

职工生计资本对森林生态系统服务感知度的影响¹⁾ ——以东北国有林区为例

田国双 齐英南 邹玉友

(东北林业大学 哈尔滨 150040)

摘要 以分布在中国东北大小兴安岭、长白山、完达山等地区的由内蒙古森工、龙江森工、吉林森工、长白山森工和大兴安岭林业集团构成的东北、内蒙古重点国有林区(简称东北国有林区)为研究区域,以研究区域职工为研究对象,于2021年采用问卷调查方法获取320份职工调查数据样本;依据千年生态系统评估框架和可持续生计框架理论,应用多元逻辑斯蒂(Logistic)模型分析职工生计资本(自然资本、物质资本、人力资本、社会资本、金融资本)对森林生态系统服务感知度的影响。结果表明:东北国有林区职工的森林生态系统服务感知很强,且各项服务的感知度均在91%以上。生计资本中,自然资本、物质资本、人力资本、社会资本对职工森林生态系统服务感知度均有正向显著影响,金融资本对职工森林生态系统服务感知度有负向显著影响。依据研究结果,提出夯实职工对森林生态系统服务感知成果和提高职工生计资本配置能力的建议。

关键词 森林生态系统;服务感知度;生计资本;国有林区

分类号 F326.2

Effect of Workers' Livelihood Capital on Perception Degree of Forest Ecosystem Services——A Case Study in A Northeastern State-owned Forest Area//Tian Guoshuang, Qi Yingnan, Zou Yuyou(Northeast Forestry University, Harbin 150040, P. R. China)//Journal of Northeast Forestry University 2022, 50(3): 119–124.

The Northeast and Inner Mongolia key state-owned forest areas (referred to as northeast state-owned forest areas), which are located in the Northeast China, including Inner Mongolia Forestry Industry, Longjiang Forestry Industry, Jilin Forestry Industry, Changbaishan Forestry Industry, and Daxinganling Forestry Group, were used as the study area, and 320 workers' survey data were obtained by questionnaire in 2021. With the Millennium Ecosystem Assessment Framework and the Sustainable Livelihoods Framework, a multivariate logistic model was applied to analyze the impact of workers' livelihood capital (natural, physical, human, social, and financial capital) on the perceived degree of forest ecosystem services. The perception of forest ecosystem services among workers in northeastern state-owned forest areas was strong, and the perceived degree of each service was above 91%. Among the livelihood capital, natural capital, physical capital, human capital, and social capital have positive and significant effects on the perception degree of forest ecosystem services of workers, while financial capital has negative and significant effects on the perception degree of forest ecosystem services of workers. Based on the results of the study, suggestions were made to consolidate the results of workers' perceptions of forest ecosystem services and to improve the ability of workers' livelihood capital allocation.

Keywords Forest ecosystem service; Perception degree; Livelihood capital; State-owned forest area

DOI:10.13759/j.cnki.dlxz.2022.03.016

森林生态系统作为陆地生态系统中覆盖面积最大、功能最完善、生物承载量最多的自然生态系统,其不仅为人类提供生存所需的物质资源,而且还提供涵养水源、净化水质和调节气候等多种生态系统服务^[1-3]。东北、内蒙古重点国有林区(简称东北国有林区)是我国天然林分布最集中、生物多样性最丰富、森林生态系统服务最全面的生态保育区,其区域特征表现为森林生态系统服务与居民生计共存。东北国有林区职工(以下简称职工)是东北国有林区森林生态系统的重要管护人,森林生态系统提供的各项服务直接影响职工家庭生计水平^[4];但

是,由于森林资源过度开发与利用,导致森林资源急剧下降,其提供的森林生态系统服务也遭到严重破坏,暴雨等极端天气情况频繁发生^[5-7]。为杜绝破坏森林生态系统行为的发生以及保障职工的基本生计,国家实施了全面停止天然林商品性采伐和林业补贴等政策,实施效果得到普遍认可。

关于森林生态系统服务的研究,主要集中在森林生态系统服务分类^[8-11]、森林生态系统服务价值量计量^[12-16]两个方面,以宏观层面的森林生态系统服务分类及其价值量测算为主;但从微观层面,以人为研究对象,探索个体自身资源禀赋(生计资本)对森林生态系统感知度影响的研究较少^[17-19]。职工作为东北国有林区森林生态系统服务最大的受益群体^[20],其生计资本对森林生态系统服务感知度的影响,不仅是促进当前东北国有林区生态、社会、经济三者发展逐渐更加协调的关键点,解决职工家庭贫困的重要突破口,更是实现“人与自然和谐共生”的重要现实基础。为此,本研究以分布在中国东北大

1) 国家自然科学基金项目(72003022、71973021);黑龙江省博士后基金项目(LBH-Z20037);中央高校基本科研业务费专项资金项目(2572020BM01、257202DZ08)。

第一作者简介:田国双,男,1963年7月生,东北林业大学经济管理学院教授。E-mail:13936161122@163.com。

通信作者:邹玉友,东北林业大学经济管理学院讲师。E-mail:yuyou_zou@nefu.edu.cn。

收稿日期:2021年11月18日。

责任编辑:张玉。

小兴安岭、长白山、完达山等地区的,由内蒙古森工、龙江森工、吉林森工、长白山森工和大兴安岭林业集团构成的,东北国有林区为研究区域,以研究区域职工为研究对象,于 2021 年采用问卷调查方法获取 320 份职工调查数据样本;依据千年生态系统评估框架和可持续生计框架理论,应用多元逻辑斯蒂(Logistic)模型分析职工生计资本(自然资本、物质资本、人力资本、社会资本、金融资本)对森林生态系统服务感知度的影响。旨在为强化职工绿色发展理念和提高东北国有林区“生态、社会、经济”三重效益提供参考。

1 研究区域概况

本研究区域为东北、内蒙古重点国有林区(简称东北国有林区),其主要分布在中国东北大小兴安岭、长白山、完达山等地区,由内蒙古森工、龙江森工、吉林森工、长白山森工和大兴安岭林业集团构成。地理坐标:东经 $117^{\circ}6' \sim 135^{\circ}50'$,北纬 $41^{\circ}25' \sim 53^{\circ}23'$ 之间。东北国有林区的森林面积占全国森林总面积的 21.6%,森林蓄积量占全国森林总蓄积量的 26.09%,蓄积量达到 31.6 亿 m^3 。东北国有林区拥有森林资源丰富,提供保育土壤、涵养水源、固碳释氧多项森林生态系统服务,且森林生态系统服务价值巨大。

2 研究方法

2.1 样本数据构成

本研究数据源于 2021 年 7—8 月份,东北林业大学经济管理学院调研组关于东北国有林区职工对森林生态系统服务感知情况的问卷调查。以龙江森工和伊春森工为调研区域,每个森工集团各选 2 个林业局,每个林业局各选 3 个林场,每个林场各选 30 户职工进行一对一访谈。访谈内容包括职工自身特征、家庭基本生计特征以及森林生态系统服务个体感知等方面。此次调研共发放问卷 360 份,实际回收有效问卷 320 份。样本职工的基本特征(见表 1):受访者以 41~60 岁的男性为主,其受教育程度集中在中专和大专,家庭人口集中在 3~4 人,家庭劳动力为 2 人,家庭总收入集中在 6 万~9 万元。

2.2 评价指标体系设计

评价指标遴选的原则:森林生态系统服务感知,是指个体对森林生态系统服务的总认识^[11]。千年生态系统评估框架提出,职工对森林生态系统服务的感知是职工依据自身生计资本理性判断的结果。生计资本是职工维持生存的资源和能力,按照资源和能力的属性并以英国国际发展署(DFID)提出的

可持续生计框架为基础^[21]。本研究将职工生计资本划分为自然资本、人力资本、物质资本、金融资本、社会资本五种类型,本研究界定的自然资本是指维持职工生产和生活的林地资源、物质资本是指职工维持生产和生活所需的基础设施、人力资本是指职工维持生计所需的知识和能力、社会资本是指职工为追求生计所使用的关系、金融资本是指职工用于生产和生活的资金储备和借款,并按照五种类型分别分析其对森林生态系统服务感知度的影响。

表 1 调查样本信息构成和数据统计

调查内容	调查对象条件	调查数量	占总调查数量比例/%
受访者性别(人)	男	285	89.1
	女	35	10.9
年龄(岁)	30 及以下	22	6.9
	31~40	84	26.2
	41~50	83	25.9
	51~60	131	41.0
受教育程度	小学及以下	9	2.8
	初中	95	29.7
	高中	44	13.8
	中专	56	17.5
	大专	87	27.2
	本科及以上	29	9.0
家庭人口(人)	2 及以下	127	39.7
	3	158	49.3
	4 及以上	35	11.0
家庭劳动力(人)	1 及以下	40	12.5
	2	210	65.7
	3	67	20.9
	4 及以上	7	0.9
家庭总收入(/万元)	$I \leq 3$	30	9.4
	$3 < I \leq 6$	101	31.6
	$6 < I \leq 9$	122	38.1
	$9 < I \leq 12$	26	8.1
	$I > 12$	41	12.8

注“家庭劳动力(人)”为 18 周岁至 60 周岁的身体健康人员。

本研究以职工的森林生态系统服务感知度为评价目标。参照千年生态系统评估框架,将森林生态系统服务分为供给服务、调节服务、文化服务、支持服务 4 个评价指标(见表 2)。采用“李克特五维度”对感知度进行评价,感知度由低到高分别为“非常不同意、比较不同意、一般同意、比较同意、非常同意”5 个级别。

参考已有研究并结合林区实际情况^[22]构建职工生计资本指标体系(见表 3)。通过熵值法得出各指标权重具体步骤公式:

采用极差标准化法对原始数据进行标准化处理。当 X_{ij} 为正向指标时, $Y_{ij} = (X_{ij} - X_{j\min}) / (X_{j\max} - X_{j\min})$;当 X_{ij} 为负向指标时, $Y_{ij} = (X_{j\max} - X_{ij}) / (X_{j\max} - X_{j\min})$ 。式中 X_{ij} 为第 i 个职工的第 j 个指标值, Y_{ij} 为经过极差标准化后的指标值, $X_{j\max}$ 为 j 指标的最大值, $X_{j\min}$ 为 j 指标的最小值。

计算第 j 项指标下第 i 个样本的权重 (P_{ij})、第 j 项指标的熵值 (e_j) 和差异系数 (g_j)。 $P_{ij} = Y_{ij} / \sum_{i=1}^n Y_{ij}$, n 为职工人数; $e_j = -k \sum_{i=1}^m (P_{ij} \ln P_{ij})$, $k = 1 / \ln m$, m 为职工人数; $g_j = 1 - e_j$ 。 e_j 的取值范围在 0~1 之间, e_j 越大, 指标的作用越小。

求权重 (W_j) 及各资本综合得分 (Z_j)。 $W_j = g_j / \sum_{j=1}^n g_j$; $Z_j = \sum_{j=1}^n (W_j \cdot Y_{ij})$ 。

表 2 评价指标构成及感知度分值

评价指标	指标构成要素	感知度分值
供给服务	食物(农林产品产量)	3.675±0.896
	食物(农林产品收入)	3.645±0.929
	燃料(树木长势)	4.366±0.816
	生化药剂(中药产业发展)	3.841±0.942
调节服务	维护空气质量	4.438±0.719
	调节水分	4.085±0.863
	净化水质	4.103±0.926
	控制侵蚀(水土流失)	4.069±0.817
	调节气候(自然灾害)	3.975±0.879
文化服务	美学价值(林区景观)	4.213±0.783
	教育价值(自然教育工作)	3.806±0.856
	精神价值(环境保护意识)	4.141±0.805
	地方感(林区居住)	3.937±0.936
	生态旅游(林区旅游)	4.000±0.918
支持服务	土壤保持(土壤肥沃)	4.069±0.850
	动物栖息地	4.263±0.747
	珍惜动物数量	4.288±0.767
	释氧能力(氧气的生产)	4.300±0.836

注: 对各指标构成要素感知度评价分值,由低到高分为 5 个级别,1 为非常不同意、2 为比较不同意、3 为一般同意、4 为比较同意、5 为非常同意;感知度分值为“平均值±标准差”。

表 3 职工生计资本指标体系

生计资本构成		指标构成要素	
指标	权重	要素	权重
自然资本	0.146 5	耕地面积(hm^2)	0.110 5
		林地面积(hm^2)	0.104 2
物质资本	0.056 8	房屋结构	0.007 6
		房屋市值(万元)	0.094 3
人力资本	0.057 9	家庭劳动力数量(人)	0.006 9
		受教育年限(年)	0.007 3
		是否有造林或抚育培训	0.091 8
社会资本	0.067 6	家庭干部或管理人员数(人)	0.028 4
		家庭礼金数(万元)	0.055 4
		家庭电话费(万元)	0.036 1
金融资本	0.130 9	贷款与借款总额(万元)	0.007 5
		银行存款金额	0.036 4
		家庭总收入(万元)	0.179 8

注 “房屋结构”分 3 种,1 为土木结构、2 为砖木结构、3 为砖混结构;“是否有造林或抚育培训”分为 2 个层次,1 为“是”,0 为“否”;“银行存款金额(A)”分为 5 个级别,1 为 $A \leq 1$ 万元,2 为 $1 < A \leq 3$ 万元,3 为 $3 < A \leq 5$ 万元,4 为 $5 < A \leq 10$ 万元,5 为 $A > 10$ 万元。

2.3 评价模型构建

采用多元有序逻辑斯蒂(Logistic) 模型分析职工生计资本对森林生态系统服务感知度的影响, 模型公式 $\ln [P/(1-P)] = \beta_0 + \sum_{i=1}^n (X_i \beta_i) = \beta_0 + X_1 \beta_1 + \cdots + X_n \beta_n$; 将模型进行转化, 即可得本研究设计的模型 $P = 1 / \{1 + \exp [-(\beta_0 + X_1 \beta_1 + \cdots + X_n \beta_n)]\}$; 式中 P 为职工森林生态系统服务感知各项选择发生的概率、 X_i 为影响职工森林生态系统服务感知度的各项因素、 β_i 为各项影响因素指标 X_i 的系数。

3 结果与分析

3.1 职工对森林生态系统服务感知度的现状

由表 4 可见: 职工对森林生态系统服务有强感知能力,且职工对森林生态系统服务的感知程度(一般同意、比较同意、非常同意 3 方面合计) 均在 91% 以上。具体表现为: 职工对森林生态系统提供的各项供给服务的感知程度均在 91% 以上、调节服务的感知程度均在 95% 以上、文化服务的感知程度均在 92% 以上、支持服务的感知程度均在 96% 以上。

3.2 职工自然资本对森林生态系统服务感知度的影响

由表 5 可见: 自然资本对森林生态系统提供的供给服务、调节服务、文化服务、支持服务的感知度,均有显著正向影响($P < 5\%, P < 1\%$), 表明职工的自然资本越多, 对森林生态系统服务感知度越强。主要原因是 在排除洪涝和火灾等自然因素以及生产技术等科技因素的影响, 职工家庭可利用的林地面积越多, 其从森林生态系统服务获取的收益越多。根据调研结果可知 部分职工家庭从事林下经营, 以种植业中药材和木耳等经济作物为主, 当职工可以使用的林地面积越多, 林下作物的产量越高, 从中获取的物质性收益越多, 进而对森林生态系统服务的感知度越强。另外, 职工家庭拥有的林地面积等自然资本越多, 其在进行森林抚育或者造林等工作时, 对于空气质量变化、气候变化、土壤变化等方面敏锐度越高。因此自然资本越充足, 表明职工对森林生态系统服务感知度越强。

3.3 职工物质资本对森林生态系统服务感知度的影响

由表 5 可见: 物质资本对森林生态系统服务提供的供给服务、调节服务、文化服务、支持服务的感知度, 均有显著正向影响($P < 5\%, P < 1\%$) 表明物质资本越充足, 职工的森林生态系统服务感知度越强。原因在于 物质资本是其他资本积累的体现, 也是家

庭收入和财富的象征。房屋等基本设施是职工家庭重要的物质资本,当前职工的收入,主要源于职工从事造林和森林抚育工作产生的工资性收入以及从事林下经营产生的经营型收入。房屋等物质资本作为随时可以变现的商品,不仅为职工从事林下经营提

供保障资金,也是部分职工从事森林旅游等活动的经营场所。职工拥有充足的物质资本,其从森林生态系统服务获益的机会越多,进而其对森林生态系统服务感知度越强。

表 4 职工的森林生态系统服务感知度基本状况

评价指标	指标构成要素	对各指标构成要素的感知度/%					
		非常不同意	比较不同意	一般同意	比较同意	非常同意	3 个同意级别合计
供给服务	食物(农林产品产量)	1.3	6.9	33.4	40.0	18.4	91.8
	食物(农林产品收入)	2.2	6.3	35.0	37.8	18.7	91.5
	燃料(树木长势)	1.3	1.3	10.3	34.0	53.1	97.4
	生化药剂(中药等)	2.2	5.4	24.3	42.5	25.6	92.4
调节服务	维护空气质量	0.4	0.9	8.8	34.6	55.3	98.7
	调节水分	1.0	2.6	21.8	37.5	37.1	96.4
	净化水质	1.6	3.2	19.3	35.3	40.6	95.2
	控制侵蚀(水土流失)	1.3	1.8	18.7	45.9	32.3	96.8
	调节气候(自然灾害)	1.4	4.7	20.0	44.3	29.6	93.9
文化服务	美学价值(林区景观)	0.7	0.9	15.7	42.1	40.6	98.4
	教育价值(自然教育工作)	0.9	4.4	29.5	43.7	21.5	94.7
	精神价值(环境保护意识)	1.3	2.6	11.2	50.9	34.0	96.1
	地方感(林区居住)	2.9	5.1	16.8	47.1	28.1	92.0
	生态旅游(林区旅游)	2.3	4.1	18.4	43.1	32.1	93.6
支持服务	土壤保持	0.7	3.2	19.7	41.8	34.6	96.1
	动物栖息地	0.4	1.3	12.5	43.7	42.1	98.3
	珍稀动物数量	0.4	2.3	10.6	42.1	44.6	97.3
	释氧能力(氧气生产)	1.3	1.6	12.2	35.9	49.0	97.1

表 5 职工生计资本与对森林生态系统服务感知度的相关系数

森林生态系统服务指标	服务指标构成要素	感知度的相关系数				
		自然资本	物质资本	人力资本	社会资本	金融资本
供给服务	食物(农林产品产量)	0.210**	0.040*	3.483**	1.013*	-0.040**
	食物(农林产品收入)	0.324**	0.027*	2.961**	1.147*	-1.212*
	燃料(树木长势)	0.349**	0.017*	3.854**	1.022*	-0.038*
	生化药剂(中药等)	0.238*	0.015*	3.366**	1.105*	-0.033**
调节服务	维护空气质量	0.564*	0.009*	3.122**	1.077*	-0.044*
	调节水分	0.447**	0.007*	3.449**	1.213*	-0.035*
	净化水质	0.468**	0.019*	2.626*	1.118*	-0.036**
	控制侵蚀(水土流失)	0.372**	0.005**	3.160**	1.201*	-0.040**
	调节气候(自然灾害)	0.354**	0.008*	3.357**	1.237*	-0.027*
文化服务	美学价值(林区景观)	0.340*	0.009*	4.541**	0.114**	-0.312**
	教育价值(自然教育工作)	0.219*	0.019*	5.828**	0.087*	-0.451**
	精神价值(环境保护意识)	0.199*	0.006*	4.669**	0.059*	-0.263*
	地方感(林区居住)	0.227*	0.017**	3.456**	0.093*	-0.280*
	生态旅游(林区旅游)	0.334**	0.018*	3.462**	0.097*	-0.342**
支持服务	土壤保持	0.342**	0.013*	3.492**	0.148**	-0.045**
	动物栖息地	0.270*	0.008*	3.045**	0.071*	-0.009**
	珍稀动物数量	0.238*	0.005*	3.440**	0.060*	-0.007*
	释氧能力(氧气生产)	0.275*	0.007*	3.944**	0.034*	-0.036*

注: * 表示显著相关($P<5\%$), **表示极显著相关($P<1\%$)。

3.4 职工人力资本对森林生态系统服务感知度的影响

由表 5 可见: 人力资本对森林生态系统提供的供给服务、调节服务、文化服务、支持服务的感知度,均有显著正向影响($P<5\%, P<1\%$),说明人力资本

是影响职工森林生态系统服务感知度的重要因素。“家庭劳动力人数、受教育年限、是否有造林和森林抚育培训”是职工拥有人力资本的重要体现。目前职工收入主要源于森林生态系统提供的各项资源和服务,在不考虑技术能力等干扰因素时,职工家庭劳

动力越多,其从森林生态系统服务中获益越多;职工受教育程度越高,表明职工更易接受和理解森林生态系统服务,发掘森林生态系统服务潜在商机的能力越强;职工参与造林和森林抚育培训越多,对森林生态系统各项服务的变化越清晰,且从中发现提高自身生计水平的机会越多。

3.5 职工社会资本对森林生态系统服务感知度的影响

由表5可见:社会资本对森林生态系统提供的供给服务、调节服务、文化服务、支持服务的感知度,均有显著正向影响($P<5\%$ 、 $P<1\%$),表明社会资本越多,职工对森林生态系统服务的感知能力越强。社会关系是职工社会资本的象征,职工在人际交往过程中,会探讨当前的森林生态环境以及如何利用森林生态系统服务获取利益,在此沟通与交流中会加深对森林生态系统服务的认识。林区管理或干部人员是国家与林区职工的沟通媒介,当家庭成员中有管理或干部人员时,其会根据已获取的有效信息,帮助职工家庭从森林生态系统服务中实现自身利益最大化,进而提高职工家庭的收益水平。因此,职工的社会资本越丰富,其对于森林生态系统服务的感知度越强。

3.6 职工金融资本对森林生态系统服务感知度的影响

由表5可见:金融资本对森林生态系统提供的供给服务、调节服务、文化服务、支持服务的感知度,均有显著负向影响($P<5\%$ 、 $P<1\%$),表明金融资本越多,职工越容易忽视森林生态系统提供的服务。原因是在东北国有林区,职工的金融资本主要是指借款与贷款,职工的借贷款越多,为还债和维持基本生计,多数职工会选择外出打工或者从事个体经营。在从事非林经济活动时,职工只聚焦于与自身利益相关的非林事物,而淡化对森林生态系统服务的关注。因此,职工的金融资本对森林生态系统服务感知度具有显著负向影响。

4 结论与建议

本研究以千年生态系统评估框架和可持续生计框架为基础理论,东北国有林区职工为研究对象,利用职工2021年320份调查数据,采用多元逻辑斯蒂(Logistic)模型分析职工生计资本对森林生态系统服务感知度的影响。研究结果表明:

东北国有林区职工对森林生态系统服务有强感知能力,且职工感知程度均在91%以上。其中,职工对森林生态系统服务提供的供给服务的感知度在91%以上、对调节服务的感知度在95%以上、对文化

服务的感知度在92%以上、对支持服务的感知度在96%以上。

东北国有林区职工的生计资本对森林生态系统服务感知度有重要影响。具体表现为,职工的自然资本、物质资本、人力资本、社会资本,均对森林生态系统提供的供给服务、调节服务、文化服务、支持服务的感知度均有显著正向影响;而职工的金融资本,对森林生态系统提供的供给服务、调节服务、文化服务、支持服务感知度均有显著负向影响。

依据研究结果,并结合东北国有林区现状,提出如下建议:

(1) 夯实职工对森林生态系统服务感知成果。当前东北国有林区职工对森林生态系统服务有强感知力,因此,林区管理层应加大定期组织学习和发放森林生态系统服务功能手册等线下宣传力度。同时加快以新型媒体为载体,通过建立微信公众号、发送推文和发送小视频等形式,普及森林生态系统服务知识的步伐,进一步提高职工对森林生态系统服务感知的广度和深度,为职工及时获取有效信息资源创造有利条件。

(2) 提升职工生计资本配置能力。自然资本方面,林区政府应通过技术服务和提高林业补贴金额等方面,消除职工林地承包的顾虑,保障职工的林地经营权益,增加职工从森林生态系统服务中获益的机会。物质资本方面,林区政府加强对职工房屋等基础设施建设的扶持力度;开展已居住点为主的林业产业,充分发挥森林生态系统的服务效应。人力资本方面,鼓励职工通过浏览书籍或者借助网络平台,了解森林生态系统服务,提升自身学习能力;林区政府加大对职工的培训力度,提高职工合理利用森林生态系统服务的能力。社会资本方面,构建林区森林生态系统信息交流平台,推动职工与外界人员的信息交流与传播;培育“精英干部”,以带动职工积极参与森林生态系统服务的相关活动,加深职工对森林生态系统服务的认知。金融资本方面,创建形式多样化的林业贷款模式,为职工从事林业生计活动提供资金保障,增加职工利用森林生态系统服务获益的信心和机会。

参 考 文 献

- [1] 赵同谦,欧阳志云,郑华,等.中国森林生态系统服务功能及其价值评价[J].自然资源学报,2004,19(4):480-491.
- [2] TAYE A F, FOLKERSEN M V, FLEMING C M, et al. The economic values of global forest ecosystem services: A meta-analysis [J]. Ecological Economics, 2021, 189. doi: 10.1016/j.ecolecon.2021.107145.
- [3] DJAGOUN C A M S, ZANVO S, PADONOU E A, et al. Perceptions of ecosystem services: A comparison between sacred and non-sacred forests in central Benin (West Africa) [J]. Forest Ecology and Management, 2019, 440: 117-126.

- and Management 2021, 503. doi: 10.1016/j.foreco.2021.119791.
- [4] 田国双, 邹玉友, 刘畅. 国有林区职工对林业补贴政策实施满意度及其影响因素实证分析 [J]. 干旱区资源与环境, 2018, 32(4): 26–30.
- [5] 潘华, 刘晓艺. 云南森林生态系统服务功能经济价值评价 [J]. 生态经济, 2018, 34(5): 201–206, 211.
- [6] 刘曦, 刘经伟. 东北国有林区森林生态系统服务功能价值量的监测与评估 [J]. 东北林业大学学报, 2020, 48(8): 66–71.
- [7] 欧朝蓉, 孙永玉, 邓志华, 等. 森林生态系统服务权衡: 感知、方法和驱动 [J]. 中国水土保持科学, 2020, 18(4): 150–160.
- [8] DAILY G C. Nature's services: societal dependence on natural ecosystems [M]. Island Press: WashingtonD C, 1997.
- [9] COSTANZA R, D' ARGE R, DE GROOT R, et al. The value of the world's ecosystem services and natural capital [J]. Nature, 1997, 387: 253–260. doi: 10.1016/S0921-8009(98)00020-2.
- [10] Millennium Ecosystem Assessment (MA). Ecosystems and human well-being: synthesis [M]. Island Press: Washington, D C, 2005.
- [11] 欧阳志云, 王效科, 苗鸿. 中国陆地生态系统服务功能及其生态经济价值的初步研究 [J]. 生态学报, 1999, 19(5): 607–613.
- [12] 虞依娜, 徐曼, 叶有华. 近5年森林生态系统服务价值评估研究进展: 基于CiteSpace文献计量学分析方法 [J]. 生态环境学报, 2020, 29(2): 421–428.
- [13] ENDALEW B, WONDIMAGEGNHU B A. Determinants of households' willingness to pay for the conservation of church forests in northwestern Ethiopia: A contingent valuation study [J].

(上接112页)

3 结束语

本研究以东北虎及其食物链为研究对象, 在对比了单阶段目标识别代表性优鲁系列模型后, 以优鲁V5s为主要识别算法进行了分类研究, 并对其网络结构进行改进; 通过将其卷积层部分替换成轻量模(Ghost)块后, 模型参数更少, 模型权重减小48%, 检测时间降低53%, 尽管准确率下降0.9%, 但其模型轻量化后更适用于无人机载系统边缘计算。本研究结果, 可为野生动物在线调查方法提供参考。

参 考 文 献

- [1] 杨丹, 李崇贵, 常铮, 等. 应用U-Net模型和多时相Landsat-8影像对森林植被的分类 [J]. 东北林业大学学报, 2021, 49(9): 55–59, 66.
- [2] VERMEULEN C, LEJEUNE P, LISEIN J, et al. Unmanned aerial survey of elephants [J]. PLoS ONE, 2013, 8(2). doi: 10.1371/journal.pone.0054700.
- [3] DULAVA S, BEAN W T, RICHMOND O M W. Environmental reviews and case studies: applications of unmanned aircraft systems (UAS) for waterbird surveys [J]. Environmental Practice, 2015, 17(3): 201–210.
- [4] HODGSON J C, BAYLIS S M, MOTT R, et al. Precision wildlife monitoring using unmanned aerial vehicles [J]. Scientific Reports, 2016, 6. doi: 10.1038/srep22574.
- [5] 宋清洁. 基于无人机的大型食草动物调查研究: 以中国青海省隆宝湿地国家自然保护区为例 [D]. 兰州: 兰州大学, 2018.
- [6] 闫洋. 基于无人机与相机调查的江门海域中华白海豚(*Sousa chinensis*)行为的初步研究 [D]. 威海: 山东大学(威海), 2019.

- [7] 曾陈颖. 面向珍稀野生动物保护的图像监测与识别技术研究 [D]. 北京: 北京林业大学, 2015.
- [8] YU X Y, WANG J P, KAYS R, et al. Automated identification of animal species in camera trap images [J]. EURASIP Journal on Image and Video Processing, 2013, 52(1). doi: 10.1186/1687-5281-2013-52.
- [9] DING W G, TAYLOR G. Automatic moth detection from trap images for pest management [J]. Computers and Electronics in Agriculture, 2016, 123: 17–28. doi: 10.1016/j.compag.2016.02.003.
- [10] NOROUZZADEH M S, NGUYEN A, KOSMALA M, et al. Automatically identifying wild animals in camera trap images with deep learning [J]. Proceedings of the National Academy of Sciences, 2018, 115(25): 5716–5725.
- [11] KONOVALOV D A, HILLCOAT S, WILLIAMS G, et al. Individual minke whale recognition using deep learning convolutional neural networks [J]. Journal of Geoscience and Environment Protection, 2018, 6(5): 25–36.
- [12] TORNEY C J, LLOYD-JONES D J, CHEVALLIER M, et al. A comparison of deep learning and citizen science techniques for counting wildlife in aerial survey images [J]. Methods in Ecology and Evolution, 2019, 10(6): 779–787.
- [13] GIRSHICK R, DONAHUE J, DARRELL T, et al. Rich feature hierarchies for accurate object detection and semantic segmentation [M] // IEEE Computer Society. Computer vision and pattern recognition. Los Alamitos CA: IEEE Computer Society, 2014: 580–587.
- [14] REDMON J, DIVVALA S, GIRSHICK R, et al. You only look once: unified, real-time object detection [M] // IEEE Computer Society. IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. Piscataway NJ: IEEE Service Center, 2016: 779–788.
- [15] 周蓉, 赵天忠, 吴发云. 依据BP神经网络的机载LiDAR数据估算林分平均高 [J]. 东北林业大学学报, 2021, 49(9): 60–66.
- [16] 凌嘉欣, 谢永华. 残差神经网络模型在木质板材缺陷分类中的应用 [J]. 东北林业大学学报, 2021, 49(8): 111–116.