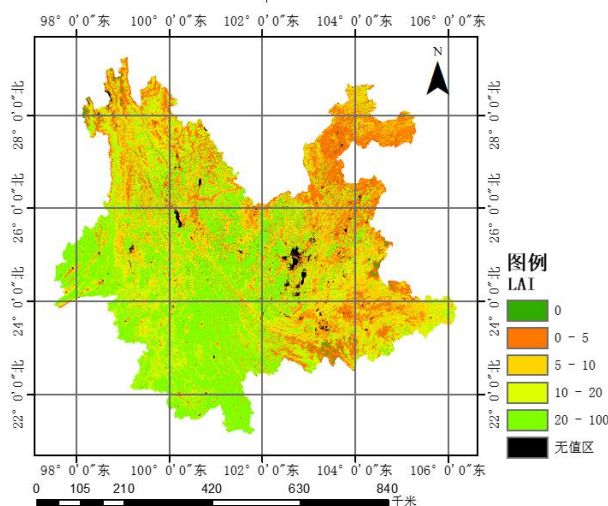


图 2.2 叶面积指数 (LAI) 专题图

(3) 高程

高程(elevation)越大, 林内湿度越低, 相对湿度增大, 地被物含水率增高, 也就不易燃烧。当海拔更高, 进入亚高山地带或分水岭附近, 降水量明显增加, 一般不易发生森林火灾, 但高海拔处通常风速较大, 一旦发生火灾, 会加速火灾的蔓延。

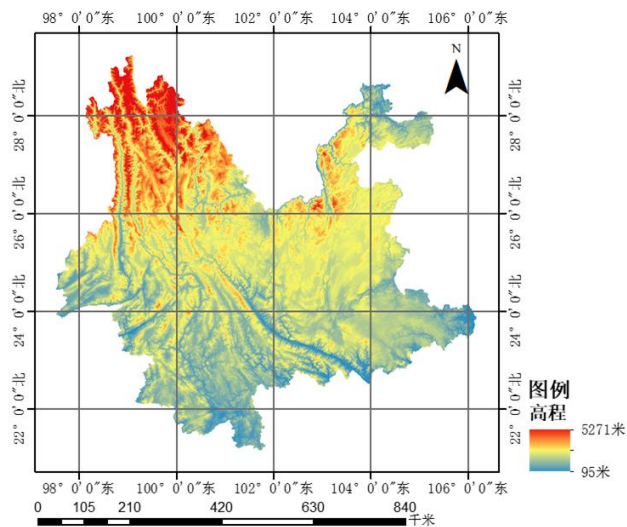


图 2.3 高程数据专题图

(4) 坡度

坡度 (slope) 是指过地面上一点的切平面与水平面之间的夹角，用于表示地面在该点的倾斜程度。坡度大小直接影响可燃物含水率变化，坡度陡，降水易流失，可燃物易干燥。相反，坡度平缓，水分滞留时间长，林地潮湿，可燃物含水率增大。坡度大小对热传播也有很大影响，上坡火，可燃物接收到的对流热和辐射热强度增加，因此增加火灾蔓延速度，下坡火则相反。

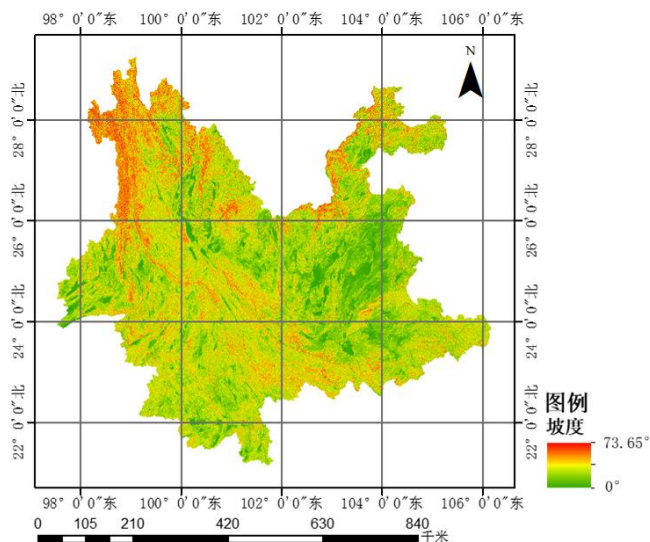


图 2.4 坡度数据专题图

(5) 坡向

坡向 (aspect) 是指地面上一点的切平面的法线矢量在水平面上的投影与过该点的正北方向的夹角。角度的范围介于 0° 到 360° 之间，而对于没有坡向

的平坡一般使用-1表示。坡向不同，接受阳光的照射不同，温湿度、土壤和植被都有差异，一般南坡接受的阳光时间长，温度较高，湿度较低，土壤和植被较干燥，容易发生火灾，火灾发生后蔓延速度较快，依次为西坡、东坡和北坡。

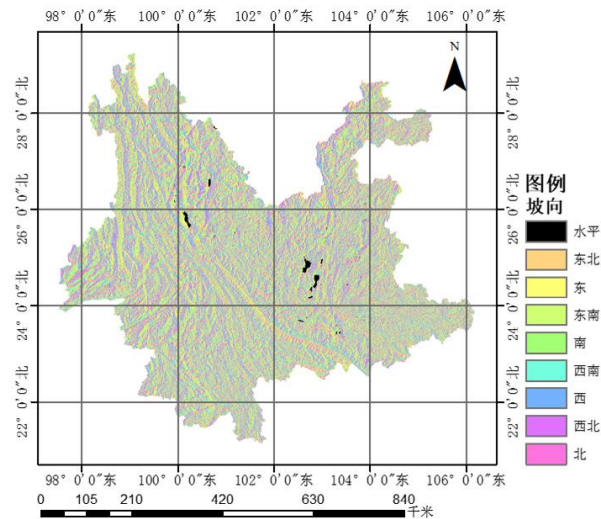


图 2.5 坡向数据专题图

(6) 空气温度

空气温度与森林火灾发生有着密切的关系，空气温度高时，森林内可燃物的含水量会减少。因为蒸发快，易干燥，发生火灾的因素增加。而温度低时，着火的因素降低，森林火灾风险降低。

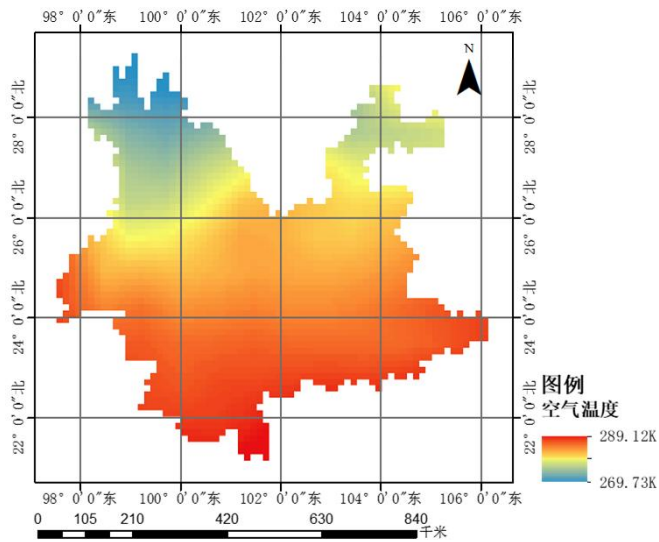


图 2.6 空气温度专题图

通常平均气温在 0℃ 以下，不易发生森林火灾，特别是平均气温在 -10℃，如我国的东北林区，在严寒的冬季气温很低，在这个季节里一般不会发生火灾。

而温度在 0-10℃ 范围内，随着温度增加，森林火灾危险性增大，森林火灾也多发生在处于这个温度的季节里。当平均气温在 20℃ 以上是，森林火灾一般很少发生，如夏季，虽然气温较高，但植物生长旺盛，降雨充沛，森林火灾的危险性减小。但有些地方，夏季干旱无雨，森林火灾就经常发生。

（7）空气相对湿度

空气相对湿度直接影响森林火灾的发生和发展。相对湿度大，空气中水分充足，森林中水分蒸发慢，森林火灾危险性就会降低。当空气相对湿度为 100% 时，也就是实际所含的水蒸气达到饱和水蒸气密度，此时空气中的水蒸气就会凝结成露，如果这时气温在 0℃ 以下，就会直接凝结成霜，这两种情况下森林火灾都不容易发生。相反，空气相对湿度比较低时，森林火灾就容易发生，因为这时森林中树木、地被物等水分蒸发很快，自身含水量降低，容易着火。

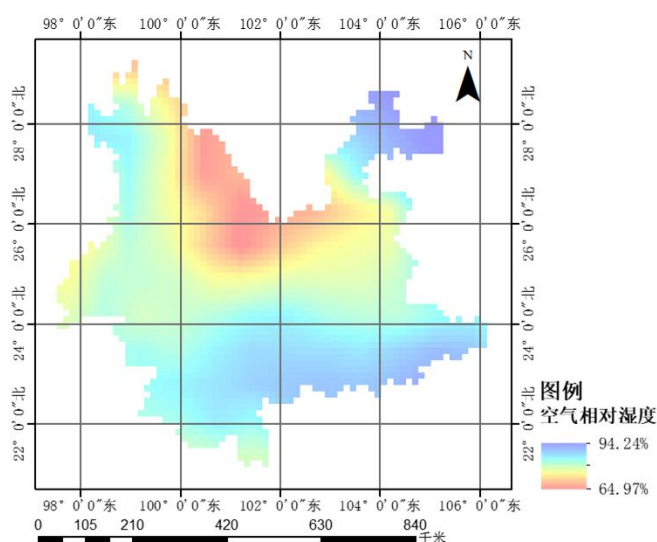


图 2.7 空气相对湿度专题图

（8）降雨

降雨量的多少，不仅影响森林中树木的生长、发育，而且对森林火灾的影响也较很大。降雨可增加空气的湿度，也使森林中可燃物的含水量增加。降雨量越大，地面覆盖物的含水量越大，森林潮湿越不容易发生火灾。降雨少，林中的可燃物含水少，草木干枯，容易燃烧，发生森林火灾危险性大。

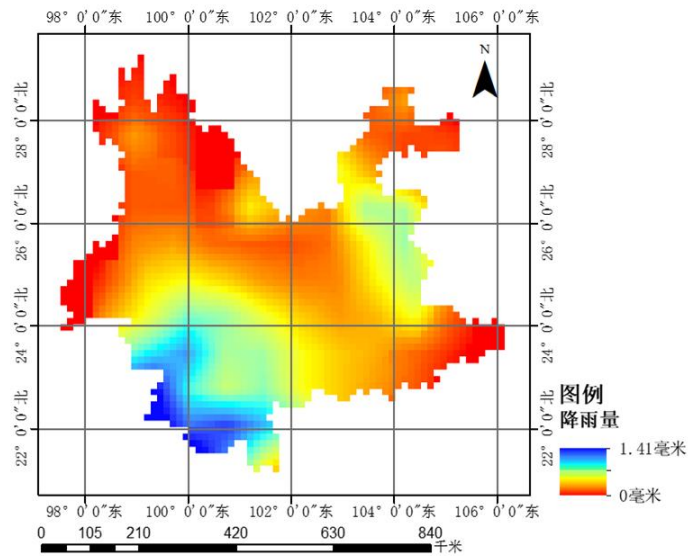


图 2.8 降雨量专题图

(9) 风速

风是影响森林火灾危险性的重要因素，特别是对火灾蔓延起着重大作用。风能带走空气中的水分或者带来干燥的空气，使得森林中湿度降低，加强植被的蒸腾作用，减少可燃物的含水量，增加森林着火的风险。如果森林发生了火灾，风能给正在燃烧的地方送去新鲜空气补充燃烧所需要的氧气，从而使火势更猛烈，燃烧更迅速。

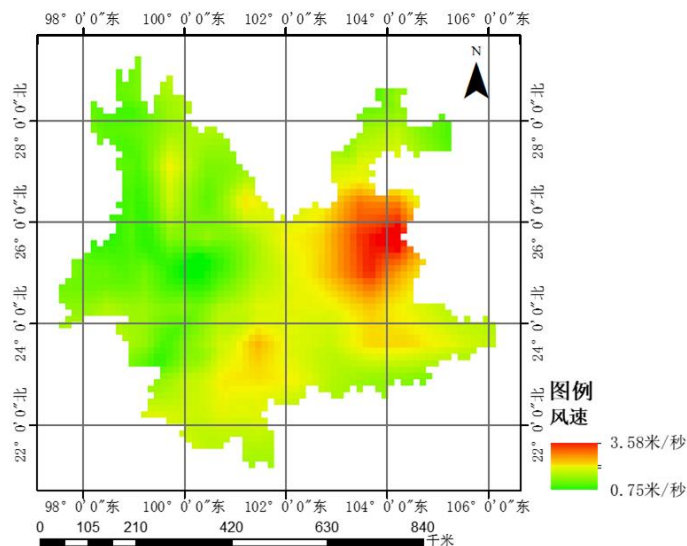


图 2.9 风速专题图

(10) MODIS 数据

MODIS (中等分辨率成像光谱仪) 是美国国家航天航空局对地观测计划中用于观测全球生物和物理过程的传感器，分别搭载与 Terra 和 Aqua 卫星上。

MODIS 数据在时间更新频率上相配合，可以得到每天最少两次白天和两次黑夜的数据，这些数据主要反映陆地和云边界、云特性、海洋水色、浮游植物、生物地理、生物化学、大气中水汽、地表温度、云顶温度、大气温度、臭氧和云顶高度等特征的信息，用这些信息可以对陆地表面、生物圈、固态地球、大气和海洋进行长期全球观测。这样的数据更新频率对实时地球观测、应急处理（例如森林和草原火灾检测和救灾）的研究有非常重要的使用价值。MODIS 数据囊括的 44 个数据产品涵盖了大气、地面和海洋等，为科研工作者的研究和实验提供了极大的支持和帮助。

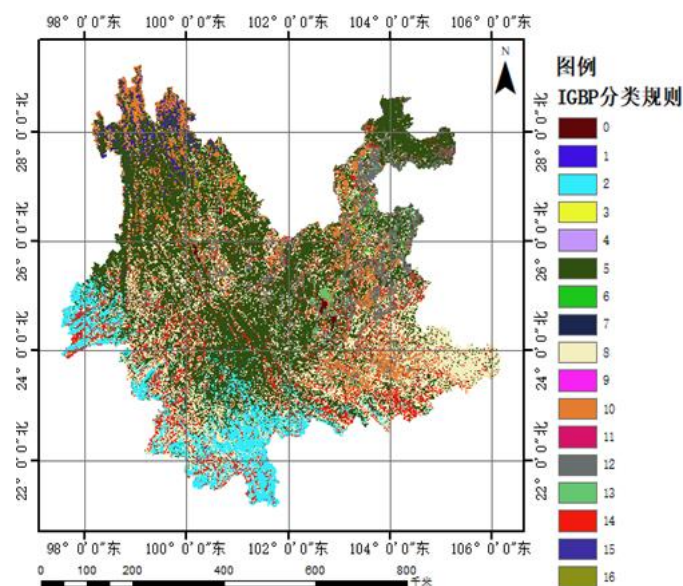


图 2.10 基于 MODIS 数据的土里利用类型专题图

（11）历史火点数据

通过卫星检测地面的火灾发生情况是遥感科学技术发展的必然结果，MODIS 提供了空间分辨率为 500 米的燃烧区月合成图像。其检测算法基本原理是通过 MODIS 的短波红外第 5 波段和第 7 波段计算得到对燃烧敏感的植被指数的合成图像，将动态的阈值应用到该图像中进行燃烧区域识别。该产品中包含了燃烧日期数据集、燃烧日期不确定数据集和质量控制数据集。燃烧日期数据中 0 表示非燃烧像元，-1 表示未制图区域，-2 表示水体，1-366 表示火灾发生的儒略日（即每年从 1 月 1 日开始计算的第几天发生了火灾）；燃烧日期不确定数据用于评估燃烧日期的不确定性，该数据集对于采选模型训练样本像元时非常重要，确定的燃烧日期能够使我们准确的选取对应的燃烧像元的气象数据；而质量控制数据则采用 8 位二进制码的方式记录每个像元的质量。

(12) 森林火灾风险评估模型原理

Logistic 回归模型是常用的大数据挖掘的方法之一，是研究因变量为二分类或多分类观察结果与影响因素（自变量）之间关系的一种多变量分析方法，属概率型非线性回归模型，同样可以应用于本仿真实验中的森林火灾发生风险评估。将火灾发生与否看作二分类的因变量，将植被因子、地形因子和气象因子的值看作的自变量，Logistic 模型如公式（2-3）所示：

$$P = \frac{1}{1 + e^{-z}} \quad (2-3)$$

其中， P 表示森林火灾发生的概率，即风险， z 为一多元线性方程组，变化区间为负无穷到正无穷，公式如下所示：

$$z = \alpha + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_3 x_3 + \dots + \beta_n x_n \quad (2-4)$$

其中， α 为模型的截距， n 为自变量的个数， $\beta_i (i=1,2,3,\dots,n)$ 为模型的系数， $x_i (i=1,2,3,\dots,n)$ 为各种相关因子。设 $P_i = P(y_i=1|x_i)$ 为给定 x_i 的条件下得到 $y_i=1$ 的条件概率，而在同样的条件下得到结果 $y_i=0$ 的条件概率为 $P(y_i=0|x_i)=1-P_i$ ，由此得到一个观测值的概率为：

$$P(y_i) = P_i^{y_i} (1 - P_i)^{1-y_i} \quad (2-5)$$

该公式的联合分布可以表示为各个边际分布的乘积：

$$L(\theta) = \prod_{i=1}^n P_i^{y_i} (1 - P_i)^{1-y_i} \quad (2-6)$$

对上述公式进行自然对数

$$\begin{aligned} L(\theta) &= \ln \left[\prod_{i=1}^n P_i^{y_i} (1 - P_i)^{1-y_i} \right] = \sum_{i=1}^n \left[y_i \ln \left(\frac{P_i}{1 - P_i} \right) + \ln(1 - P_i) \right] \\ &= \sum_{i=1}^n [y_i (\alpha + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_3 x_3 + \dots + \beta_k x_k) - \ln(1 + e^{\alpha + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_3 x_3 + \dots + \beta_k x_k})] \end{aligned} \quad (2-7)$$

为了估计能使 $L(\theta)$ 最大的总体参数 α 和 β_k ，先分别对 α 和 β_k 求偏导数，然后令其等于 0，即： $f(\alpha, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_k) = 0$ ，然后对此列向量函数分别对 $\alpha, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_k$ 求二阶偏导数，构造信息矩阵。Logistic 回归模型是采用最大似然估计法进行参数估计。最大似然估计法是一种迭代算法，它以一个预测估计值作为参数的初始值，根据算法确定能增大对数似然值的参数方向变动。估计了该初始函数

后，对残差进行检验并用改进的函数重新估计，直到收敛到预定值为止。

（13）森林火灾风险评估模型训练样本采样原理

森林火灾火点可根据历史火点数据对有效火灾像元进行采样，而森林火灾风险评估模型训练时必须还要有与火灾像元样本数量相等的非火灾像元样本。非火灾像元的选择是通过随机采样的方式，但是由于卫星数据高时空分辨率的特性，非火灾像元的选择需要克服空间相关性和时间相关性。空间相关性是指地理学第一定律，空间上越相近的事物，其相似性越高。所以若随机选择的非火灾像元与火灾像元在空间上靠的很近，那么此时的非火灾像元样本的数据有可能与火灾像元样本的数据非常相似，使得两类样本数据之间缺乏差异性，不利于模型的训练。时间相关性是指有些像元在这个时相是非火灾像元，但是在这个时相的相邻时相上可能是火灾像元，此时同样会出现两类样本之间存在缺乏差异性的现象。因此，非火灾像元样本在选择的时候应该存在两个限制条件，一是保证非火灾像元的周围一定范围内没有火灾像元，二是保证非火灾像元在其相邻时相内不是火灾像元。

（14）气象预报数据

全球预报系统（The Global System, GFS）是由美国国家环境预报中心发布的，该数据自 1980 年开始持续到现在，可提供两周的预报数据。数据的空间分辨率最高为 0.25° ，发布的时间分辨率是 6 小时一次，数据的时间分辨率依照预报的时长而不同。在前 120 小时内每小时会有一次预报数据，在第 120-240 小时内每 3 小时会有一次预报数据，在第 240 之后每 8 小时才有一次预报数据，通常前 240 小时的数据被认为比较可靠，而之后的预报数据更多的被用于研究全球尺度的大气变化。

（15）森林火灾风险预警原理

森林火灾风险预警原理的基础是时间序列分析。时间序列分析是根据系统观测得到的时间序列数据，通过曲线拟合和参数估计来建立数学模型的理论和方法。它一般采用曲线拟合和参数估计方法进行。时间序列分析常用在国民经济宏观控制、气象预报、水文预报、地震前兆预报、农作物病虫害灾害预报等方面。森林火灾风险预警模型和评估模型相似，依旧采用 Logistic 回归模型作为基础模型，本仿真实验的预警原理和模型构建方案如下：

①预警模型构建

如图 2.11 所示, 假设火灾发生在第 t 个时相内, 此时提取第 $t-8$ 时相内的遥感卫星数据以及第 t 时相内的气象数据。那么此时通过 Logistic 回归模型构建的关系转化为: 建立前一个时相内的遥感数据和后一个时相内的气象数据与后一个时相内森林火灾发生风险之间的关系, 进而构建森林火灾风险预警模型。

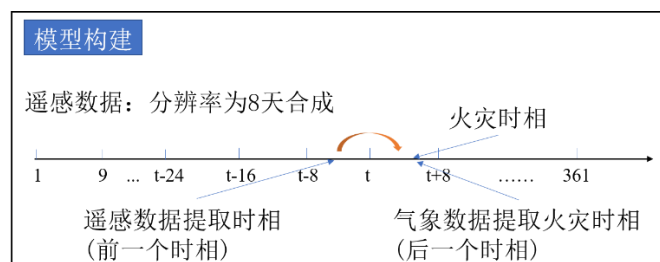


图 2.11 预警模型构建示意图

②预警模型应用

如图 2.12 所示, 假设现在所在的时相是 $t-8$ 时相, 要预警下一个时相 t 时相的森林火灾发生风险。若把实时的遥感数据和气象预报数据作为森林火灾风险预警模型的输入参数, 模型的输出数据就表示 t 时相内的森林火灾发生风险, 实现预警的目的。

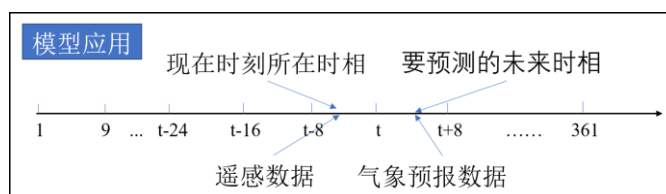


图 2.12 预警模型应用示意图

(16) 向日葵 8 号卫星

向日葵 8 号是日本于 2014 年 10 月 7 日发射的新一代静止气象卫星, 由日本航空航天研究所研制, 卫星星下点位于东经 140.7° 的赤道上空, 高度约 35,800 km, 搭载了具有 16 通道可视红外成像仪 (Advance Himawari Imager, AHI), 具有多光谱、高观测频率的特点。向日葵 8 号于 2015 年 7 月 7 日向用户提供数据, 数据观测范围包括全圆盘、日本、热带气旋敏感区和澳大利亚边角共 4 个区域, 共 6 个观测点, 其中可每 10 分钟完成一次全圆盘的观测, 每天可以获取 144 景数据, 为地表近实时研究提供了潜在工具。

(17) 基于静止卫星的火点检测原理

火灾燃烧区域指的是火灾燃烧后留下的痕迹。由于向日葵 8 号数据具有较高的时间分辨率，因此可以通过向日葵 8 号火点数据进行累计得到。基于遥感数据火点判识的基本原理主要依靠温度升高导致热辐射增强，以及不同热红外通道增长幅度差异这两个条件。自然界的不同物体由于自身温度及物理化学性质的不同，它们具有不同的波谱特性。当物质燃烧时，主要的辐射源是火焰和具有较高温度的碳化物、水蒸气、烟雾等。根据斯蒂芬-玻尔兹曼定律，高温热源的温度变化十分有利于判识高温热源。向日葵 8 号数据中包含常用于火灾检测的 $3.9\mu\text{m}$ 、 $11.2\mu\text{m}$ 和 $12.4\mu\text{m}$ 的热红外通道，同时通过 $0.64\mu\text{m}$ 和 $0.68\mu\text{m}$ 通道的数据组合消除云和水对火点检测的影响。

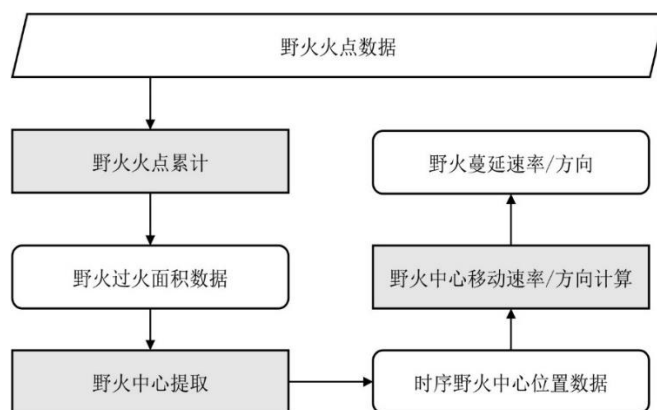


图 2.13 火点检测流程

(18) 基于静止卫星的火灾速率计算原理

火灾速率是指火灾在燃烧过程中传播的速度。向日葵 8 号数据具有较高的分辨率，为火灾近实时的提取提供了支持。过火区域的质心可以很好的反应某一时刻火灾燃烧的分布情况。因此在火灾传播方向变化较小的情况下，可以通过计算过火区域质心的移动来代表火灾移动的速率。过火面积的定义如下：

$$X_c = \frac{\sum_{i=1}^n m_i x_i}{\sum_{i=1}^n m_i}, Y_c = \frac{\sum_{i=1}^n m_i y_i}{\sum_{i=1}^n m_i} \quad (2-8)$$

其中 X_c 和 Y_c 是过火区域质心的地理坐标， n 是过火区域所包含的像元数， x_i 和 y_i 是第 i 个过火区域像元的地理坐标， m_i 是第 i 个过火面积像元的面积。火灾速率的计算公式如下：

$$\alpha_i = \arctan \frac{Y_{c_{t_i}} - Y_{c_{t_{i-1}}}}{X_{c_{t_i}} - X_{c_{t_{i-1}}}} \quad (2-9)$$

$$D_{(i-1,i)} = \left(X_{c_{t_i}} - X_{c_{t_{i-1}}} \right)^2 + \left(Y_{c_{t_i}} - Y_{c_{t_{i-1}}} \right)^2 \quad (2-10)$$

$$V_{(i-1,i)} = \frac{D_{(i-1,i)}}{T_r} \quad (2-11)$$

其中 $X_{c_{t_i}}, Y_{c_{t_i}}, X_{c_{t_{i-1}}}, Y_{c_{t_{i-1}}}$ 是在第 $i-1$ 以及 i 时刻过火区域质心的地理坐标, $D_{(i-1,i)}$ 是从 $i-1$ 到 i 时刻过火区域质心移动的距离, α_i 在 $i-1$ 到 i 时刻火灾传播的方向, T_r 是向日葵 8 号数据的时间分辨率为 10 分钟, $V_{(i-1,i)}$ 是在 $i-1$ 到 i 时刻火灾传播的速率。

2-5 实验仪器设备（装置或软件等）

该虚拟仿真实验平台主要由两部分组成：

- （1）硬件设备：大数据存储设备、高性能服务器 1 台。
- （2）软件：基于卫星遥感大数据的森林火灾风险评估与预警虚拟仿真实验系统。

2-6 实验材料（或预设参数等）

系统平台集成研究区域相关实验数据如下：

- （1）时间序列植被可燃物含水率（FMC）数据产品
- （2）时间序列 MODIS 产品：MODIS 燃烧面积产品(MCD64A1)、MODIS 的 FPAR（Fraction of Absorbed Photosynthetically Active Radiation）产品（MCD15A2H）。
- （3）时间序列向日葵 8 号卫星数据
- （4）时间序列气象数据
- （5）地形资料
- （6）气象预报数据

2-7 实验教学方法（举例说明采用的教学方法的使用目的、实施过程与实施效果）

1、使用目的

围绕基于卫星遥感大数据的森林火灾风险评估与预警实践教学，学生通过交互学习了解掌握卫星遥感大数据的基础知识及内涵；利用大数据分析技术，系统完成森林火灾诱导因子提取、风险评估及预警模拟、传播速率仿真等过程；培养学生跨学科专业知识集成与实践创新能力。

2、实施过程

（1）基础知识学习。森林火灾的发生机理较复杂，且相关影响因子众多。同时，卫星遥感凭借其大范围、多光谱、周期性优势，有效弥补了传统地面实地调查数据的时空不连续性，已成为森林火灾风险评估及动态监测的主要手段。通过系统平台提供的实验指导材料及视频资料，使学生了解卫星遥感大数据、森林火灾相关基本知识。

（2）仿真实验教学。为了增强师生互动，在虚拟实验课堂上，学生与老师同时进行实验。首先是教师对每个阶段中涉及到的知识、原理进行讲解，然后对实验的每个步骤进行详细阐述，包括该步骤的意义、作用和将得到的结果。然后再由学生跟随教师的实验步骤进行实验。教师可根据学生每次实验步骤时间的长短，判断学生是否掌握了该步骤的所涉及到的知识，进而判断是否对该步骤的知识进行补充讲解。

（3）实验报告提交与课后复习。教学实验完成之后，学生可在虚拟系统中自行实验并完成相关实验报告，巩固相关核心知识点。

（4）教学反馈。学生可将实验过程中遇到的问题反馈给平台或教师，以便于更新补充平台内容，提高教师授课效率。

3、实施效果

（1）促进学生了解卫星遥感大数据内涵及其在森林火灾风险评估与预警中的应用。在当前信息化时代，众多学校已开启了以大数据为重要载体的教育信息化发展新征程，而遥感更是大数据应用的重要领域之一。该虚拟仿真实验围绕卫星遥感大数据的基础知识，让学生了解卫星遥感数据来源、处理等基础知识。森林火灾的风险评估、森林火灾的预警和实时传播检测的仿真实验，能让学生真真切切的体会到遥感大数据是如何从繁杂的交叉领域数据中寻求有

意义的关联，并服务于我们的实际生活。

(2) 学生系统掌握森林火灾相关理论知识。传统教学方式使学生对于森林火灾的认知仅限于课本上的理论知识，缺乏实际应用认识。本虚拟仿真实验图文并茂、交互性强的教学过程，能让学生更加系统地了解森林火灾诱导因子及其原理，掌握森林火灾相关的理论知识，从而提高学生理论联系实践的能力。

(3) 简化复杂的实验步骤。原数据的处理过程是十分繁琐，且实际操作过程中须严格按照严格的操作流程，存在较大的不确定性。本仿真实验中对这些繁琐的步骤进行了适当地简化处理，在教学过程中只需老师对实验步骤进行详细阐述即可，极大节约了实验时间成本，同时也保证了学生对实验过程系统性认识。

2-8 实验方法与步骤要求（学生交互性操作步骤应不少于 10 步）

一、实验方法描述：

基于卫星遥感大数据的森林火灾风险评估与预警虚拟仿真实验，以大范围森林火灾风险评估与预警为应用需求，集成海量卫星遥感、气象、地形等数据，让学生采用大数据分析等技术手段，深入区域森林火灾风险评估与预警关键实验过程在实验过程。实验主要包括“基础知识学习”“森林火灾风险评估”、“森林火灾风险预警”、“野火监测与预警”、“实验结果分析”5 个任务环节。通过这 5 个任务环节、30 个交互式实验操作，对森林火灾风险评估与预警相关知识点学习、实验操作流程、实验结论进行考核，达到系统学习相关基础理论、熟练掌握实验操作流程的目的，提高学生对卫星遥感大数据应用于森林火灾风险评估与预警的认识。

进入实验平台后，点击实验简介，选择不同用户登录，开始本次实验。



图 2.14 平台主界面



图 2.15 平台登录界面

任务环节一：基础知识学习

用户完成登录，进入实验简介界面，此界面用于帮助用户了解实验的流程

和知识点学习，包括以下 5 个部分：实验简介、实验原理、数据介绍、实验结论、实验报告。

1、实验简介

开始实验之前，需要了解实验的基本信息和实验流程，该界面主要包括实验教学项目和教学方法，让用户初步了解实验目的、项目特色、项目团队、技术架构、网络要求、实验过程等信息。



图 2.16 实验简介界面

2、实验原理

基于卫星遥感大数据的森林火灾风险评估与预警虚拟仿真实验的实验原理界面是实验基础知识点学习和考核的一个关键内容，包括：火灾风险评估、模型训练样本采集、火灾风险预警、火点检测、火灾速率计算等。

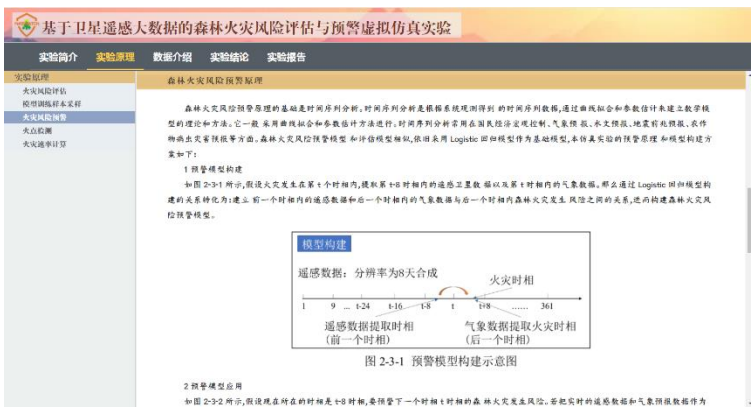


图 2.17 实验原理界面

3、数据介绍

实验数据是森林火灾风险评价及预警的关键因子，本实验基于多源卫星遥感数据和相关算法，生成 9 种遥感数据产品，包括：可燃物含水率（FMC）、叶面积指数、高程、坡度、坡向、空气温度、空气相对湿度、降雨、风速。该部

分旨在让用户理解区域森林火灾的发生与该地的植被、地形、气象等方面有高相关性。



图 2.18 数据介绍界面

实验结论和实验报告是在虚拟实验操作完成后提交的, 我们放在任务环节五“实验结果分析”中叙述。

任务环节二：森林火灾风险评估

熟悉了本实验的相关知识点和实验流程后, 界面右上角的“虚拟实验”按钮, 进入虚拟仿真实验界面 (如下图), 进行实验操作。

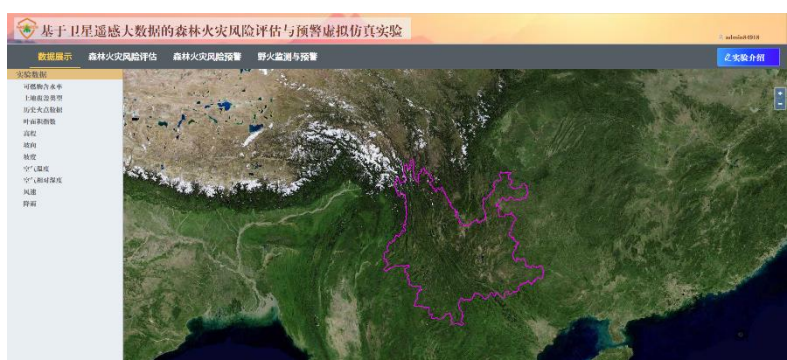


图 2.19 虚拟实验主界面

1、了解火灾相关因子的时空分布

通过“数据展示”模块, 查看 11 种森林火灾相关因子的时空分布特征。结合在上一环节中的基础知识点学习的内容, 让用户深入理解区域森林火灾的诱发因子, 包括该区域的土地覆盖类型、植被生长状况 (可燃物含水率、叶面积指数)、地形特点 (高程、坡度、坡向)、气象特征 (温度、湿度、风速、降雨等)、历史火点等。

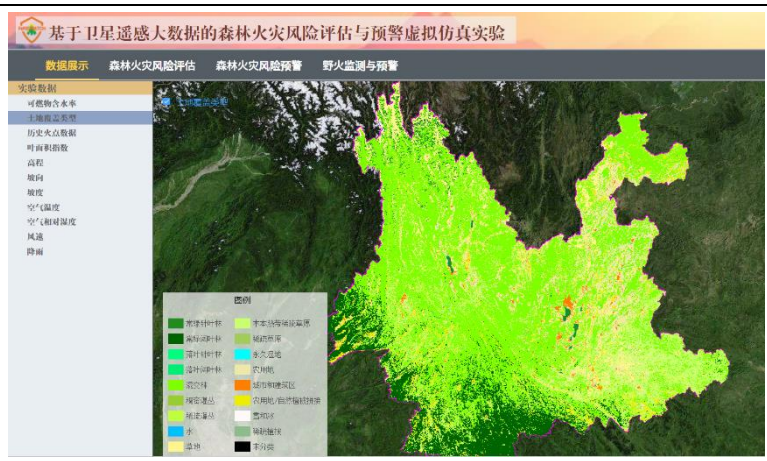


图 2.20 数据展示

2、森林火灾风险时空分布特征分析

点击“森林火灾风险评估”，进入森林火灾风险评估功能界面。再点击左侧的“森林火灾时空分布特征”，查看云南省近十年的历史森林火灾分布情况。这一部分内容主要分为两部分：一是时间分布特征分析，包括研究区历史火点的年度、月度变化特征；二是空间特征分析，主要是整个云南省为对象，分析森林火灾在空间上的分布特征。



图 2.21 森林火灾风险评估主界面

火点变化特征分析的折线图也可以通过图 2.22 右上角的切换按钮，切换为柱状图形式。随意点击图中某一年份，可以查看该年度的月度变化特征，也可以查看近十年每个月的分布情况。用户完成对云南省近 10 年火点数据进行时空变化分析，总结出时空变化规律及分布特征。其中火点年际变化特征如下图所示。

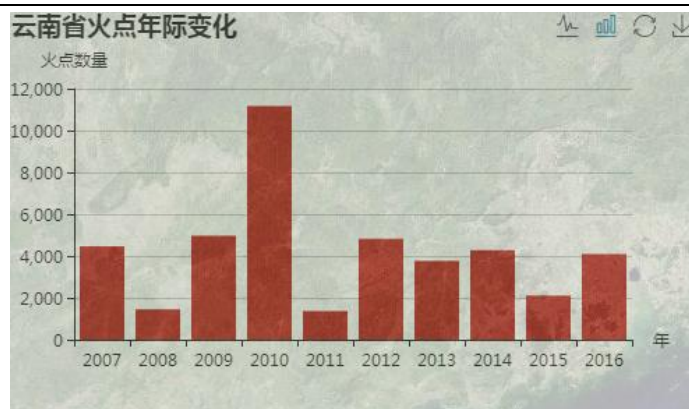


图 2.22 云南省火点年际变化柱状图

3、森林火灾因子分布特征分析

植被对野火风险的评估有着重要的影响。在不同的海拔高度、气候、地形等条件下植被类型存在很大的差异，比如阔叶林、针叶林、灌木以及草木类植物等，它们的森林火灾潜在风险在危险程度上也有很大的区别。对森林火灾与植被、地形、气象之间关系的研究可以表明植被的一些参数（叶面积指数、可燃物含水率）、地形分布特征（海拔、坡度、坡向）、气象特征（空气温度、空气相对湿度、风速、降雨）能够很好的指示森林火灾发生的危险程度。用户查看 11 种火灾因子与火点数量之间的分布特征，观察其变化趋势，总结出变化规律。其中 FMC 与火点数量之间分布特征如图所示，可以通过右上角的图形切换按钮，切换为柱状图。

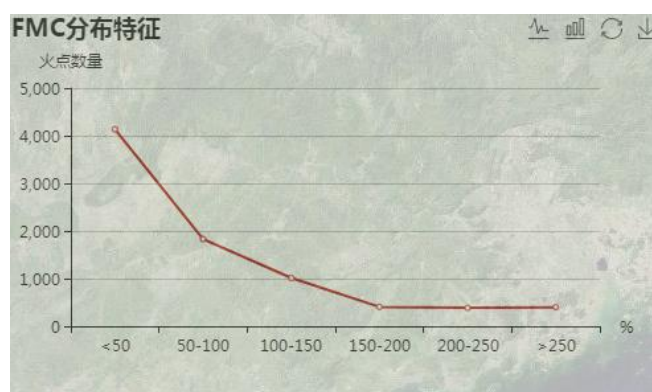


图 2.23 云南省 FMC 分布特征

查看森林火灾空间分布特征时，其中越红色越深的地方代表十年来累积的火灾风险越高。

4、森林火灾因子统计分析

森林火灾因子的相关性分析的主要目的在于寻找因子间的高度相关性，避

免数据冗余导致某一些方面的信息在模型中被重复使用而导致某些因子的权值过重，相关性系数的取值范围是 $[-1, 1]$ ，绝对值越大，因子间的相关性越强；显著性差异是对数据差异性的一种评价方法。显著性差异的值小于 0.05 或者 0.01 的时候说明数据之间的差异性显著或者极其显著。当两组数据之间差异性显著的时候，也就是火点数据和非火点数据存在差异性，这是构建野火风险评估模型的基础。在统计分析界面，用户需要选择“自变量”、“因变量”、“植被类型”三个关键选项，其中自变量和因变量是 11 种火灾因子，植被类型包括：林地和草地两种类型。用户完成对所有火灾因子的相关性分析和显著性分析，得到相关性系数和显著性系数，为后续模型参数选择提供有力依据。

图 2.24 相关性分析

图 2.25 显著性分析

5、模型构建与评估

由于 Logistic 回归模型不能有效识别离散因子和连续因子，我们需要对坡向和降雨进行离散因子处理，将他们转化为虚拟变量。

坡向	处理
参数代码	(1) (2) (3) (4) (5) (6) (7)
0	1 0 0 0 0 0 0
1	0 1 0 0 0 0 0
2	0 0 1 0 0 0 0
3	0 0 0 1 0 0 0
4	0 0 0 0 1 0 0
5	0 0 0 0 0 1 0
6	0 0 0 0 0 0 1
7	0 0 0 0 0 0 0

图 2.26 坡向的离散因子处理

完成以上预处理步骤之后，即可进行模型训练。实验平台提供了 5 种参数模型，用户可以选择不同参数组合和植被类型进行模型训练。预测模型包括：

三参数模型、五参数模型、七参数模型、九参数模型、十一参数模型，具体参数模型对应是哪几种参数会显示在界面下方。植被类型包括：草地、林地两种类型。其中五参数模型训练如图 2.27 所示。



图 2.27 五参数模型训练

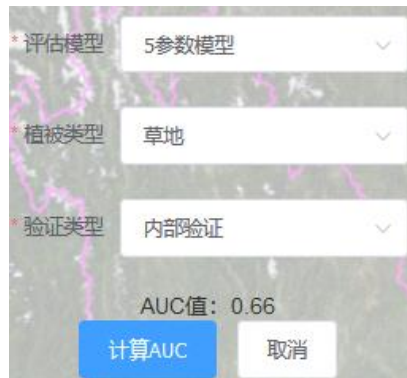


图 2.28 模型精度评价

在完成模型训练以后，用户需要对模型精度进行评价，查看所训练的模型精度。Logistic 回归模型是二分类模型，因此采用 ROC 曲线下方面积的大小 AUC 值来对模型评估精度进行评价。模型精度评价如图 2.28 所示。

利用上一步训练好的模型，选择评估模型与日期，可以对云南省历史森林火灾风险进行评估。

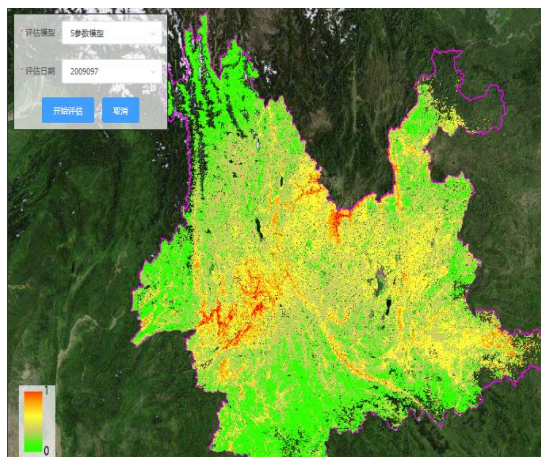


图 2.29 森林火灾风险评估

任务环节三：森林火灾风险预警

森林火灾风险预警是森林防护的焦点，是降低森林火灾影响的关键，是本实验的重点考核环节之一。点击平台界面上方的“森林火灾风险预警”，进入森林火灾风险预警实验操作。与任务环节二的森林火灾风险评估实验操作相似，用户首先选择预测模型、训练样本、以及不同的植被类型，进行模型训练。

其中，预测模型包括 5 种：三参数模型、五参数模型、七参数模型、九参数模型、十一参数模型，具体参数模型对应是哪几种参数会显示在界面下方。植被类型包括：草地、林地两种类型。七参数模型训练界面如下图所示。



图 2.30 七参数模型训练



图 2.31 预测时间选择

训练完成后，选择不同的预测时间（图 2.31），即可预测对应时间的野火风险指数（图 2.32），其中值越大，代表发生森林火灾的概率越大。

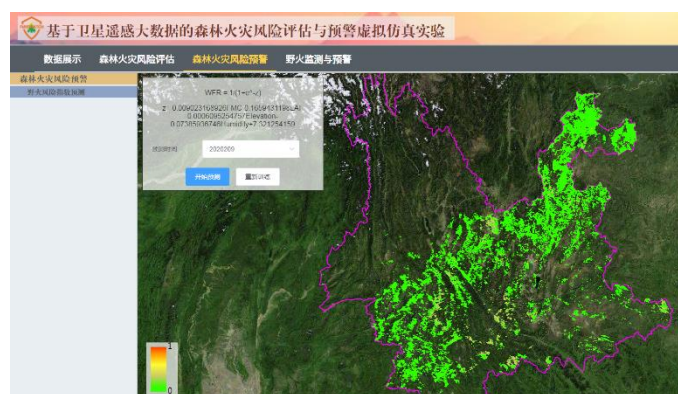


图 2.32 森林火灾风险预警结果

任务环节四：野火监测与预警

野火火点数据是野火行为研究的基础数据。火点像元的识别，可以通过设定固定阈值进行筛选，与周围正常像元比较进行筛选以及同时期正常像元进行筛选。本实验环节提供“基于固定阈值算法”和“WLF 算法（向日葵 8 号野火火点产品算法）”两种提取方法。用户可以在不同的时间范围设置不同的阈值（1、3、5），将得到的野火火点结果与 WLF 算法结果进行对比。基于固定阈值提取算法，选择阈值为 3，设定时间范围，提取到历史野火火点结果如图 2.33 所示。

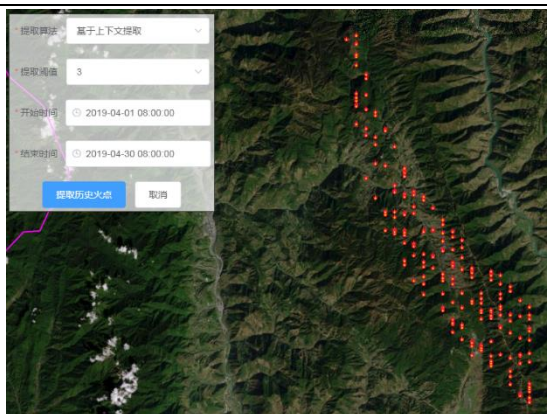


图 2.33 火点提取结果

火点蔓延趋势与火点位置和气象、植被因素有强相关性。本环节主要通过用户首先随机选取发生火灾的火点位置，调整风速、风向、可燃物含水率的值，进行火灾蔓延模拟，可以观察不同环境条件下，火灾的蔓延趋势。火点蔓延具体操作如图 2.34 所示。

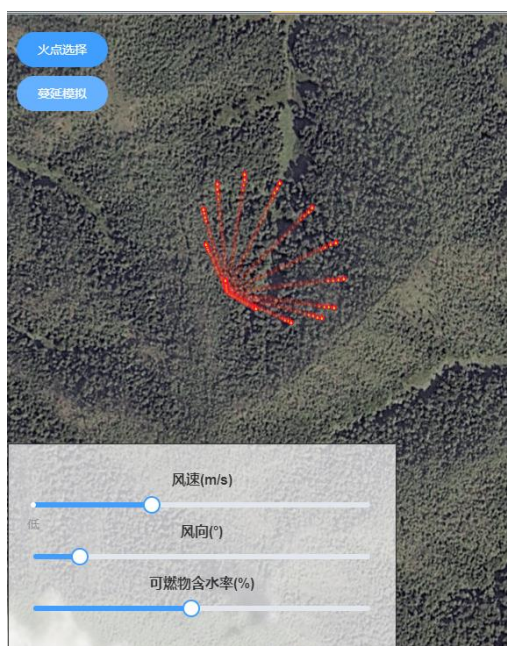


图 2.34 火点蔓延趋势模拟

任务环节五：实验结果分析

1、实验结论在线撰写

用户在完成知识点学习和虚拟实验操作后，需要点击界面右上角的“实验介绍”，回到实验简介页面，进入实验结论填写，填写好三个实验的实验结论，点击保存，该部分是实验考核的一个方面，见图 2.35。



图 2.35 实验结论界面

2、实验报告提交

实验完成后，除了填写实验结论，还需要用户下载报告模板，撰写实验报告，最后将实验报告上传。上传成功后可以在线查看上传的实验报告。

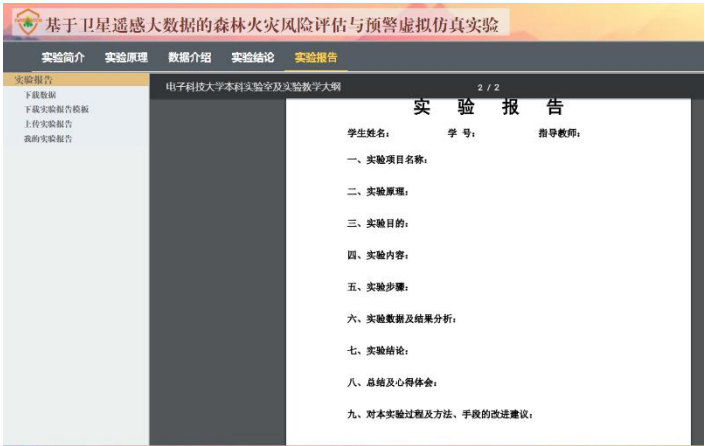


图 2.36 实验报告模板

所有实验步骤完成后，用户可以点击界面右上角的用户名，查看实验完成情况、操作用时和最终得分。

admin84918 累计用时: 02:05:18 当前得分: 43

实验过程记录

实验步骤	用时	状态	得分	简介
实验简介学习	18.8分钟	已完成	5分	5分
实验原理学习	16.0分钟	已完成	5分	5分
实验数据学习	0.0分钟	未完成	0分	5分
实验结论	1.1分钟	未完成	0分	30分
实验报告	10.2分钟	未完成	5分	20分
数据展示学习	27.3分钟	已完成	5分	5分
森林火灾风险评估	38.0分钟	已完成	8分	10分
森林火灾风险预警	13.0分钟	未完成	5分	10分
野火监测与蔓延	0.0分钟	已完成	10分	10分

取消 上传

图 2.37 用户分数页面

二、学生交互性操作步骤说明：

该实验中,学生需要系统的完成以下三个流程:实验原理等基础知识学习、虚拟仿真实验操作、实验结果分析,开展森林火灾风险预警原理学习、历史火点时空分布特征分析、森林火灾风险评估与预警模型构建与评估、实验报告撰写及提交等共计 30 个操作步骤,具体操作步骤如下:

1、基础知识学习

1) 实验原理知识点学习

- (1) 森林火灾风险评估模型原理
- (2) 森林火灾风险评估模型训练样本采样原理
- (3) 森林火灾风险预警原理
- (4) 基于静止卫星的火点检测原理
- (5) 基于静止卫星的火灾速率计算原理

2) 实验数据知识点学习

- (1) 可燃物含水率、叶面积指数数据
- (2) 高程、坡度、坡向等原始地形数据
- (3) 空气温度、空气相对湿度、降雨、风速等气象数据

2、虚拟仿真实验

1) 森林火灾风险评估

- (1) 历史火点时空分布特征分析
 - ①历史火点月度变化特征分析
 - ②历史火点年度变化特征分析
 - ③历史火点空间分布特征分析
- (2) 森林火灾因子特征分析
 - ①植被因子与火灾风险时序变化分析
 - ②气象因子与火灾风险时序变化分析
- (3) 模型参数预处理
 - ①火灾因子相关性分析
 - ②火灾因子显著性分析
- (4) 模型构建与评估

- ①离散变量处理
- ②评估模型参数选择、训练
- ③评估模型精度评价
- ④森林火灾风险评估

2) 野火监测与预警

- (1) 历史火点提取
- (2) 野火蔓延模拟

3) 森林火灾风险预警

- (1) 野火风险指数预测
 - ①预测模型参数选择
 - ②预测模型训练
 - ③森林火灾风险预测

3、实验结果分析

1) 实验结论在线撰写

- (1) 森林火灾风险评估实验结论
- (2) 森林火灾风险预警实验结论
- (3) 野火监测与预警实验结论

2) 实验报告

- (1) 下载实验样例数据与实验报告
- (2) 线下撰写实验报告
- (3) 上传实验报告并查看

2-9 实验结果与结论要求

(1) 是否记录每步实验结果：☒是 ☐否

(2) 实验结果与结论要求：☒实验报告 ☐心得体会 其他

(3) 其他描述：

①要求理解大数据、遥感大数据的概念，并熟悉遥感大数据在森林火灾研究方面的应用，并以流程图和文字进行阐述。

②要求学生理解森林火灾发生机理，并理解诱导因子的种类以及各个因子的作用。同时能够灵活的运用相关知识，为实际操作务实基础。

③要求掌握模型训练数据样本提取方法，能够详细阐述采样原理。

④要求掌握历史火点的时空特征分析方法，从空间分布特征和时序分布特征分别进行阐述。

⑤要求掌握 Logistic 回归模型原理，并说明该模型如何应用于森林火灾发生风险的评估。

⑥要求掌握植被因子、气象因子与森林火灾发生风险的时序变化关系，每种类型因子至少举一个相关变量进行详细阐述。

⑦要求掌握基于卫星数据的近实时火灾传播监测和传播速率计算原理，并对动态检测结果进行分析。

⑧要求掌握森林火灾风险预警原理，并通过流程图和相关文字说明。

2-10 考核要求

虚拟仿真实验的考核主要分为三个部分：学习态度考核、实验过程考核和实验报告考核，详述如下：

(1) 学习态度考核（10%）

考核内容包括：是否完成实验简介学习、实验原理学习、实验数据学习；操作时的实验态度；实验报告的完整性等。

(2) 实验过程考核（60%）

考核内容包括：数据提取步骤完成度、森林火灾风险评估模型、火点检测和森林火灾风险预警等实验步骤的完成度。

(3) 实验报告考核（30%）

考核内容包括：报告要求内容是否完整、报告结论是否合理。

表 2-10-1 虚拟仿真实验考核细则表

考核要求	考核内容	评分细则
学习态度考核	根据学生的累计用时及完成度打分	10
实验过程	数据提取	10
	森林火灾风险评估模型	20
	森林火灾传播速率计算	15
	森林火灾风险预警	15
实验报告考核	报告要求内容是否完整	15
	报告结论是否合理	15

2-11 面向学生要求

(1) 专业与年级要求

本虚拟仿真实验主要是面向森林保护、空间信息与数字技术专业、遥感科学与技术、计算机、森林工程、自然保护与环境生态类、地球信息科学与技术等相关专业的中高年级本科生开设。

(2) 基本知识和能力要求

要求参与实验的学生已经具备地球科学与环境、遥感原理、地理信息等相关课程基本知识，具备较好的团队合作意识、组织沟通、信息整合等能力。

2-12 实验项目应用及共享情况

(1) 本校上线时间：2018 年 9 月

(2) 已服务过的本校学生人数：90 人

(3) 是否纳入到教学计划：☒是 ☐否

(勾选“是”，请附所属课程教学大纲)

课程教学大纲和课程教案，见“附件 3”。

(4) 是否面向社会提供服务：☒是 ☐否

(5) 社会开放时间：2019 年 9 月，已服务人数：0 人

3. 实验教学项目相关网络及安全要求描述

<p>3-1 有效链接网址</p> <p style="text-align: center;">http://slhz.uestc.cn</p> <p style="text-align: center;">http://222.197.165.173/ (备用 IP 地址)</p>
<p>3-2 网络条件要求</p> <p>(1) 说明客户端到服务器的带宽要求 (需提供测试带宽服务)</p> <p style="padding-left: 40px;">50M 宽带以上。</p> <p>(2) 说明能够支持的同时在线人数 (需提供在线排队提示服务)</p> <p style="padding-left: 40px;">1000 人以上。</p>
<p>3-3 用户操作系统要求 (如 Windows、Unix、IOS、Android 等)</p> <p>(1) 计算机操作系统和版本要求:</p> <p style="padding-left: 40px;">客户端操作系统: Windows 7 及以上。</p> <p>(2) 其他计算终端操作系统和版本要求:</p> <p style="padding-left: 40px;">终端操作系统: Windows 7 及以上。</p> <p>(3) 支持移动端: <input type="checkbox"/>是 <input checked="" type="checkbox"/>否</p>
<p>3-4 用户非操作系统软件配置要求 (如浏览器、特定软件等)</p> <p>用户浏览器要求: 支持 Chrome、Firefox、Opera、Safari 等主流浏览器。</p> <p>(1) 需要特定插件 <input type="checkbox"/>是 <input checked="" type="checkbox"/>否</p> <p>(勾选“是”, 请填写) 插件名称 插件容量 下载链接</p> <p>(2) 其他计算终端非操作系统软件配置要求 (需说明是否可提供相关软件下载服务)</p> <p style="padding-left: 40px;">无</p>

3-5 用户硬件配置要求（如主频、内存、显存、存储容量等）

(1) 计算机硬件配置要求：

CPU 主频：2GHz 及以上；

显卡显存容量：1GB 及以上；

内存容量：2GB 及以上；

硬盘容量：100GB 及以上；

显示器配置：屏幕尺寸 14 英寸及以上，分辨率 1024×768 及以上；

输入设备：鼠标、键盘；

网络适配器：100Mbps 以太网卡；

网速：50M 及以上。

(2) 其他计算终端硬件配置要求

无

3-6 用户特殊外置硬件要求（如可穿戴设备等）

(1) 计算机特殊外置硬件要求

无。

(2) 其他计算终端特殊外置硬件要求

无。

3-7 网络安全

(1) 项目系统是否完成国家信息安全等级保护 ☒是 ☐否

（勾选“是”，请填写） 三级

4. 实验教学项目技术架构及主要研发技术

指标	内容
系统架构图及简要说明	<p>虚拟仿真实验教学项目系统平台架构重点考虑系统解耦、性能等问题，以全面满足高并发、高可用、高稳定和高安全等性能要求。</p> <p>系统平台架构如上图所示。系统平台逻辑上可分为 4 层，由下至上分别为数据层、基础服务层、专业服务层、应用层，此外还包括 GIS 服务层。各功能模块均采用模块化编写方式，具有高内聚低耦合的优势，便于灵活更新升级，且不影响其他业务。为保证服务端的高性能、高并发计算，基础服务层中对于卫星遥感大数据的处理、分析采用基于 Spark 分布式计算环境，服务端三层均在 Akka 框架下高并发运行。</p> <p>数据层主要封装对数据库的访问、事务处理和存储过程，供上一层访问，为具体</p>

系统架构图及简要说明		<p>的业务逻辑和应用提供内容和数据支持。</p> <p>基础服务层主要封装一些基础分析模型，统计分析模型，如森林火灾风险评估模型、火灾预警模型、火灾监测模型等，同时此层还将构建 Web 前端所需展示的虚拟仿真实验模型。</p> <p>专业服务层主要将基础服务层中基础模型进行组合完成相应的业务逻辑，为应用层提供虚拟仿真实验的访问和操作接口，同时此层还负责对表示层的请求进行拦截并完成权限控制功能。</p> <p>应用层与用户交互，连接用户与虚拟仿真实验教学平台。用户可使用计算机浏览器进行实验知识学习、实验操作，并完成相应的课程实验。</p> <p>GIS 服务层主要完成卫星遥感大数据的栅格切片、基础矢量地理信息数据的切片，为系统平台应用层提供影像访问的基本接口。</p>
实验教学项目	开发技术	<input type="checkbox"/> VR <input type="checkbox"/> AR <input type="checkbox"/> MR <input type="checkbox"/> 3D 仿真 <input checked="" type="checkbox"/> 二维动画 <input checked="" type="checkbox"/> HTML5 <input checked="" type="checkbox"/> 其他 <u>WebGIS、WebGL、OpenGL</u>
	开发工具	<input type="checkbox"/> Unity3D <input type="checkbox"/> 3D Studio Max <input type="checkbox"/> Maya <input type="checkbox"/> ZBrush <input type="checkbox"/> SketchUp <input type="checkbox"/> Adobe Flash <input type="checkbox"/> Unreal Development Kit <input type="checkbox"/> Animate CC <input type="checkbox"/> Blender <input type="checkbox"/> Visual Studio <input checked="" type="checkbox"/> 其他 <u>WebStorm、IntelliJ IDEA</u>

	<p>运行环境</p>	<p>服务器</p> <p>CPU <u>8</u> 核、内存 <u>16</u> GB、磁盘 <u>100</u> GB、</p> <p>显存 <u>0</u> GB、GPU 型号 <u>无</u></p> <p>操作系统</p> <p><input type="checkbox"/>Windows Server <input checked="" type="checkbox"/>Linux <input type="checkbox"/>其他 具体</p> <p>版本 <u>Ubuntu 14.04 LST</u></p> <p>数据库</p> <p><input type="checkbox"/>Mysql <input type="checkbox"/>SQL Server <input type="checkbox"/>Oracle</p> <p><input checked="" type="checkbox"/>其他 <u>PostgreSQL</u></p> <p>备注说明 <u>无</u> （需要其他硬件设备或服务 器数量多于 1 台时请说明）</p>
	<p>项目品质（如：单场景模型总面数、贴图分辨率、每帧渲染次数、动作反馈时间、显示刷新率、分辨率等）</p>	<p>森林火灾风险评估模型：5 个。</p> <p>森林火灾风险预警模型：5 个。</p>

5. 实验教学项目特色

（体现虚拟仿真实验教学项目建设的必要性及先进性、教学方式方法、评价体系及对传统教学的延伸与拓展等方面的特色情况介绍。）

（1）实验方案设计思路

全球森林火灾频发，严重破坏生态环境的同时，也对生命财产安全造成严重威胁。全球每年平均发生火灾 20 余万次，我国平均每年发生火灾 1 万余次。据统计，自 2010 年以来，我国因森林火灾死亡人数达 495 人，森林火灾已经成为世界范围内发生最频繁的灾难之一。如何对森林火灾的风险进行评估以及预警，是降低森林火灾影响的重点，但目前针对森林火灾风险评估的主流监测方法存在覆盖范围小，人工成本高等缺点。

该实验基于以上实际应用需求，结合课程负责人所在团队对于森林火灾风险评估和预警的前沿科技成果，综合考虑到高校师生和社会用户不同专业背景的需求，在实验内容和方案设计上，重点突出实验操作完整性、实验流程系统性。首先以系统的知识点讲解学习为基础，让学生了解可燃物含水率、叶面积指数、空气相对湿度等火灾相关因子概念，初步了解森林火灾风险评估与预警模型构建的计算原理及方法；其次，通过森林火灾相关因子的特征分析、相关性分析，让学生深入理解森林火灾相关因子在森林火灾评价中的应用意义；然后，通过大数据分析方法，完成森林火灾风险评估与预警模型训练、模型构建和精度评价，得到风险评估和预警成果，让学生宏观认识卫星遥感大数据在森林火灾中的应用。最后，通过火点提取及火灾蔓延速率计算方法，完成不同指标因子下的火灾蔓延动画成果，让学生深度体验森林火灾蔓延的趋势，培养学生跨学科专业知识集成与实践创新能力。

（2）教学方法创新

面对校内学生，该虚拟仿真实验项目结合了电子科技大学资源与环境学院对专业人才培养过程中已有实验教学流程及制度，注重实验前的原理讲解，实验中的操作指导，实验后的结果考核等环节的反馈，提倡让学生自主、合作、探究地完成实验项目。

面对国内外高校及社会用户，该虚拟仿真实验项目以实际应用需求为导向，重点强调理论知识与实际操作的结合，以实验操作指导文档和操作视频为

实验引导，设置邮箱反馈、平台反馈等线上互动交流服务，培养学生以问题为导向的思维方式，帮助学生巩固和应用所学知识。

（3）评价体系创新

改革一考定结果的终结性评价，加强过程性考核。注重对学生平时学习的要求和状况的跟踪，提升了整体学习效果。课程学习成绩由三部分构成：总成绩=学习态度（10%）+实验过程（60%）+实验报告（30%）。且通过实验报告和结论对学生掌握的实验原理、实验设计、实验完成度等方面进行统计与分析（包括：是否完成学习，学习时长等），用图表直观的展示分析结果，以便教师能快速了解学生的学习概况，并进一步完善虚拟实验平台的功能，提高虚拟实验的教学质量。

（4）对传统教学的延伸与拓展

该实验项目是基于项目负责人多年的传统教学经验总结，并结合团队科研森林火灾风险评估及预警的学术成果，以森林火灾风险评估与预警为需求导向，通过在理论讲解后设置合理实验操作的方式，让学生基于大数据分析技术，交互式深入区域森林火灾风险评估与预警关键实验过程，切实将理论知识运用到解决实际问题中。同时，针对传统教学中评价体系的改革创新，以强互动性的教学方式激发学生自主学习实践兴趣。

6. 实验教学项目持续建设服务计划

(本实验教学项目今后 5 年继续向高校和社会开放服务计划及预计服务人数)

(1) 项目持续建设与服务计划:

① 满足用户应用需求: 该虚拟仿真实验项目秉承理论和实践相结合的准则, 全天 24 小时面向高校和社会用户开放, 预计未来 5 年服务人数达 3 万人。该实验旨在让森林保护、空间信息、遥感、地质、计算机、地理科学等相关专业的用户掌握遥感相关的基础知识, 了解卫星工作原理, 掌握卫星数据的基本处理流程, 掌握遥感大数据的基本特性, 掌握从森林火灾因子提取、分析到森林火灾风险评估及预警的专业基础知识和实际的应用能力。

② 资源项目建设和更新: 根据国内外高校及社会用户的多方位反馈, 紧跟森林火灾风险评估与预警的前沿技术, 结合课程负责人所在团队的最新科研成果, 每年更新和补充该虚拟仿真实验教学内容, 完善具有专业特色的虚拟仿真实验项目, 增加实验内容、交互功能设计, 满足教师 and 平台用户对于创新型实验的设计需求。同时, 将进一步加强实验团队建设, 逐步改进实验方式, 形成更加富有特色、创新性强、具有自主知识产权的虚拟仿真实验资源成果。

③ 管理平台建设和更新: 增强平台对优质资源的共享能力和稳定性, 满足更多用户并发访问。加强平台统一管理能力, 结合我校虚拟仿真实际教学情况, 以及面向国内外高校和社会的虚拟实验反馈情况, 不断完善开放式虚拟仿真管理平台。

(2) 面向高校的教学推广应用计划:

① 面向电子科技大学本科生, 该虚拟仿真实验项目已被学校列为校级虚拟仿真实验建设项目, 并纳入本科必修课程示范课, 2018 年秋季开始进行课程改革示范与实践, 学生课前需网上学习该课程, 课堂重点为研讨式、启发式教学, 提升学生自主学习能力和探究能力。

② 面向国内外院校的学生, 拟通过教育部高等学校测绘学科教学指导委员会、教育部高等学校计算机科学与技术教学指导委员会、中国地理信息产业协会、中国地理学会等机构推送“基于卫星遥感大数据的森林火灾风险评估与预警虚拟仿真实验”, 扩大实验的宣传范围。实验建设团队也将与国内外院校

对口专业院系和实验室学生开展交流，对实验室建设思路、经验和成果实现资源共享；与多市及省内的其它相关专业的学校和学生能共享我们的建设成果，为培养学生的综合创新能力服务。

③ 该虚拟仿真实验教学为学生自主创新实验、课外科技活动提供平台，鼓励学生利用该平台参加各种学科竞赛，运用虚拟仿真技术进行参赛作品的设计与展示，培养学生的虚拟仿真技术应用能力。并将学生进行虚拟实验时迸发的灵感、创意和完成的作品，充实和完善到相应的课程实验项目中。

（3）面向社会的推广应用计划：

该实验作为一门互联网平台开放课程，将充分利用互联网在线共享的便捷性，面向广大社会用户，拟通过各类学术会议、政府报告等方式，推广该实验项目，同时实验建设团队将与国内外相关科研院所、企事业单位、森林火灾防护相关的公司开展成果交流、思路和经验资源共享，分享课程实验内容 and 应用案例，设置反馈渠道，收集课程建设意见。

7. 知识产权

软件著作权登记情况	
软件著作权登记情况	<input checked="" type="checkbox"/> 已登记 <input type="checkbox"/> 未登记
完成软件著作权登记的，需填写以下内容	
软件名称	基于卫星遥感大数据的森林火灾风险评估与预警虚拟仿真实验平台 v1.0
是否与项目名称一致	<input checked="" type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否
著作权人	电子科技大学
权利范围	全部权利
登记号	2019SR0865338

8. 诚信承诺

本人承诺：所申报的实验教学设计具有原创性，项目所属学校对本实验项目内容（包括但不限于实验软件、操作系统、教学视频、教学课件、辅助参考资料、实验操作手册、实验案例、测验试题、实验报告、答疑、网页宣传图片文字等组成本实验项目的一切资源）享有著作权，保证所申报的项目或其任何一部分均不会侵犯任何第三方的合法权益。

本人已认真填写、检查申报材料，保证内容真实、准确、有效。

实验教学项目负责人（签字）：

年 月 日

9. 附件材料清单

1. 政治审查意见

（本校党委须对项目团队成员情况进行审查，并对项目内容的政治导向进行把关，确保项目正确的政治方向、价值取向。须由学校党委盖章。无统一格式要求。）

关于“基于卫星遥感大数据的森林火灾风险评估与预警虚拟仿真实验”的政治审查意见 1 份，见“附件 1”。

2. 校外评价意见

（评价意见作为项目有关学术水平、项目质量、应用效果等某一方面的佐证性材料或补充材料，可由项目应用高校或社会应用机构等出具。评价意见须经相关单位盖章，以 1 份为宜，不得超过 2 份。无统一格式要求。）

校外评价意见 1 份，见“附件 2”。

10 申报学校承诺意见

本学校已按照申报要求对申报的虚拟仿真实验教学项目在校内进行公示，并审核实验教学项目的内容符合申报要求和注意事项、符合相关法律法规和教学纪律要求等。经评审评价，现择优申报。

本虚拟仿真实验教学项目如果被认定为“国家虚拟仿真实验教学项目”，学校将严格贯彻《教育部高等教育司关于加强国家虚拟仿真实验教学项目持续服务和管理有关工作的通知》（教高司函〔2018〕56号）的要求，承诺将监督和保障该实验教学项目面向高校和社会开放，并提供教学服务不少于5年，支持和监督教学服务团队对实验教学项目进行持续改进完善和服务。

主管校领导（签字）：

（学校公章）

年 月 日