

# 基于 GIS 的森林火灾灾后评估算法的设计与实现

陈培金<sup>1</sup>, 徐爱俊<sup>1</sup>, 邵香君<sup>2</sup>, 刘爱君<sup>2</sup>

(1. 浙江林学院 信息工程学院, 浙江 临安 311300; 2. 浙江省临安市林业局, 浙江 临安 311300)

**摘要:** 从地理信息技术的角度, 对森林火灾灾后评估的技术方法进行研究。通过对图元分割、面积量算和灾后损失计算方法等方面的研究, 对图元分割、图元相交判断和图元比例计算等进行详细分析, 求解火灾所涉及的小班数量与比例, 并对林火损失的构成进行分析。通过林木过火面积和现行价格及有关的经营统计资料直接计算火灾损失并进行定量分析, 提出森林火灾灾后经济损失的计算方法, 形成了基于地理信息系统的森林火灾灾后评估技术方法。图 5 参 11

**关键词:** 森林保护学; 森林火灾; 灾后评估; 经济损失; 图元分割; 图元相交

中图分类号: S762 文献标志码: A 文章编号: 1000-5692(2008)01-0072-06

## Design and implementation of GIS-based forest fire assessment algorithm

CHEN Pei-jin<sup>1</sup>, XU Ai-jun<sup>1</sup>, SHAO Xiang-jun<sup>2</sup>, LIU Ai-jun<sup>2</sup>

(1. School of Information Engineering, Zhejiang Forestry College, Lin'an 311300, Zhejiang, China; 2. Forest Enterprise of Lin'an City, Lin'an 311300, Zhejiang, China)

**Abstract:** Forest fire is a great threat to forest resources of China, so we should strengthen preventing and fighting fire, and we also should do assessment algorithm after forest fire. The technique of forest fire assessment was studied from the geographical information technology. The paper analyzed the graph element segmentation, graph element intersecting, and graph element proportion calculation to find out the amount and proportion of the fire disaster. The paper had a quantitative analysis of the fire area and fire loss to establish a GIS-based forest fire assessment technique. [Ch, 5 fig. 11 ref.]

**Key words:** forest protection; forest-fire; disaster assessment; economic loss; graph element segmentation; graph element intersecting

森林资源在社会经济发展中占有举足轻重的地位。我国是一个少林国家, 并且大面积森林火灾频繁发生, 已对我国有限的森林资源构成很大的威胁。我们在加强森林防火工作的同时, 还应该做好森林火灾发生后的损失评估工作。森林火灾损失评估工作是森林防火工作的重要组成部分。开展森林火灾损失评估是火灾后经济补偿的基础, 火灾的间接经济损失远远要比直接经济损失多<sup>[1]</sup>, 其核心问题是森林价值和生态效益的确定。我国森林火灾损失评估内容主要包括社会、经济和生态等 3 个方面, 涉及生态学科和经济学科, 属于经济生态或生态经济范畴。森林火灾生态效益损失评估建立在生态学基础上, 涉及森林经济价值与生态效益, 将森林火灾造成的各种损失折合成经济损失<sup>[2,3]</sup>。

## 1 森林火灾经济损失评估的现状

近年来, 许多学者开始应用地理信息系统(geographic information system, GIS)等高新技术, 对森林火场的蔓延、火场周边气象条件的变化及灾后损失评估作了大量数值模拟研究<sup>[4-6]</sup>。利用遥感技术监测森林火灾, 国外始于 20 世纪 60 年代初期的航空红外探测。在国内, 从 20 世纪 80 年代末开始广泛运用时间、空间分辨率相对较高的极轨气象卫星对森林火灾进行实时动态监测。卫星遥感具有范围

---

收稿日期: 2007-03-13; 修回日期: 2007-06-04

基金项目: 浙江省科学技术重点攻关项目(2005C23061); 浙江省教育厅资助项目(20060675)

作者简介: 陈培金, 讲师, 从事森林资源及其环境信息系统研究与应用。E-mail: cpj@zjfc.edu.cn

大, 视野广, 并且迅速准确等特点, 能提供火点的经纬度、火灾面积、火点性质(燃烧区、过火区、亚像元等)等火场信息。目前, 气象部门已广泛应用极轨气象卫星监测森林火点, 并开发出相应的森林火点卫星遥感处理软件<sup>[7]</sup>。在火灾灾后评估空间计算方面, 随着数字信息及通信技术的发展, 以空间数据库为基础, 以 GIS 的空间分析技术为核心的对各种实时空间信息动态获取的需求应运而生, 并在各个部门得到广泛应用<sup>[8,9]</sup>。

## 2 灾后评估算法设计

本文主要从地理信息技术的角度, 通过对图元分割、面积量算和灾后损失计算方法等方面的研究, 对森林火灾灾后评估方法进行研究。该方法通过勾划着火区域, 并与森林资源二类小班进行叠置分析, 从而自动计算森林火灾的经济损失。

### 2.1 算法总体设计

算法的输入是当前电子地图上新建被火烧的区域图元, 输出是通过空间地理信息数据库处理的计算过火面积表; 此外可以输入单位损失, 输出总损失。整个流程以数据库相连, 数据库之间的数据交换与关联以图层信息与地理信息进行空间计算分析和统计计算来实现。算法技术流程如图 1 所示。

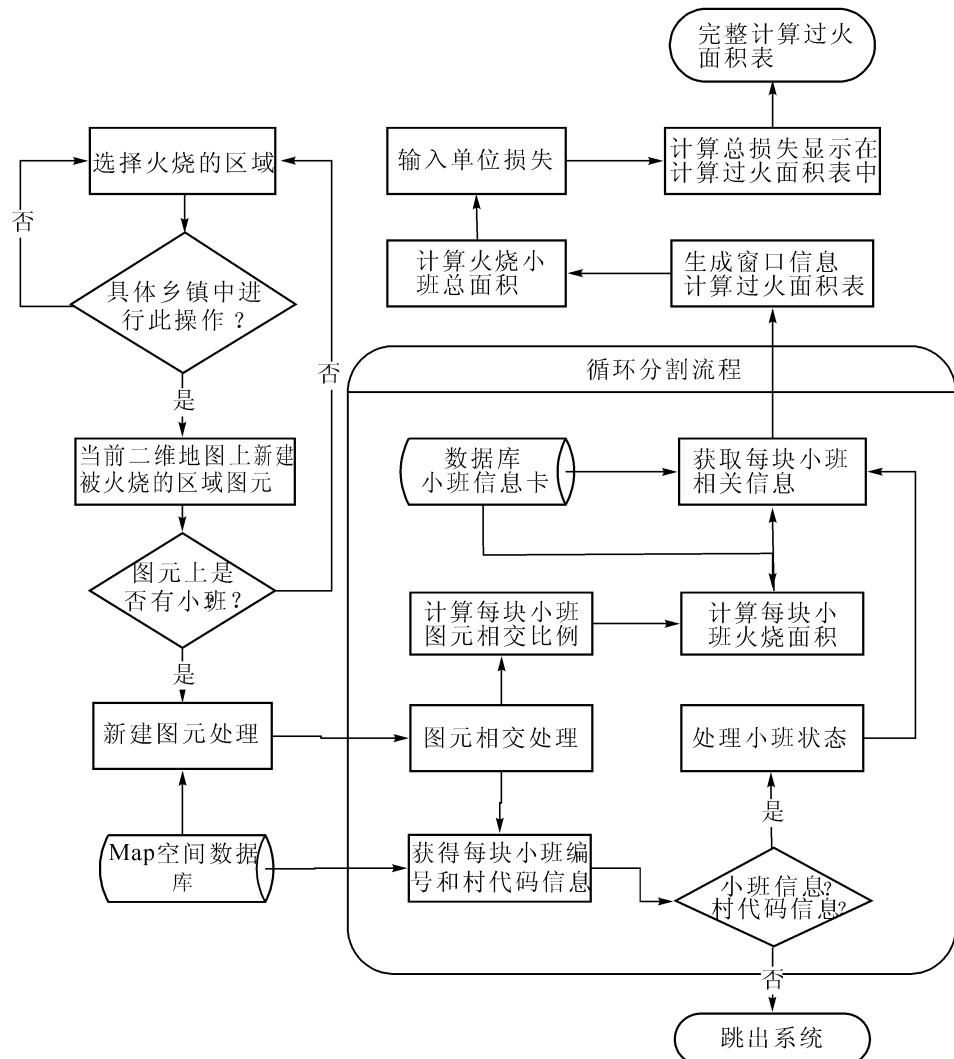


图 1 算法技术流程

Figure 1 Flow of algorithm technology

基于 GIS 的灾后评估的算法描述通过算法设计流程、核心算法分析和计算实例等 3 个方面来分

析。其中核心算法分析包括：图元相交处理与判断算法，图元比例计算方法和林火损失计算。

技术流程的核心算法主要包括：新建图元处理，图元相交处理，计算图元比例，获得小班编号、村代码和林火损失计算。

## 2.2 核心算法流程

把二维地图的矢量化图元（森林资源二类小班边界）和经处理后的火场的图元进行图元相交处理计算火场图元所涉及到的小班图元各个小图元的数量和比例，并获得小班代码和村代码，最后计算灾后损失统计。核心算法数据处理流程图见图2。

## 3 核心算法设计

### 3.1 图元相交处理

通过循环扫描小班图元查找出与火烧区相交的图元，判断图元是否相交，通过 CMapX 的对象 m\_Mapinfo 调用 GetFeatureFactory ()。Intersection Test (CMapXFeature f1, CMapX Feature f2)，其中 f1 为点对象，f2 为面对象。若一个点是否在一个面对象的内部则说明图元相交。图元与图元（火烧区）相交判定算法如下：①相交分析的数学基础：空间逻辑运算的逻辑交（与）运算。其表达式为： $A \cap B = X$ ， $X \in A$  且  $X \in B$ 。②基于矢量数据相交方式：统计相交。统计相交不对相交图元做真正的分割和合并等位置分析，它的目的是精确地计算一种要素（火烧区）在另一种要素（小班区）的某个区域图元内的分布状况（包括拥有类型数、类型的面积等）。③基于矢量数据面与面的相交算法：图元相交。图元相交过程分为几何求交和属性确定过程，算法的核心是几何求交。首先对 2 个图层的图元进行分界求交和弧段分割运算，并以新弧段为单位重建拓扑关系；再判断重建图元落在原始图层的哪个图元内，从而建立新相交图元与原始图元的关系，并抽取属性。图元之间的相交示意图如图3所示。

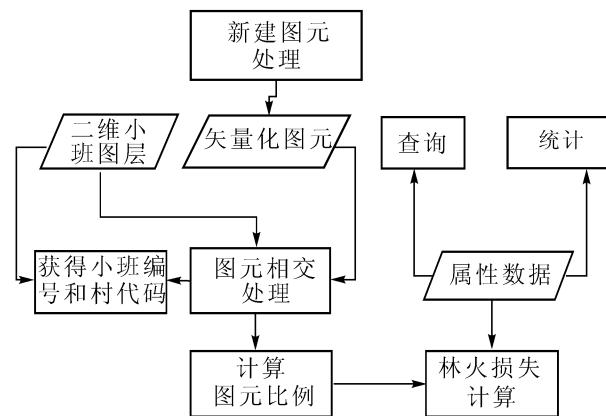
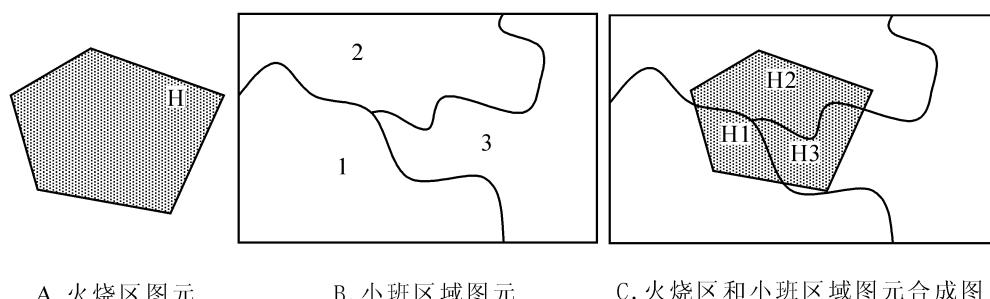


图2 核心算法技术流程

Figure 2 Flow of core algorithm technology



A. 火烧区图元      B. 小班区域图元      C. 火烧区和小班区域图元合成图

图3 图元统计合成

Figure 3 Picture basic counts combining

图3描述的是图元统计相交算法，用来抽取一个图层含有其他图元属性的类型。图中分 3 个小班区域，分别为区域 1，区域 2，区域 3（图3-B）所示。已知该区域被火烧区 H 烧伤，图中分 3 个火烧区域，分别为区域 H1，区域 H2，区域 H3（图3-C）。统计相交的目的是要计算区域 H1，区域 H2，区域 H3 的类型。

图元矢量相交流程图见图4，其处理过程主要包括：①识别线段；②建立图元最小的外接矩形；③根据点在图元内的原理判断某图元的线段是否在覆盖图层的某个图元内；④判断图元关系；⑤寻找表示边界的线段的交叉点；⑥为新线段建立记录，并生成相应的拓扑关系；⑦从可能的线段中，重新组合生成新的图元，这需要根据线段的连通性来判断；⑧如果有新的图元生成，需要重新标识，并重

新分配属性。

### 3.2 计算图元比例

在图元分割处理后, 分别调用相应的函数获取图元面积, 并计算图元比例。其计算方法为:

图元比例 = 分割后的部分图元面积 (在一个小班上的部分火烧区域面积)  $\div$  该点所在的图元面积 (点对象所在地图的小班面积)。即:  $S = a_1/a$ 。其中:  $S$  为图元比例;  $a_1$  为一个小班上的部分火烧区域面积;  $a$  为点对象所在地图的小班面积。

### 3.3 林火损失统计

林火损失统计包括林木资源直接经济损失量评价。这部分损失可以通过林木过火损失数量和现行价格及有关的经营统计资料进行直接的计算和量的分析。其他因火灾造成的对野生动物资源、非木植物资源、水资源和环境资源等的间接损失的定性分析评估系统不作具体分析<sup>[9]</sup>。

**3.3.1 计算森林火灾前单位面积的价值和收益值** 森林火灾前单位面积的价值由单位面积营林投入总量加上单位面积必要的投资收益两部分构成。即:  $V_0 = V_1 + I$ 。其中:  $V_0$  为森林火灾前单位面积林分价值;  $V_1$  为受灾林分单位面积营林投入总价值量, 包括直接投入 (如整地费、造林费、抚育费、管护费、农药费等直接生产成本) 和间接投入 (如管理费用分摊, 为营林生产服务的建筑安装投资等费用);  $I$  为单位面积林分投资应得收益, 包括国家的税收和森林资源经营者的利润及育林基金等<sup>[10,11]</sup>。

由于林木是会生长的, 其价值会随时间的变化而变化, 所以单位时间单位面积林分应得收益值可由标准相同林分主伐出材率和现行木材市场该材种销售价格及成本来计算。即:  $W = K \cdot C \cdot P - V_2 - V_1'$ 。其中:  $W$  为单位时间单位面积林分应得收益值;  $K$  为标准相同林分单位主伐出材率;  $C$  为标准相同林分主伐时单位面积可采蓄积;  $P$  为现行木材市场该材种销售价格 (如为混交林则按树种材种出产量计算加权平均价格);  $V_2$  为标准相同林分主伐生产和销售木材单位面积总成本;  $V_1'$  为标准林分单位面积营林总成本, 其构成同  $V_1$ 。

根据土地地力在一定时期内不变, 林木在一个生长周期内每年收益应均等的原理, 单位面积林分应得收益值可由选定的现已成熟的相同标准林分主伐单位面积收益在其生长期平均分配来计算。即:  $W_n = n/N \times W$ 。其中:  $W_n$  为单位面积林分应得收益值;  $n$  为受灾林分年龄;  $N$  为林木的生长期。

**3.3.2 受灾林分灾后单位面积上残存可利用林木收益值** 在火灾发生后, 还会残存可利用林木价值, 按受灾材现行价格计算灾后残存林木可得该材的销售收入。即:  $W' = K' \cdot C' \cdot P' - V_r$ 。其中:  $W'$  为受灾林分灾后单位面积上残存可利用林木收益值;  $K'$  为受灾林分单位蓄积出材率;  $C'$  为受灾林分单位面积残存蓄积;  $P'$  为受灾材现行市场销售价格;  $V_r$  为受灾林分采伐生产和受灾材销售单位面积总成本。所以, 得到单位面积林分残存可利用林木应得收益值为:  $W_n' = n/N \times W'$ 。

**3.3.3 林木直接损失计算** 通过以上分析可得出如下结论: 林木直接损失 = (受灾林分灾前单位面

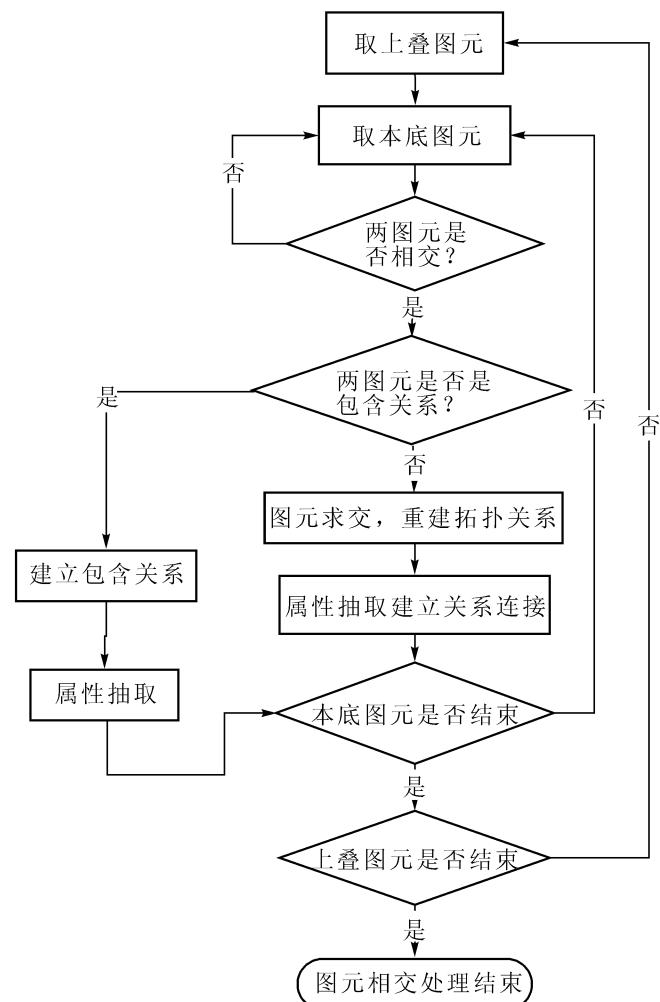


图4 图元相交统计算法

Figure 4 Picture basic intersects counting an algorithm

积收益值 - 受灾林分单位面积可利用残存林木收益值)  $\times$  受灾面积。即:  $E = (W_n - W'_n) \cdot A$ 。其中:  $E$  为林木直接损失;  $A$  为林分受灾面积; 其他符号同前。

根据火灾程度系数等级, 对于轻度灾害, 根据过火林木受灾程度, 以现在受灾林分灾前价值为基数折算。即:  $E = (W_n - W'_n) \cdot A \cdot r = n/N \times (K \cdot C \cdot P - V_2 - V_1') - n/N \times (K' \cdot C' \cdot P' - V_r)$ 。其中:  $r$  为火灾程度系数(0 ~ 1)。

通过矢量图层叠加分析和空间计算得到林火涉及小班数, 涉及面积总数, 各个小班火烧面积( $A$ )和比例, 各个小班所在乡、村、小地名等小班相关信息。

通过键盘输入: 单位面积损失 = (受灾林分灾前单位面积价值量 - 受灾林分单位面积可利用残存林木价值量)。即:  $C = (W_n - W'_n)$ 。所以, 很容易得出林木直接损失 = 单位面积损失( $C$ )  $\times$  涉及面积总数( $A$ )。

#### 4 基于 GIS 的灾后评估的算法实现

在以上理论和技术方法的支持下, 在林业部门的支持下, 我们基于 Windows 环境和 C/S 结构, 采用 C# + MapX 组件开发了一个县级森林防火指挥与灾后评估系统。该系统采用组件、中间件和集成技术, 能对森林火灾的灾后损失进行快速评估。主要包括 2 个部分: ①面积计算(由于森林资源管理的历史原因, 从电子地图上计算的小班面积和小班卡上登记的面积存在一定的差异, 目前主要是以小班卡上登记的面积为准)。根据火烧迹地的范围, 首先找出该迹地所涉及的森林资源小班。对于存在部分损失的小班, 首先计算受损小班的图上面积和全部面积的比例关系, 然后根据该比例关系得到该小班的实际受损面积。过火面积计算结果如图 5 所示。②损失估计。根据小班的受损面积即可初步估算出受损小班的直接经济损失。

计算过火面积					
小班状态	火烧面积(公顷)	火烧比例(%)	单位损失	总损失	编号
部分小班	0.09	0.27			01852900100301
部分小班	1.32	7.51			01852900100201
部分小班	12.06	36.83			01852900100301
部分小班	9.80	35.18			01852900100201
部分小班	17.86	99.98			01852900100301
部分小班	8.47	54.27			01852900100601
部分小班	9.16	54.98			01852900100501
完整小班	7.47	100			0185290010050
部分小班	2.16	29.25			0185290010080
部分小班	13.70	99.26			0185290010090
完整小班	3.33	100			0185290010090
部分小班	9.83	33.74			01852900100801
部分小班	10.74	45.79			01852900100701
涉及小班数: 28 个		涉及面积总数: 51.85 公顷		总损失:	保存到数据库

图 5 过火面积计算结果

Figure 5 Calculation of fired area

#### 5 结论

森林火灾造成的经济损失往往超过森林开发的价值, 必须采用科学的方法对待林火, 正确评估森林火灾造成的损失以及对林业发展的危害程度, 才能引起人们的重视, 有效地控制火灾。采用科学的方法评价森林火灾的危害程度、经济损失以及对林业发展的严重影响, 有利于提高人们对森林火灾的认识, 加强经济技术措施, 把火灾给林业带来的巨大损失减少到尽可能小的程度。本文对森林火灾灾后评估方法的研究, 正是切合这些需要而设计的, 因此, 具有较强的应用性。

文章主要从地理信息技术的角度, 对森林火灾灾后评估的技术方法进行研究。通过对图元分割、面积量算和灾后损失计算方法等方面的研究, 对图元分割、图元相交判断和图元比例计算等进行详细

分析, 求解火灾所涉及的小班数量与比例, 提出了森林火灾灾后经济损失的计算方法, 形成了基于 GIS 的森林火灾灾后评估技术方法, 从而简化了森林火灾灾后评估方法, 只需用鼠标勾划着火区域, 并与森林资源二类小班进行叠置分析, 即可自动计算森林火灾的经济损失。

### 参考文献:

- [1] 李章勤, 贾丽雅, 马修杰. 关于森林火灾损失经济评价方法的探讨[J]. 内蒙古林业调查设计, 2003, 26 (3): 51 - 55.
- [2] 郑焕能. 林火管理[M]. 哈尔滨: 东北林业大学出版社, 1998: 21.
- [3] 程亚男. 森林火灾经济损失评估研究[J]. 森林防火, 2001 (4): 38.
- [4] 钟晓珊. 森林火灾灾后评估研究[D]. 长沙: 中南林学院, 2005.
- [5] 徐爱俊, 李清泉, 方陆明, 等. 基于 GIS 的森林火灾预报预测模型的研究与探讨[J]. 浙江林学院学报, 2003, 20 (3): 285 - 288.
- [6] 宋丽艳, 周国模, 汤孟平, 等. 基于 GIS 的林火蔓延模拟的实现[J]. 浙江林学院学报, 2007, 24 (5): 614 - 618.
- [7] 王保生, 肖金香. 江西省森林火险气象卫星遥感监测的应用研究[J]. 江西农业大学学报, 1996, 18 (3): 299 - 304.
- [8] 赵宪文. 森林火灾遥感监测评价——理论及技术应用[M]. 北京: 中国林业出版社, 1995.
- [9] 金森, 郑焕能, 王海. 森林火灾损失评估的发展与展望[J]. 森林防火, 1993 (2): 11 - 13.
- [10] 蔡体久, 杨文化, 刘强. 森林火灾对林木和水资源损失的评价[J]. 森林防火, 1995 (4): 10 - 11.
- [11] 冯乃祥, 李连俊. 森林火灾损失评估浅析[J]. 森林防火, 2000 (2): 29 - 30.

## 浙江林学院 2 个重大科技创新服务平台建设 通过浙江省科技厅中期检查

2007 年 12 月 7 日, 浙江省科技厅组织相关专家, 对浙江林学院牵头组建的 2 个省级重大科技创新服务平台建设的进展情况开展中期检查, 以总结经验, 发现问题, 推动平台建设和发展。校党委书记陈敬佑教授、副校长方伟教授、副校长鲍滨福教授及校科技处、设备处、计财处及相关学院领导出席了平台检查汇报会。

检查组重点检查平台组织建设落实情况以及理事会等组织发挥程度, 平台制度建设与执行情况, 平台科技创新服务情况, 在开展科技创新服务中各核心层成员单位合作情况, 平台建设资金落实情况(自筹资金和地方配套资金)以及管理和使用情况, 平台建设中遇到的困难和存在的问题, 下一步工作的打算和措施等。

专家组对 2 个重大科技创新服务平台建设工作给予高度评价。专家组认为, 2 个重大科技创新服务平台组织建设落实, 管理制度健全; 面向产业实际, 平台服务功能发挥比较充分; 平台在提升科技创新能力方面取得重要进展; 平台条件建设初见成效。一致同意通过“浙江省竹产业科技创新服务平台”和“浙江省木材加工产业科技创新服务平台”中期检查。同时建议进一步发挥平台的整合、共享功能, 积极探索平台运行的良性机制, 更好地服务产业, 服务社会。

(余学军)