

林木台风气象灾害事件本体模型构建初析

刘丽婷^{1,2}, 李敖彬³, 梁学明³, 莫晓勇^{1*}

(1. 华南农业大学, 广东 广州 510642; 2. 江西省林业科学院, 江西 南昌 330032;

3. 中林集团雷州林业局有限公司, 广东 湛江 524043)

摘要: 林木在台风气象灾害事件中是较特殊的生物类承灾载体。林木因风灾损毁, 不仅自身遭到灾损, 还带来其他领域的灾损事件和公共安全隐患。本研究应用斯坦福大学本体模型构建“七步法”, 通过分析广东省和海南省台风气象灾害在林业生产领域、城市管理领域、及森林生态安全领域的林木个体事件, 抽提出林木台风气象灾害事件的类、个体及属性概念, 进行元语言转化。应用 Protégé 4.3 本体构建软件进行林木气象灾害事件本体框架模型构建, 重点分析了承灾载体的致灾属性——抗风性, 及决定抗风性属性的自身因素。

关键词: 林木台风气象灾害; 本体模型; 林业生产; 城市管理; 公共安全服务

中图分类号: S761

文献标识码: A

Preliminary Study on Constructing an Ontology Model of Forest Tree Damage Caused by Typhoon Events

LIU Liting^{1,2}, LI Aobin³, LIANG Xueming³, MO Xiaoyong¹

(1. South China Agricultural University, Guangzhou 510642, Guangdong, China; 2. Jiangxi Academy of Forestry, Nanchang 330032, Jiangxi, China; 3. China Forestry Group Leizhou Forestry Bureau Group Co., Ltd., Zhanjiang 524043, Guangdong, China)

Abstract: Forest trees are particularly susceptible to damage from typhoons. Winds from such events not only impact forest trees themselves, but also affect public security and other factors. In this current study a “seven-step method” derived from Stanford University was used to construct an ontology model using Protégé software (version 4.3). This preliminary model was then used to analyze several individual typhoon events that occurred in Guangdong and Hainan provinces with respect to forest productivity, urban management and forest ecological security. This enabled characteristics and properties of each typhoon event to be summarized. However, broader multidisciplinary cooperation would be required to construct a more complete ontology model of forest tree damage caused by meteorological disaster events so as to better forecast the impacts of such events and facilitate and mitigation of these impacts.

Key words: Forest tree damage caused by typhoon disaster; ontology model; forest productivity; urban management; public security service

气象灾害中, 生物类的承灾载体有林木和农田作物等^[1]。对比农作物, 林木种植目的、经营者和作用有如下特点: (1) 林木经营目的多样。农田作物种植单纯以获取农作物为目的; 林木种植和经营管理除了木材、果实及油脂收获目标外, 还有景观、防护及生态等非林产品生产目标。(2) 林木的经营主体多元。农田作物归经营者所有, 由经营者进行生产管理; 生产性林木属经营者所有, 城市绿化林

木、各类生态公益林的权属归全民或集体所有, 由园林局、林场、各级林业局、自然保护区等不同单位管理。(3) 林木成熟和收获周期远长于农田作物。(4) 林木除了生产价值外, 还有固碳固氮、释放 O₂、改良小气候环境、给生态系统中动物和微生物群落创造生存空间等功能和价值, 且经营时间越长, 这种功能和价值作用越显著。(5) 林木种植地点广泛, 城市道路两旁、广场、及农村四旁地等均有林木种

基金项目: “十三五”国家重点研发计划课题“桉树高效可持续经营技术”(2016YFD0600505); 江西省林业科学院重大科研专项“低效阔叶林质量提升关键技术研究”(2017511201)

作者简介: 刘丽婷(1979—), 女, 博士, 副研究员, 主要从事阔叶林森林培育与森林经理研究, E-mail:39191393@qq.com

*通讯作者: 莫晓勇(1962—), 男, 教授, 主要从事桉树人工林森林培育和森林经理研究, E-mail:motree@163.com

植,并且成熟树木树体庞大,受台风灾害时,林木除了本身损毁外,还会因林木倒伏带来其他财产损失和人身安全隐患的风险。林木的特殊性,使林木台风气象灾害事件与其他事件相比,有承灾载体分散、涉及面广泛等特点。

我国东南沿海地带处于北纬 20 ~ 24 °区域,水热条件充沛,热带水果、橡胶、纸浆用材林等种植产业发达,同时也是台风登陆最多的区域。历年来每次台风中林木、林地基础设施损毁严重^[2-7],对生态公益林和防护林的生态功能造成的损失难以计量衡量。2018 年 9 月台风“山竹”在广东台山海宴镇登陆,广东、广西、海南、湖南、贵州 5 省区均受其严重影响,沿海城市绿化大树损毁严重,造成巨大财产损失,并有人员伤亡事故^[8]。全球气候变暖背景下,林木因台风灾损事件有更频繁和更严重的趋势。2018 年 10 月习近平主持召开中央财经委员会第三次会议强调大力提高我国自然灾害防治能力^[9]。加强林木管理中台风自然灾害防治能力,构建林业领域应对台风灾害公共安全技术服务体系,是迫切需要解决问题。

飓风和台风对于热带和温带森林与林木影响最早相关研究集中在强风对森林生态系统、树木、林分的影响,灾后森林生态系统的恢复特征等方面;近年来,台风对森林生态系统碳、氮循环的影响开始受到关注^[10-13]。台风对城市绿化的影响我国早在 20 世纪 60 年代已有研究,易受台风侵袭的沿海城市如广州、深圳、湛江、厦门、杭州、合肥等,在绿化树种的抗风性、抗风树种种植技术方面均有研究文献^[14-20]。台风对商品林经营影响以桉树(*Eucalyptus*)人工林为研究对象,已有较系统的研究基础。桉树人工林是我国台风多发区最主要的商品林^[21]，“规避气象灾害”是其经营的安全目标因素之一^[22]，桉树多个品种、品系的抗风性得到深入广泛的研究^[2, 3, 21, 23-33]，培育出华桉 1 号等抗风性强的植物新品种和优良无性系已在雷州半岛等台风区推广种植^[34-35]。由此可知,我国林木与台风灾害的相关研究积累了一定成果和知识基础,但因为一直以来,分别在气象、林业等不同领域独立研究林木台风气象灾害事件,形成了一个数据孤岛,无法整合和综合利用,无法为林木生产和管理提供台风气象

灾害风险评估和风险规避的公共安全技术服务。因此,一个多领域共同研究的本体模型非常重要。

灾害性气象事件建模以及气象灾害应急管理已经有很多学者用不同的方法进行研究,积累了许多成熟的方法,其中建立灾害事件本体模型已广泛应用、技术成熟,并有 Protégé 4.3 本体构建的开源软件做工具支持^[36]。本体论(ontology)的概念起源于哲学^[37],是对“存在”或事件系统化解释,描述事物的本质。本体已经广泛应用于知识表达、知识共享和知识重用等方面^[38]。本体思想应用于林木台风气象灾害风险分析,可以解决林业生产、城市林业、城市管理、森林生态领域及气象领域知识难于共享和应用的难题。本文引入“林木台风气象灾害”本体,目的是分析林木台风灾害防治涉及领域技术服务信息数据的结构特征,逐步构建可以融合多源异构科技信息知识的本体模型,对台风气象灾害知识源和林木抗风知识源的归纳,理清思路,为构建林业领域台风气象灾害技术服务数据库做准备。

1 材料与方法

结合台风灾损事件各类数据的特点和斯坦福大学的本体构建七步法^[39],创建林木台风气象灾害事件本体模型。七步法给出了明确的本体构建步骤^[38],应用 Protégé 4.3 软件作为支持,使用决策七步法中前六步,完成框架模型构建,并根据林木抗风性属性的约束因子,创建林木抗风性知识源模型。

第一步,应用系统工程学的方法^[40],明确林木台风气象灾害本体领域和范围。需要考虑这样几个问题:林木因台风灾损,要覆盖哪些知识;本体中的知识为哪些部门提供技术支撑与服务;使用和维护本体的人群有哪些。

第二步,按照森林多目标经营准则^[22],查找已知存在于不同领域林木台风气象灾害灾损的个体事件进行分析,解析承灾载体、元作用,致灾因子、孕灾环境、受损形式,灾害后果等类的相关概念和关系。本研究中以灾害防治、气象公共服务为目的进行灾害事件本体模型构建:以广东省纸浆用材林及城市绿化为例,分析林木台风气象灾害事件与林业生产、城市管理的关系;以台风“达维”过境海南省尖峰实验林场

调查样地森林群落结构与特征变化, 分析林木台风气象灾害事件对生态环境带来的影响。

第三步, 列举出各领域中所有的术语, 在此步骤中给出本体中应该包含的概念和属性, 应尽可能地完善, 不用考虑概念之间的关系。

第四步, 确定类和类的等级关系, 可以采用自顶向下、自底向上或者两种方法的综合法确定类的层次结构。

第五步, 确定类和个体的属性, 用来描述类之间的关系, 类和个体之间的关系, 个体与个体之间的关系, 理清林木台风气象灾害事件过程与后果。

第六步, 分析确定林木抗风性属性约束, 基于框架模型探求林木台风气象灾害事件本体模型的知识源结构。

2 结果与分析

2.1 林木台风气象灾害本体领域和范围

林业是“社会-经济-自然”复杂复合系统: 木材等林产品的生产满足经济市场需求; 森林景观资源的开发利用满足人对绿色环境的需求; 现有原始林和次生林的保护、抚育维护自然界森林生态系统的平衡^[41]。因此, 基于林业系统的复合性和复杂性, 台风气象灾害在林业上的主要承灾对象—林木—在经营主体和管理主体上, 具有分布面广、涉及部门多等特点, 涉及的领域有生产、生态及城市管理领域(表 1)。

表 1 按经营目的划分的林木类型权属和经营主体特点

林木类型(按经营目标划分)	土地使用权属	林木所有权	经营\管理主体
生产性林木	全民所有	林场	林场
	公司及个体	公司及个体	公司及个体
	集体	集体	集体或承包者
生态公益性林木	全民所有	全民所有	林业局、林场或保护区等
景观林木	全民所有	全民所有	园林局
城市小区绿化、单位绿化	集体	集体	物业
庭院林木	个人	个人	个人
科研试验林	集体或个人	集体或个人	科研单位

2.2 生产、城市管理及生态领域里 3 个林木台风灾害事件

2.2.1 商品纸浆用材林台风气象灾害事件分析

雷州半岛东岸是台风最为频发的海岸段, 同时也是水热条件充沛, 适合桉树纸浆材用商品林种植区域^[35]。商品林的经营目标决定了树体高大的桉树是理想的收获目标。高树体使树木重心过高, 在遭受大风时, 极易发生树干横弯和扭曲组合变形、断裂、倒伏。桉树造林主要成本投入集中在初期 1~3

年, 在造林第 4 年后才开始逐步达到收益与投资比最优化的经济成熟, 因此台风造成幼林倒伏损失巨大。另外, 台风过后的林地整理和抚育需投入非预算内劳动力支出。2012—2017 年, 雷州林业局桉树商品林台风损毁桉树人工林累计达 98 410 hm², 导致损失累计达 3.9 亿元(表 2)。由此可知, 台风是广东省商品人工林经营中需重点防范的气象灾害。提高优良抗风性无性系种植面积, 可规避风害灾损。



图 1 不同抗风性桉树用材林台风气象灾害中灾损表现

表 2 中林雷州林业局有限公司历年林木台风气象灾害损失统计表

年度 *1	台风 名称	受灾林木面积/公顷				直接经济损失/万元			间接经济损失/万元			经济 损失/万元	
		扶木	风折	皆伐	改造	*2	*3	小计	*4	*5	*6		小计
2012	启德	6 439.47	2 042.91	1 443.47		808.48	324.78	1 133.30	1 908.54	649.56	243.59	2 801.69	3 934.95
2012	山神	3 186.37		135.63		123.52	30.52	154.04	716.93	61.04	22.89	800.86	954.9
2013	飞燕	5 057.59	175.93	22.93		122.73	5.16	127.89	1 177.54	10.32	3.87	1 191.73	1 319.62
2013	温比亚	8 237.11	2 465.99	831.20		585.84	187.02	772.86	2 408.20	374.04	140.27	2 922.51	3 695.37
2013	尤特	1 314.20				32.58		32.58	295.70	0	0	295.7	328.28
2013	海燕	4 128.82	126.40	94.53		165.25	21.27	186.52	957.42	42.54	15.95	1 015.91	1 202.43
2014	威马逊	6 120.33	5 846.40	12 009.80	2154.91	479.35	2702.21	3 181.60	2 692.52	5 404.41	2026.65	10 123.58	13 305.14
2014	海鸥	2 324.27	407.20	1 722.20	547.00	111.33	387.5	498.83	614.58	774.99	290.62	1 680.19	2 179.02
2015	彩虹	7 195.47	8 772.67	4 117.27	640.62	490.02	926.39	1 416.40	3 592.83	1 852.77	694.79	6 140.39	7 556.8
2016	莎莉嘉	7 959.63	1 581.22	298.70	135.20	1 135.14	67.21	1 202.40	2 146.69	134.42	50.41	2 331.52	3 533.87
2016	电母	2 200.13	304.70	77.70		242.72	17.48	260.20	563.59	34.97	13.11	611.67	871.87
2016	塔拉斯 +妮坦	202.33				46.27		46.27	45.53	0	0	45.53	91.8
2017	天鸽	194.97	3.8			5.85		5.85	44.72	0	0	44.72	50.57
2017	卡努	1 334.73	20.17	13.87	7.00	31.81	3.12	34.93	304.85	6.24	2.34	313.43	348.36
合计		55 895.41	21 747.39	20 767.33		4 380.89	4672.64	9053.60	17 469.64	9 345.3	3 504.49	30 319.43	39 372.98

注：*1 年度从有数据记录年份开始计起，未包括其他非台风致灾因子影响造成的扶木；*2 扶木及风害清理地表所需资金；*3 风害林木皆伐所需资金；*4 因风倒需扶木和风折需清理后期木材产量下降造成的损失；*5 风害林木皆伐生物量收入冲减皆伐林木前期投资后不足部分金额；*6 因风害需皆伐林木从风害到更新正常生长时间段延误的生长量折算损失。

2.2.2 城市绿化因台风损毁潜在公共安全问题

风害是造成广州市绿化险情发生的最主要原因^[17]。广州市在 20 世纪 90 年代就成立了绿化抢险队处理树木倒伏带来的公共安全问题。城市行道树是城市绿地系统的重要组成部分和特殊类型^[42]，台风侵袭时，行道树因风害致使树木倒伏、树干断裂、枝条折断，增大了道路上人员伤亡、车辆损毁等灾损事件概率，增加了潜在公共安全隐患；台风过后，损毁树木的树干、枝条未及时清理，对正常城市交通秩序有一定影响；清理风倒木也增加了城市管理成本。公园绿地、风景区树木在台风中的灾损更多是影响到景观效果，并留下潜在游赏隐患^[43]。因此，城市绿化台风灾害损毁问题是隐含气象因素的城市公共安全问题。构筑防御台风体系，规避台风城市绿化损失和风险，完善园林的防台抢险应急体系势在必行^[18]。

一直以来城市绿化规划对绿化林木应对台风气象灾害缺乏有效的规划约束，在某种程度上，城市绿化规划追求效果与林木抵御台风灾害的要求是相背而行的。具体表现在：基于城市土地价值和城市

地下管道结构，城市绿化需要用最少地表占地面积创造出最大面积的树冠形状，因此绿化品种选择树冠大，根系扩散小的树种，这样的树种具有浅根性、根冠比小的特点，恰恰是台风侵袭时易发生倒伏的树种，如南方景观树黄花槐(*Sophora xanthantha*)、紫荆(*Cercis chinensis*)^[44]；绿化率是衡量城市环境的重要指标，为了尽快形成绿树成荫的景观效果，在绿化树种选择时偏向于速生树、冠大枝叶浓密树种，此类树种在台风侵袭时更易断裂。

2.2.3 台风强干扰造成的森林生态系统影响

2005 年台风“达维”过境海南尖峰岭热带山地雨林，天然次生林 2 600 m² 固定样地植被物种组成、乔木胸高断面面积、乔木植株数目、物种多样性、生物量及地表碳储量在台风前后均发生变化，台风后森林内产生大量的风倒木、断枝和落叶，导致群落郁闭度减小、透光性增强，并产生大量的林窗。台风后群落的组成结构发生显著变化，受损株数达 514 株(占总株数 26.1%)；其中风倒木比例较大，有 206 株(占总株数 10.5%)。受台风影响产生的风倒木与树种种类组成有较紧密关联，乔木层、幼树层和

下木层造成的损害存在种类上有明显差异。台风产生的直接性损害主要作用于乔木层, 造成大径级植株严重受损; 部分树种重要值降低, 成伴生种, 次优势种和原有优势种成为共同优势种; 间接性损害主要通过风倒木作用于幼树层和下木层, 产生的倒木、断枝和落叶压倒其他植株, 表现为小面积范围内的个体死亡, 甚至有种类消失; 部分优势种的个体数减少较多, 但占该种群所有个体数目的比例较小。乔木层、幼树层、下木层生物多样性指数有不同变化, 均表现为不同程度的种类消失和一些种类的个体数目减少。此次台风还造成该样地至少占台风前总生物量 10.42% 的生物量归还给林地, 并对森林生态系统碳循环产生重大影响^[11]。

台风过后, 森林内产生大量的风倒木、断枝、落叶, 改变了林分的光照环境、增加到达下层的光资源, 产生大量的林窗, 给下层木创造了更优化的生长环境, 从而对森林植物群落的结构进行调整, 对森林生态系统的碳循环作用也产生重大影响^[5]。对大型土壤动物功能类群而言, 台风灾害扰乱了类群与周围环境之间的动态平衡, 台风过后使蚂蚁发展为优势类群^[45]。台风带来的暴雨会造成森林生态系统的地表形成径流和泥石流, 从而影响大型土壤动物在垂直结构上的分布。

2.3 气象灾害事件的集合描述及本体元语转化

在进行不同领域的林木台风气象灾害事件分析的过程中, 产生了大量树木生理学、生态学、森林培育学、森林经理学及气象学领域的概念术语, 在

此基础上进行概念术语的集合描述和本体元语的转化。此过程包括区分开林木台风气象灾害的类、属性和个体实例^[36]、厘清类与类之间逻辑关系、类与个体事件的关系、属性之间的相互影响关系、属性的应用和取值范围限定、约束等。台风在林业领域造成的灾损中, 只有两种致灾因素: 风和雨。其中风是最主要的致灾因子, 其属性是: 不同等级具有不同动能的气体; 雨是其次的致灾因子, 其属性是: 具有大小、强度、动能的液体。由于林业涉及到多个领域, 基于区域林业是个复杂的“社会-经济-自然”复杂系统^[41], 与林木有关的台风气象灾害承灾载体涉及领域多元, 类型多样, 致使承灾载体的属性和受损形式较复杂(表 3~4)。

2.4 林业领域的台风灾损事件本体框架模型

由表 3~4 可知, 林木台风气象灾害事件本体涉及林木遗传育种、森林培育、森林经理、园林树木等多学科。本文根据现有研究基础, 应用 Protégé 4.3 进行了林业领域区域台风灾损事件本体模型框架的构建。模型结果显示台风气象灾害事件中, 林木承灾载体分布在城市管理、林业生产和生态环境与资源等领域, 有城市绿地系统不同种植点的林木及林木下地表、道路; 各类商品林及林道; 生态公益性质的林木及林地地表等生物和非生物属性对象共计 24 个。灾损后果由财产损失、管护成本增加、影响公共交通、导致人员伤亡、影响林地 CN 分布格局、影响森林生态功能、影响林业生产组织、影响防护林防护功能及直接的产品损失等 9 种。

表 3 承灾载体属性表

领域	林木类型	属性
生产领域	纸浆林、普通板材林、珍贵树种板材林、旋切板林、经济林、生产苗木	林分结构、树种、品种、林龄、材性、平均树高、平均胸径、树干抗风性、平均冠幅、平均冠表面积、平均冠体积、枝下高、主根形态、侧根形态、侧根格局、主根深度、根冠比、苗源、种植密度、混交树种、成熟期、苗木价格、景观价值、生态价值、抚育成本、土地价值等
生态领域	通道绿化林、城市森林、乡村生态公益林、水源涵养林	生物多样性、群落类型、林龄、密度群落结构、生态价值、社会价值等
城建领域	行道树、广场树、景观木、城市灌木藤本	树种、树龄、树干抗风性、树高、胸径、枝下高、树撑、冠幅、冠层厚度、主根形态、侧根形态、侧根格局、主根深度、根冠比、苗源、种植方式、种植造价、景观价值、生态价值、管护成本、土地价值、种植位置等
科研领域	科研实验林木	科研价值、管护成本等

表 4 承灾载体与受损形式

承灾载体	受损形式
商品纸浆用材林、板材用材林	倒伏、断裂、主枝受损、
经济林	倒伏、断裂、枝叶受损、掉果、掉花
行道树, 广场树种, 城市绿化景观林, 通道绿化林, 城市森林, 科研实验林, 生态公益林, 城市灌木草本藤本	倒伏、断裂、主枝受损、枝叶受损
城市灌木草本藤本, 幼林苗木	损毁, 损毁百分比
苗木培育设施	损毁, 损毁程度
林道	阻塞
林地地表	水土流失、肥料流失、阻塞

2.5 林木台风承灾脆弱性自身致使因素分析

林木是台风气象灾害中最主要承灾载体。林木在台风侵袭作用下, 树干发生树冠不偏冠横弯变形, 或者是树冠偏冠的弯扭组合变形。当变形达到一定阈值时, 某一横断面上树干及树枝承受合力达到极限, 开始断裂和劈裂。因此台风过境, 树木抗风性强度不足以抵抗强风及树体重力的合力时, 树皮撕

裂、折干、枝条折断、大量落叶、连根拔起和种实早落, 造成损毁, 发生林木因台风灾害灾损事件。林道、行道、公共绿地的地表等其他承灾载体的灾损事件出现均由林木损毁引起(表 5)。在由风的元作用力引起的灾损中, 林木的受损情况决定了林木区域灾损情况, 因此林木承灾载体脆弱性决定了灾损事件是否发生及损毁程度(表 6)。

表 5 区域灾损时林木承灾载体与非林木承灾载体

类型	林木承灾载体	区域其他承灾载体
商品人工林	桉树、竹林、珍贵树种林等	林道、林地地表(经营场所)
城市行道树	各类行道树单株	行道
城市景观木	各类景观木	景观地
城市森林	小片森林	森林公园

表 6 林木灾损程度(1-P(t))描述及赋值

树木完整度描述	树木完整度取值范围
无损	$P(t)=1$
枝叶轻损, 自行恢复, 不影响功能, 地表林道清理无需额外劳动力	$0.8 \leq P(t) < 1$
一级枝大枝断裂, 或树干弯曲, 功能恢复需人工辅助。影响部分功能, 地表整理需额外劳动投入	$0.6 \leq P(t) < 0.8$
主干断裂, 不可恢复, 功能丧失, 地表整理需大量额外劳动投入	$P(t)=0$

公式 1 表明: 通过台风对林木的破坏机理分析, 林木能否抵御风力和林木重力合作用力, 则由林木个体自身属性——抗风性($r_{ij}^p(t)$)决定。林木抗风性决定林木在某次台风中是否发生灾损, 同时也决定林木所在区域的其他承灾载体(地表、道路等)是否发生灾损。某区域种植林木抗风性弱, 则区域整体

台风承灾脆弱性弱。

$$v_{ij}^s(t) = \alpha_{ij}^p(t) \cdot \int_{t_0}^{t_1} \left[-\frac{\partial p_{ij}(t)}{\partial t} + r_{ij}^p(t) \right] dt \quad (1)$$

表 7 列举了决定林木抗风性($r_{ij}^p(t)$)的属性相关因子^[19, 34, 46-53]有 33 个。

表7 树木的抗风性($r_{ij}^p(t)$)相关因子

序号	因子	相关性	序号	因子	相关性	序号	因子	相关性
1	树冠体积	负相关 ^[2]	12	树龄	具有阶段性 ^[2]	23	抗弯模量	正相关 ^[47]
2	树冠重量	负相关 ^[53]	13	树木健壮度	正相关	24	冲击韧性	正相关 ^[47]
3	冠幅	有争议 ^[2]	14	树木健康度	正相关 ^[52]	25	抗拉强度	正相关 ^[47]
4	一级枝枝高	*1	15	胸径	有争议 ^[2, 19]	26	木材硬度	正相关 ^[47]
5	主根深度	*1	16	材积	正相关 ^[2]	27	抗劈力	正相关 ^[47]
6	主根粗度	正相关	17	树皮厚度	正相关 ^[2]	28	木材纤维长度	正相关
7	一级侧根扩展幅度	正相关	18	树高	正相关 ^[2]	29	木材纤维宽度	正相关
8	一级侧根垂直分布密度	正相关	19	木材密度	正相关 ^[47, 52]	30	管护精度	正相关 ^[48, 50]
9	土壤密实度	正相关 ^[48, 51]	20	抗压强度	正相关 ^[47, 52]	31	整枝合理性	正相关 ^[48-49]
10	土壤杂质含量	负相关 ^[51]	21	抗剪强度	正相关 ^[47, 52]	32	叶面积指数	正相关 ^[19]
11	土壤破坏度	负相关 ^[48, 51]	22	抗弯强度	正相关 ^[47]	33	速生型	负相关 ^[2]

注: *1 笔者认为相关因素, 但目前尚未有相关研究。

3 结论与讨论

3.1 台风灾害林木损毁后果及风险规避

台风易发区域, 人工林经营、城市绿化及维护管理中, 在树种和苗木选择、种植技术、抚育管理中任一环节忽视林木抗风性, 均会增加台风灾害导致的各类林木损毁情况发生, 影响生产, 造成巨大财产损失。在城市管理上, 树木风中倒伏、折断不仅会损失公共财产, 还带来交通阻塞、人身安全等潜在的公共安全问题。林木各种形式的损毁是林木台风灾害的直接后果, 同时, 引起城市交通秩序混乱及灾损伤亡等公共安全问题; 造成植被在各种环境下生态系统服务价值功能的损失^[54], 针对城市中已存在的不抗风树种, 采取适当的管理方式, 在园林绿化工作中有的放矢地落实抗风措施, 减轻未来台风对树木造成的损害, 让城市生活环境变得更安全, 管理更有效。

在集约化、规模化培育森林时要充分考虑台风林木灾损事件的规避。在台风灾害频发地区, 选择高抗风性的树种和品系; 进行森林经营方案编制时, 充分考虑台风灾害风险因素, 多树种混交、多品系混种。一些重大生态修复工程, 如雷州半岛生态修

复植被的选择中, 应考虑选择抗风性强的树种, 进行科学种植布局和规划。

3.2 发展珍贵树种产业与台风灾害防治

广东省是我国南方对珍贵树种发展较重视的省份, 2007年广东省林业厅制定了《广东省珍贵树种发展工程建设规划》。2015年广东省新造珍贵树种林分4万公顷, 定向改培1.33万公顷, 四旁种植1.33万公顷。《广东省林业发展“十三五”规划》中提到: 将建设木材战略储备林基地, 以增加木材储备为主线, 以重点区域为依托, 以集约化、基地化、规模化、标准化经营为根本, 通过新造培育等方式, 规划建设木材战略储备基地7.33万公顷^[55]。强化林业资源战略储备, 对大径材、珍贵木材储备建设提出新的要求。而对大径材培育和珍贵树种培育的台风灾害预测评估尚未进行。台风“韦森特”对深圳市绿化树木损害总结中, 珍贵树种印度紫檀(*Pterocarpus indicus*)、非洲桃花心(*Khaya senegalensis*)在台风灾害中属易倒伏、断枝树种^[43]; 台风“威马逊”过境海南时统计出珍贵树种损毁率为15%^[5]。珍贵树种和其他速生树种相比, 有不同的经营过程和模式。以大径材培育为目标的珍贵树种人工林因为培育的周期更长、资源更为稀缺, 因此遭受台风袭击时, 如果不考虑台风灾害风险规避, 台风灾害引起的经济损失、资源损失将更为严重。

3.3 雷州半岛生态修复工程台风气象灾害的综合防治

雷州半岛历史上曾经分布着大片的热带季雨林,是全省重要的热带植物和动物基因库。近年来,受到自然因素和人为因素的综合影响,雷州半岛出现了地带性森林植被消失、结构性缺水、生态系统退化、生物多样性减少、近海海岸生态环境恶化等现实或潜在的生态危机^[56]。针对当前雷州半岛森林生态系统突出问题,2016年广东省十二届人大四次会议上,雷州半岛生态修复成为省政府工作报告中重要的“湛江元素”之一^[57]。规划以恢复和重建雷州半岛热带季雨林体系为目标,实施生态修复工程,目标20年初步恢复热带季雨林,到2035年热带季雨林的保护与恢复面积达22.17万公顷。规划已经提出,修复热带季雨林的主要方法是全面营造、桉树纯林改造、对现有生态公益林进行补植套种和对现有生态公益林进行封山育林^[58]。除干旱气象灾害外,自古以来,雷州半岛是广东地区受台风灾害影响最严重的地区之一^[59],因此,雷州半岛生态修复工程中,大量全面营造、桉树林改造和补植套种的新植林木,在进行树种配置、栽培方式时应注重林木台风气象灾害的综合防治。

3.4 多领域合作建立林木台风气象灾害本体数据库

研究结果得到的林业领域的台风灾损事件本体框架模型,分析出林木台风承灾脆弱性自身致使因素,均表现出林木台风气象灾害本体的复杂性,也可知模型涉及领域知识的来源有以下几项:(1)来源于区域台风气象因子时空分布数值估计系统的估计结果;(2)来源于这样一个知识集合:不同经营目的,即不同领域的林木个体的抗风性相关因素,及能计算出抗风性与相关因素之间量的关系的计算解析模型。基于上述知识源,结合林木抗风性能评估和区域台风气象因子时空分布数值估计,即可达到区域林木台风气象灾害的灾损情况预测、预防目的。很明显这些知识源来源于不同领域,因此,由于全球气候的变化,台风发生有可能更为频繁,多领域合作建立林木台风气象灾害本体数据库具有必要性和迫切性。本文研究的本体框架模型为知识库构建提供了框架基础。

3.5 多领域的林木抗风性研究

林木台风气象灾害的本体模型是结合了林业生产、城市管理和生态安全领域的复杂复合模型。本体模型构建能为区域林木台风气象灾害的防治提供技术支撑,有利于林业生产、城市安全管理及森林生态安全。区域林木台风气象灾害的脆弱性由此区域种植林木的抗风性决定,且林木抗风性已有一定研究基础。建立林业、气象、城市管理等多领域的林木抗风性研究,更具有迫切性。

参考文献

- [1] 黄全义.灾害性气象时间影响预估理论与方法[M].北京:科学出版社,2017:125.
- [2] 尚秀华.赤桉抗风特性及其重要性状的关联分析[D].北京:中国林业科学研究院,2017.
- [3] 王睿.桉树抗风性研究[D].长沙:中南林业科技大学,2017.
- [4] 杨小兰,曾春阳,文娟,等.基于9号超强台风“威马逊”灾害谈广西沿海防护林建设[J].防护林科技,2015(7):65-67.
- [5] 薛杨,杨众养,陈毅青,等.台风“威马逊”干扰对森林生态系统的影响[J].热带林业,2014(4):34-38.
- [6] 林昌明,车晓亮,李福明,等.台风“天鸽”对湿加松无性系种子园的影响[J].林业与环境科学,2020,36(4):53-58.
- [7] 郭浩鑫,杨杰颜,张新新,等.1522号强台风“彩虹”特征分析[J].广东气象,2016(5):6-9.
- [8] 刘淑彦.频发的自然灾害尴尬的巨灾保险现状[N/OL].中国银行保险报,(2018-10-09).http://pl.sinoin.com/2018-10/09/content_273065.htm.
- [9] 新华网.习近平主持召开中央财经委员会第三次会议[Z/OL].(2018-10-10).http://www.xinhuanet.com/politics/2018-10/10/c_1123541018.htm
- [10] ZHU J J, LIU Z G, LI X F, et al. Review: effects of wind on trees[J].Journal of Forestry Research,2004,15(2):153-160.
- [11] 许涵,李意德,骆士寿,等.达维台风对海南尖峰岭热带山地雨林群落的影响[J].植物生态学报,2008,32(6):1323-1334.
- [12] 王敏英,刘强,高静.海南岛中部丘陵地区受台风侵袭影响的4种植物群落凋落物动态[J].海南师范学院学报(自然科学版),2007,20(2):156-160.
- [13] 赵晓飞,牛丽君,陈庆红,等.长白山自然保护区风灾干扰区生态系统的恢复与重建[J].东北林业大学学报,2004,

- 33(4): 38-40.
- [14] 苑广阔.城市绿化树岂能如此“弱不禁风”[N/OL].中国矿业报,(2015-07-27).http://www.zgkyb.com/bbs/20150727_19830.htm
- [15] 谢秋兰,李小梅,潘小慧,等.广东湛江市抗台风木本绿化树种选择与养护初探[J].中国园艺文摘,2018(4):51-55.
- [16] 李敏,文寅.广州市区道路绿化抗风灾的技术方法[J].农业科技与信息(现代园林),2009(4): 52-54.
- [17] 薛海斌,黄瑞金.广州市政道路绿化抢险分析报告[J].广东园林,2002(S1): 60-63.
- [18] 黄开战.杭州市园林绿化自然灾害应急管理研究[D].杭州:浙江大学,2010.
- [19] 陈士银,杨新华,杜盛珍.庭园绿化树种抗风性能的调查与分析[J].防护林科技,1999(4):36-39.
- [20] 尹国平.珍贵树种在广西城镇和村屯绿化中的应用探讨[J].广西林业科学,2018,47(1): 114-117.
- [21] 卢万鸿,齐杰,李鹏,等.桉树无性系生长性状的基因型与环境互作初步研究[J].桉树科技,2018,35(2):7-13.
- [22] 刘丽婷,莫晓勇.桉树人工林经营管理中文化目标及其实现[J].中南林业科技大学学报,2011,31(3):164-168.
- [23] 朱英娟,刘丽婷,张水花,等.25个桉树无性系生长量及抗风性研究[J].广东农业科学,2016,43(7): 37-44.
- [24] 尚秀华,谢耀坚,张沛健,等.40月生赤桉家系抗风性评价及选择[J].分子植物育种,2017,15(6): 2403-2411.
- [25] 尚秀华,张沛健,谢耀坚,等.50个赤桉家系抗风性与生长、材性性状的相关性[J].浙江农林大学学报,2017,34(6): 1029-1037.
- [26] 徐其贤,徐其承,方良.桉树人工林风害救灾复产方法[J].桉树科技,2018,35(2):49-52.
- [27] 黄星波.桉树造林中台风预防措施研究[J].河南农业,2018(11): 54-55.
- [28] 张水花,刘丽婷,朱英娟,等.桉树纸浆用材林树冠枝生长规律初步研究[J].桉树科技,2015,32(2):1-9.
- [29] 黄星波.桉树造林中台风预防措施研究[J].河南农业,2018(11): 54-55.
- [30] 高灵.不同种源家系赤桉幼林抗风性研究[D].长沙:中南林业科技大学,2015.
- [31] 王志超,许宇星,竹万宽,等.雷州半岛尾巨桉人工林树干液流对台风天气的响应[J].林业科学研究,2017,30(4):679-684.
- [32] 刘晓华.两个世代粗皮桉生长及抗风的遗传变异特征[D].北京:中国林业科学研究院,2017.
- [33] 尚秀华,罗建中,张沛健,等.早期赤桉家系生长与抗风性遗传分析[J].分子植物育种,2017,15(5): 1918-1926.
- [34] 陈绶柱,岑奋,吴泽鹏.沿海沙岸防风固沙木麻黄试验示范林抗御台风分析[J].广东林业科技,1999,15(1):26-30.
- [35] 彭仕尧.纸浆林尾细桉杂种无性系选育研究[D].北京:中国林业科学研究院,2013.
- [36] 黄全义.灾害性气象事件影响预评估理论与方法[M].北京:科学出版社,2017:170.
- [37] 刘宗田,黄美丽,周文,等.面向事件的本体研究[J].计算机科学,2009(11):189-192.
- [38] 李亚东.基于本体模型的科技信息知识库管理系统研究与实现[D].北京:北京邮电大学,2018.
- [39] 岳丽欣,刘文云.国内外领域本体构建方法的比较研究[J].情报理论与实践,2016,39(8): 119-125.
- [40] 徐国祯.林木系统工程[M].2版.北京:中国林业出版社,2010.
- [41] 刘丽婷,莫晓勇,黄小春.基于ISM的区域林业“社会-经济-环境”协调发展因素及策略分析[J].中南林业科技大学学报,2014, 34(7): 121-129.
- [42] 李旭冉,李瑾奕,龙辉,等.徐州城市行道树树种调查及综合评价[J].中国城市林业,2015(4): 29-33.
- [43] 肖洁淑,冯景环.华南地区园林树木抗台风能力的研究[J].中国园林,2014, 30(3): 115-119.
- [44] 黄龙.台风“尤特”对揭东县城区行道树破坏情况调查及因应对策[J].广东园林,2002(4):26-29.
- [45] 叶岳,唐文武,姜玉霞.台风灾害对常绿阔叶林大型土壤动物功能类群的影响[J].肇庆学院学报,2018,39(2): 56-60.
- [46] 黄媛媛.合肥市园林树种对灾害性天气抗性的研究[D].合肥:安徽农业大学,2011.
- [47] 尹思慈.木材学[M].北京:中国林业出版社,1996.
- [48] 王利溥.经济林气象[M].昆明:云南科技出版社,1995: 187-194.
- [49] 杨莉莉.浙江省沿海城市行道树抗风能力调查研究[D].杭州:浙江大学,2006.
- [50] 林夏珍,张铁标,王永华.行道树抗风倒对策的研究[J].浙江林学院学报,1999(2): 69-73.
- [51] 王良睦,王中道,许海燕.9914~#台风对厦门市园林树木破

- 坏情况的调查及对策研究[J].中国园林,2000(4): 65-68.
- [52] 黄东兵,吴德.台风对深圳市行道树的影响及其应对措施探析[J].南方农业,2016,10(15):77-79.
- [53] BAKER C J. The development of a theoretical model for the windthrow of plants[J].Journal of Theoretical Biology,1995,175(3) 355-372.
- [54] 汤剑雄,徐礼来,李彦旻,等.基于无人机遥感的台风对城市树木生态系统服务的损失评估[J].自然灾害学报,2018,27(3):153-161.
- [55] 隋宏,吴琼辉,祝岩.广东省国家储备林划定布局[J].林业与环境科学,2017,33(3): 91-95.
- [56] 韩维栋,陈杰.雷州半岛树木志[M].广州:华南理工大学出版社,2014.
- [57] 简陈明.生态修复将让雷州半岛变得更绿[N/OL].湛江日报,(2016-02-03). http://news.gdzdaily.com.cn/zjxw/content/2016-02/03/content_2094850.shtml.
- [58] 谭铭智.雷州半岛热带季雨林修复方法研究[J].乡村科技,2017(12):35-36.
- [59] 张羽,牛生杰,吴德平,等.雷州半岛气象灾害及防御对策[J].海洋预报,2006,23(Z1): 27-33