



遥感科学国家重点实验室、北京市陆表遥感数据产品 工程技术研究中心学生开放课题（2022）

基于深度学习的森林火灾风险评估研究

编号：12 主持人：黄智卿 2021级摄影测量与遥感专业 硕士研究生 邮箱：huangzhiqing@mail.bnu.edu.cn 参与人：李博艺 徐滢 指导老师：宫阿都

1. 研究目标

- 森林火灾对森林资源及人类生命财产造成重大损害，严重影响区域生态环境和生态系统。
- 根据前期调研，以森林资源丰富、火灾多发的广西省桂林市、百色市为研究区，基于区域灾害系统理论构建森林火灾危险性评估指标体系。使用MODIS火产品和多源数据训练神经网络，构建基于深度学习方法的森林火灾危险性评估模型，并完成验证。
- 使用构建好的模型，完成研究区未来一个月火灾危险性预报。

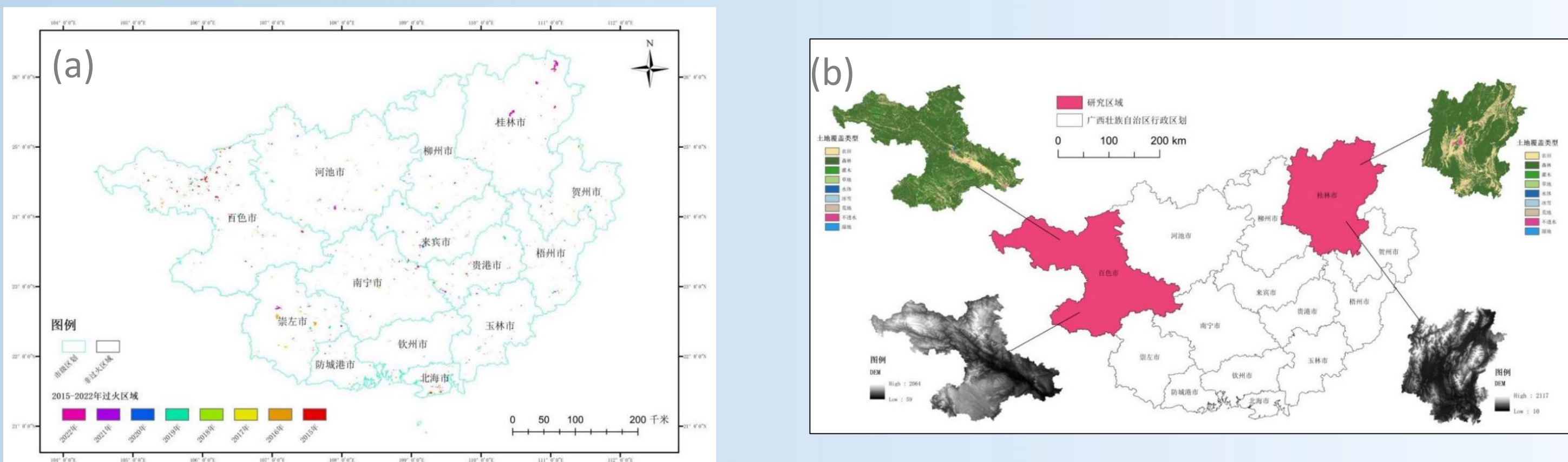


图1 a: 2015-2022年广西过火区域分布； b: 研究区示意

2. 研究方法

基于区域灾害系统理论的森林火灾危险性评估指标体系

根据致灾因子、孕灾环境和承灾体选取火险因素。其中气象因子基于森林火灾危险气象等级（FFDI, Forest Fire Danger Index）（GB/T 36743-2018）选取6个气象因子指标：日最高气温、平均2分钟风速、最小相对湿度、干旱等级、降水修正系数、积雪修正系数。

目标层	指标	符号	指标类型	指标解释
火险因子	降水修正系数	C _p	逆向	降水量大不易引起森林火灾
	积雪修正系数	C _s	逆向	积雪深度大不易引起森林火灾
	风速	V	正向	风速较大易引起火灾快速蔓延
	气温	T	正向	温度长期较高易引起森林火灾
	相对湿度	RH	逆向	相对湿度高不易引起森林火灾
	干旱综合指数	M	正向	干旱等级高易引起森林火灾
	河流密度	R	逆向	较宽的河流可以作为防火隔离带
	人口数量	P	正向	人类活动是引发森林火灾的因素之一
	道路密度	ρ	逆向	较宽的道路可以作为防火隔离带
	海拔高度	d	正向	海拔高低起伏大易于火势的蔓延，灭火难度大
	植被长势	T	正向	植被长势越好，可燃物越多
	植被种类	S	正向	植被种类不同，易燃和可燃性也不同

基于深度学习方法的森林火灾危险性评估模型构建

1. 模型构建：参考指标体系和FFDI (Forest fire Danger Index)，基于BPNN (Backpropagation Neural Network) 和研究区2015-2020年数据，随机采样(1300)训练模型。采用经验公式和比较MSE最小值的方法确定隐含层节点的具体个数，使用随机平均梯度下降优化模型。

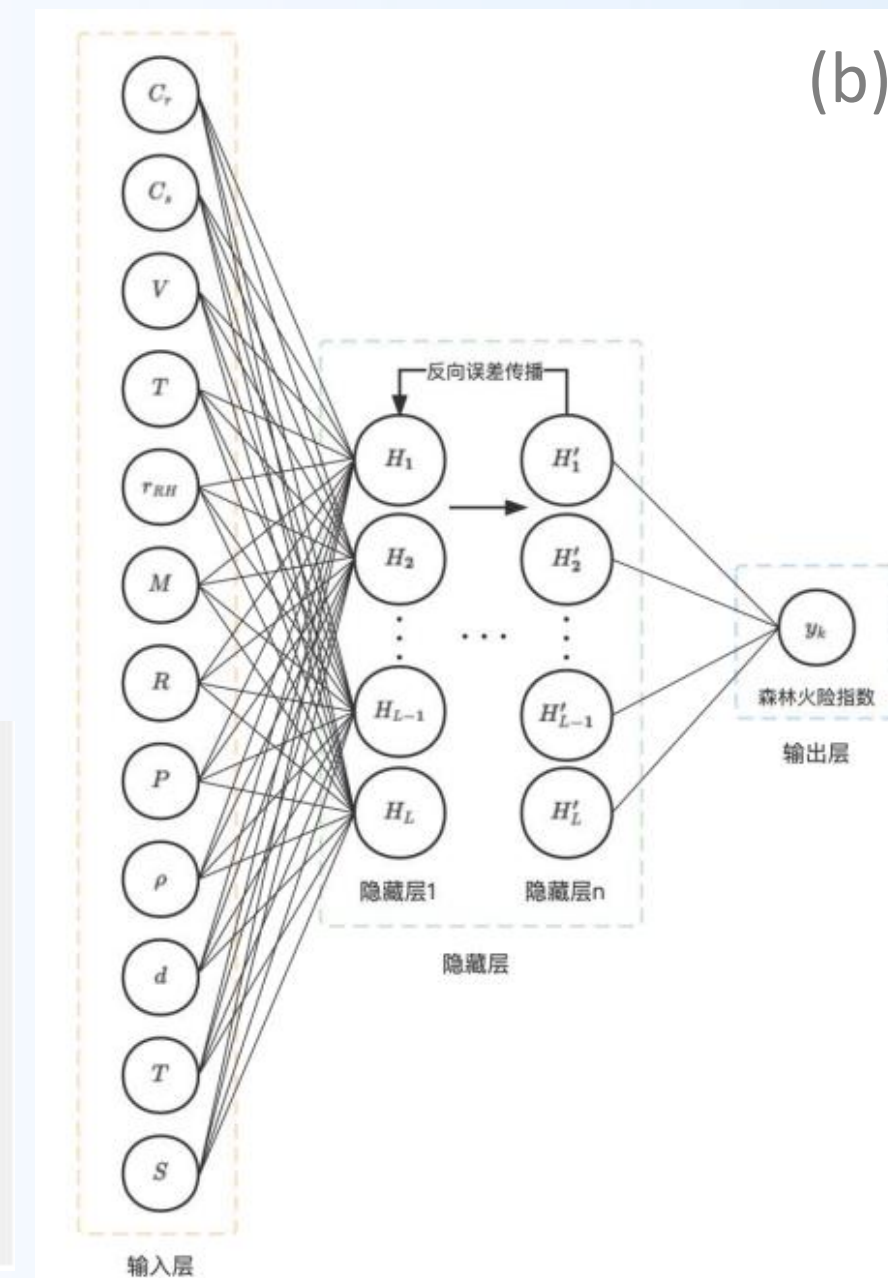
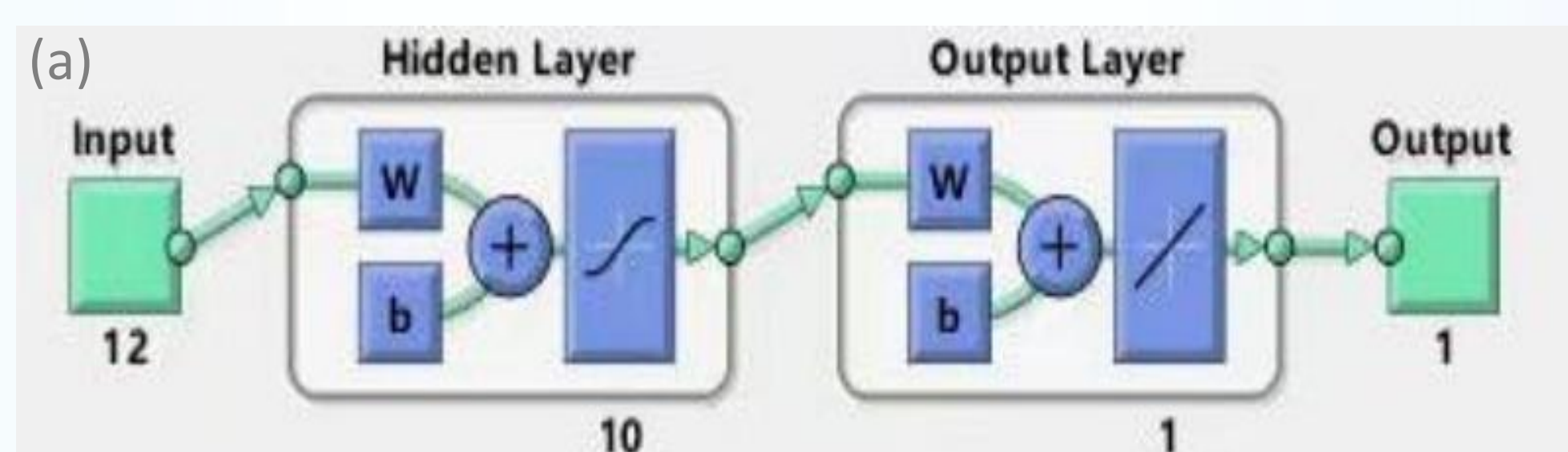


图2 a、b: 网络模型结构示意图

2. 模型验证与未来预测应用：随机抽样(1800)输入模型计算研究区2022年火灾高发月4月的危险性数值。基于实际森林火险天气指数（FWI, Fire Weather Index）数据、计算所得的FFDI比较结果的准确性。

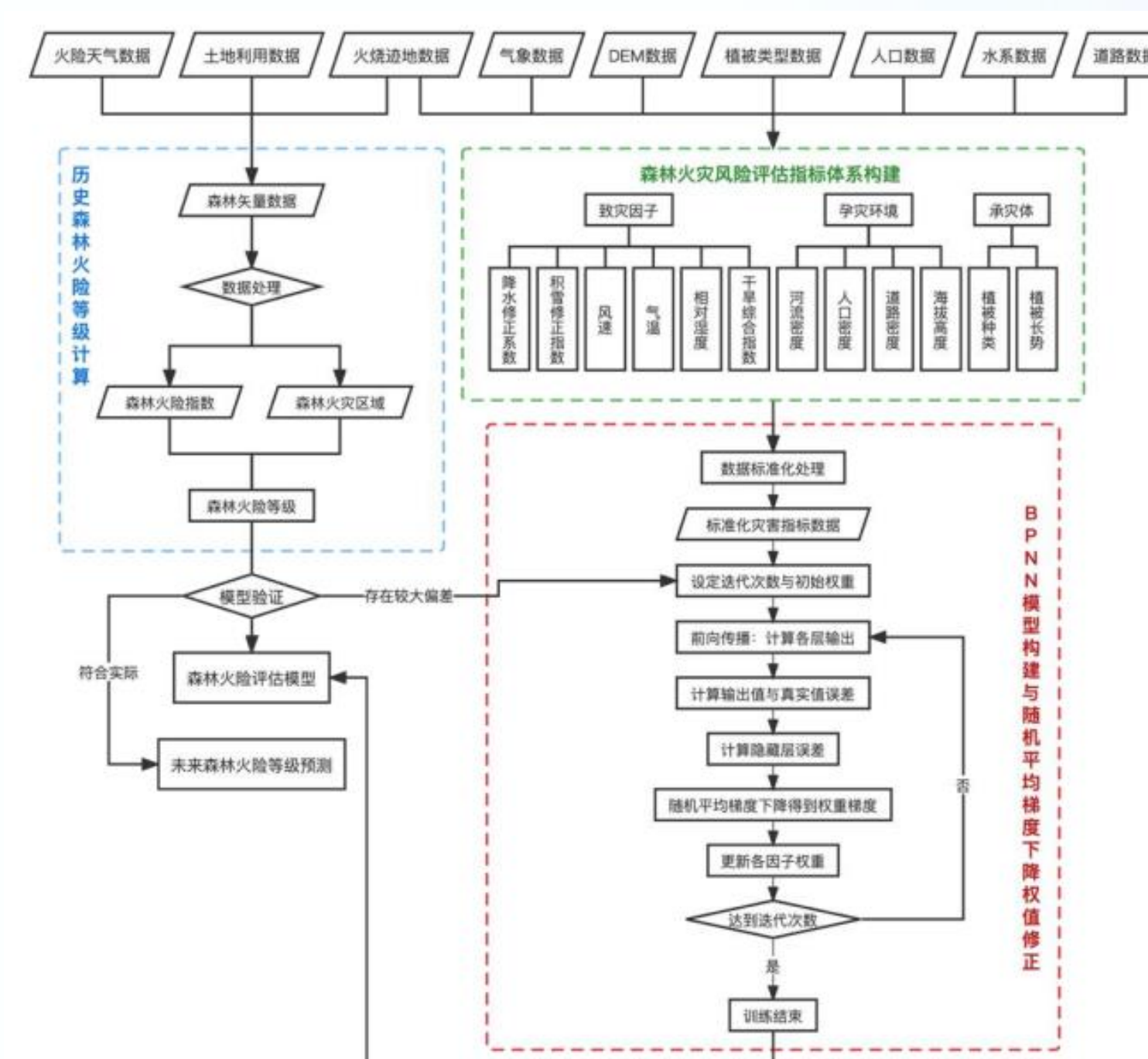


图3 总体技术路径

3. 主要结果（一）火险指标与火点的可视化关系

道路密度增加，火点（MOD14）先增加后减少。人口密度、距河流的距离和海拔高度散点趋势类似。人口密度低则非人为因素影响强烈。人口密度的增加火灾多发，但超过一定阈值后会减少。

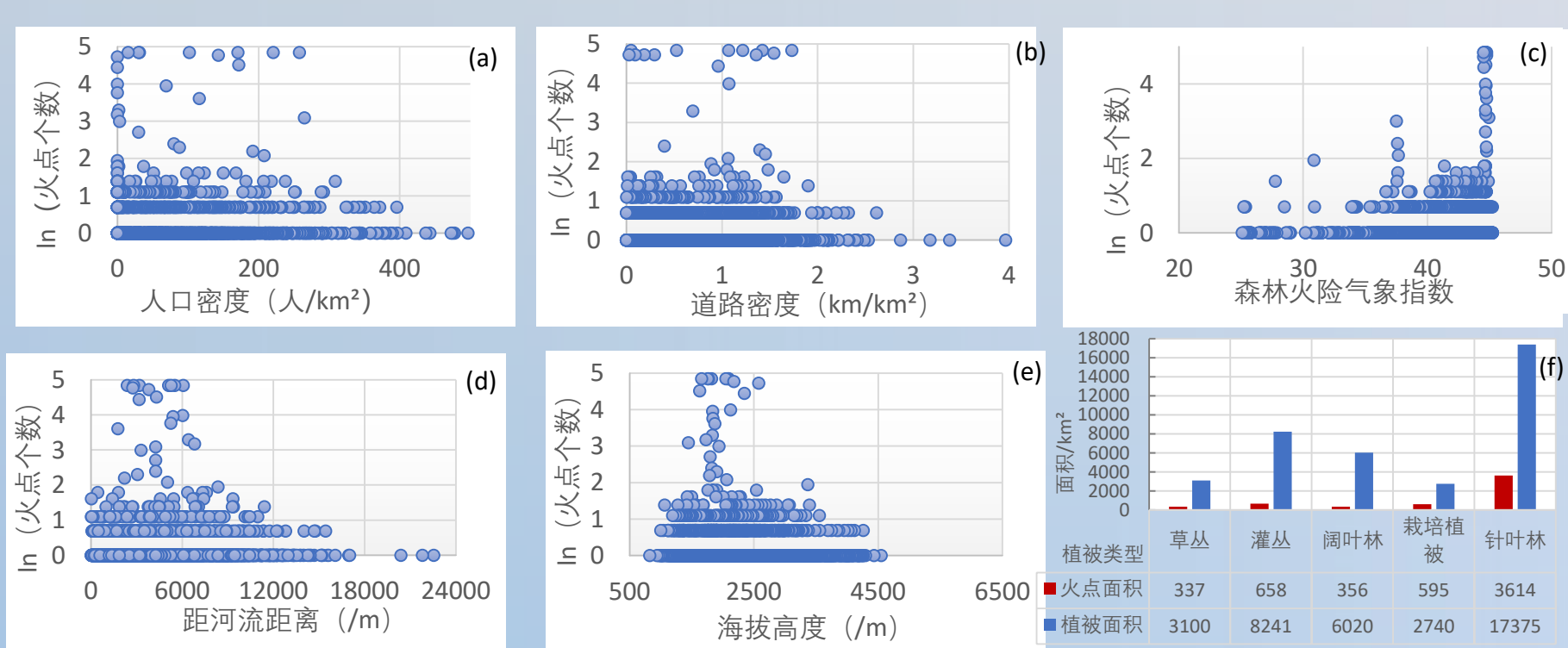


图3 部分指标与火点之间的关系(a)人口密度；(b)道路密度；(c)基于森林火险指数（FFDI）的气象指标与火点间的关系；(d)距河流距离；(e)海拔高度；(f)不同植被类型与森林火灾之间的关系

指标	Spearman相关	自相关	火点数
森林火险指数	相关系数 1.000	.237**	
	显著性（双侧） .	.000	
道路密度	相关系数 1.000	-.005	
	显著性（双侧） .	.395	
距河流距离	相关系数 1.000	-.022**	
	显著性（双侧） .	.000	
海拔高度	相关系数 1.000	-.163**	
	显著性（双侧） .	.000	
人口密度	相关系数 1.000	.072**	
	显著性（双侧） .	.000	
植被类型	相关系数 1.000	-.018**	
	显著性（双侧） .	.000	

**，在置信度（双侧）为 0.01 时相关性显著

3. 主要结果（二）基于BPNN的森林火险评估模型

参数名称	参数设置	解释说明
输入层节点个数	12	输入指标因子的个数
隐含层节点个数	10	不与外界直接交流，作为输入层与输出层之间媒介的其他功能层的总个数
输出层节点个数	1	输出指标因子的个数
最大迭代次数	1000	最大训练次数，若训练次数达到 1000 次但仍未达到目标阈值，训练则自动结束
训练精度阈值	0.001	最大训练精度，当预测值与实际值方差达到预设目标阈值时，训练自动结束
学习速率	0.01	学习速率越小迭代次数越多；学习速率过大易导致结果超过局部最小值无法收敛

经验公式得隐含层节点数为4~13，迭代求解最小MSE节点=10。

$$h = \sqrt{m + n} + a$$

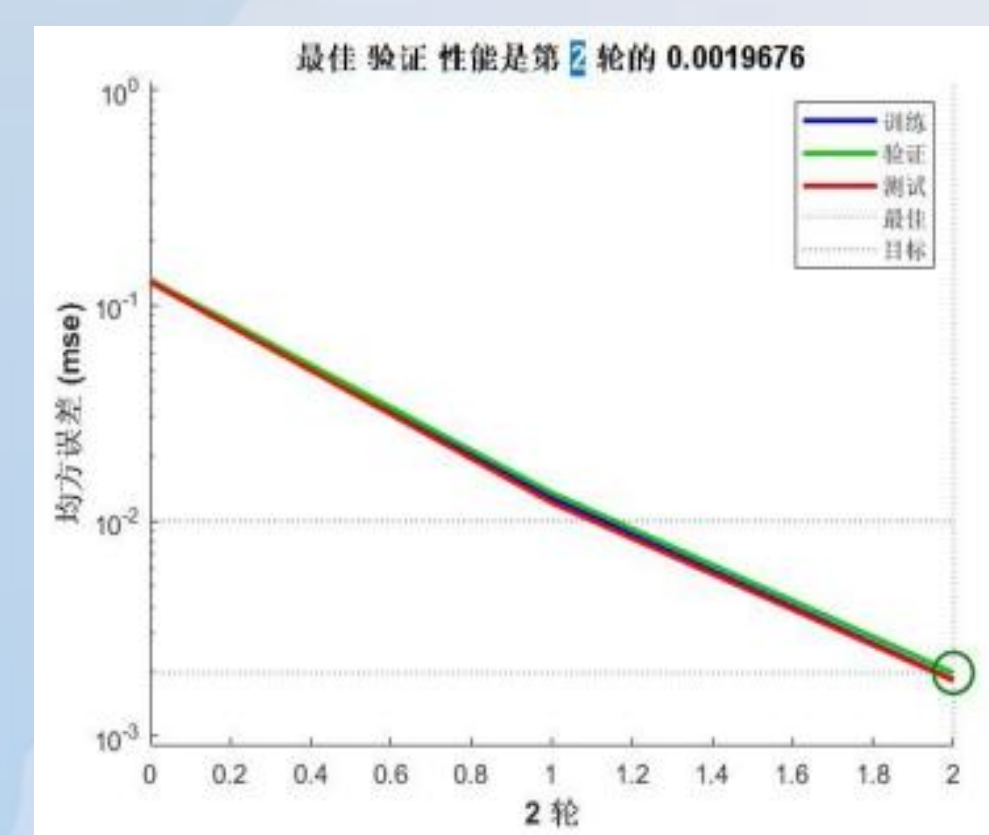
式中，h: 隐含层节点数，m、n: 输入层和输出层节点数，调节常数a∈[1-10]。

3. 主要结果（三）未来一个月森林火险预测

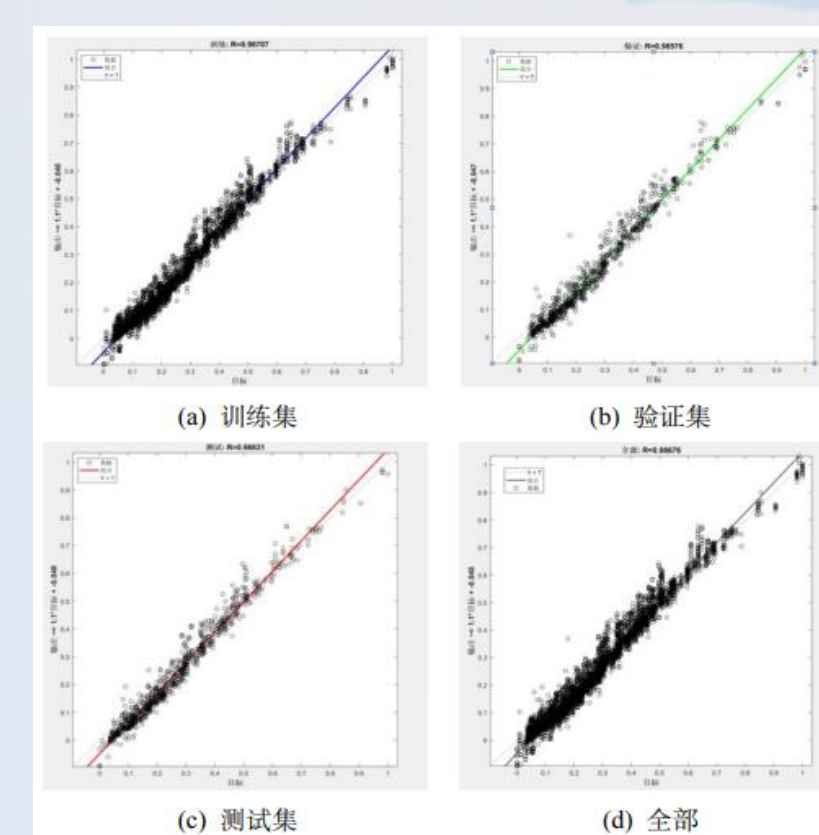
总体评价：百色市的预测结果与实际更为贴合，误差更小，桂林市的误差则比百色市略大。

空间分布：桂林市西北部和南部地区的森林火灾风险较大，中部和东北部地区风险较小。百色市中部偏南地区的森林火灾风险较大，北部地区风险较小。

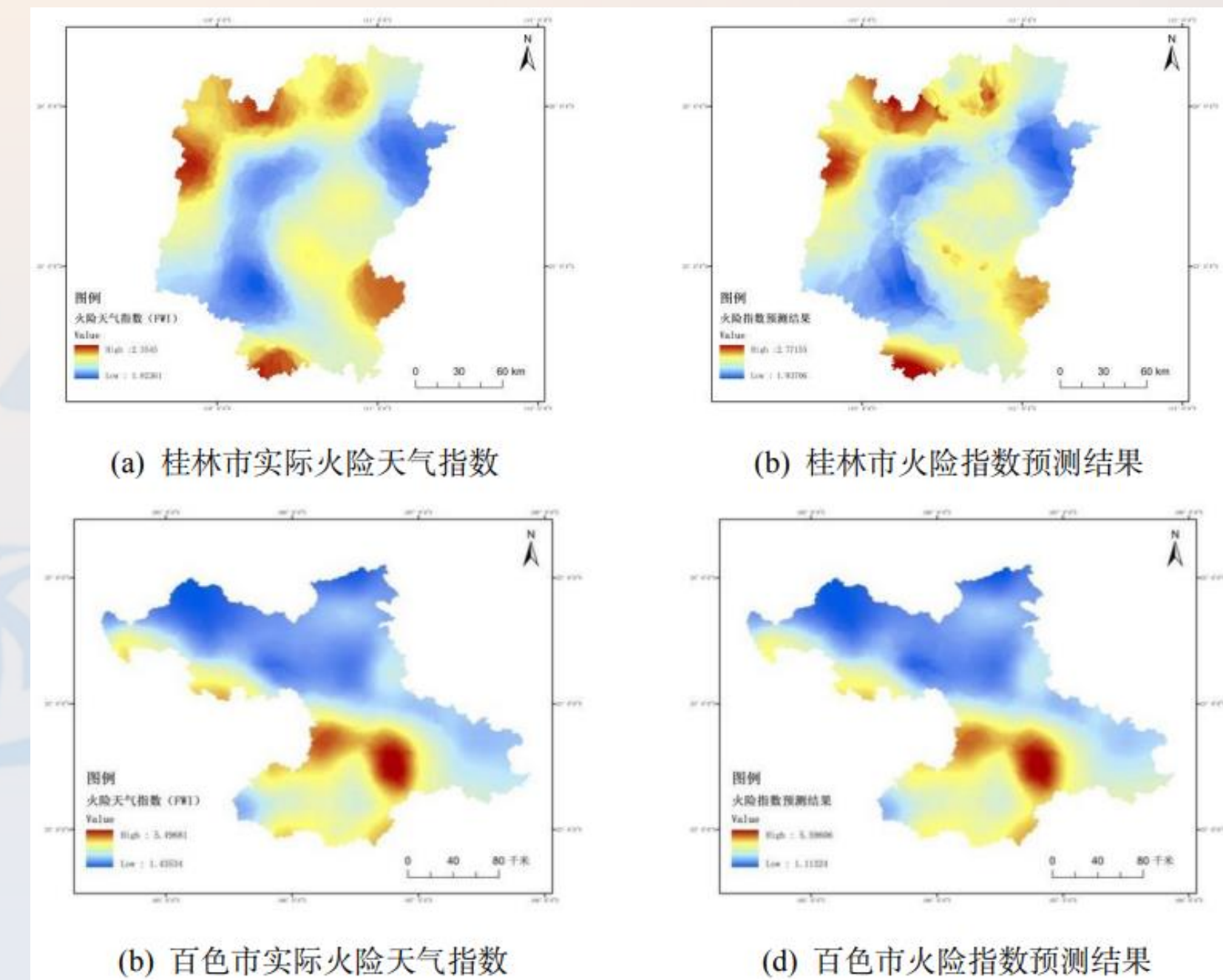
数值分析：平均准确率桂林市88.58%；百色市89.95%。模型的预测准确率89.35%，相关系数R=0.9402。



不同样本集的均方误差变化



模型各样本与结果相关系数R



桂林市与百色市森林火险预测结果

