

上海市区及周边区域 哺乳动物多样性报告（草稿）

主持单位：复旦大学

完成日期：2021年1月

致 谢

本研究得到深圳市一个地球自然基金会基金的资助，在本课题立项、中期考核过程中，各位评审专家和上海市林业局的领导都提出了许多建设性建议，对本课题的圆满完成具有针对性和指导性，在此深表谢意。

课题开展过程中得到了红山森林动物园支持，为野外放归的貉佩戴 GPS 定位颈圈，并持续监测；

和欧洲研究人员进行多国线上研讨会，讨论如何在城市中确定野生动物的生态廊道

和上海海洋大学张东升教授团队合作，招募临港区域市民志愿者约 60 名并完成相机布设与维护。

最后感谢在课题开展过程中所有给予过帮助的人员，谢谢你们。

目 录

| | |
|-----------------------|----|
| 封面 | 1 |
| 致谢 | 2 |
| 目录 | 3 |
| 第一章 课题工作总结报告 | 4 |
| 1. 研究背景 | 4 |
| 2. 研究目标和考核指标 | 5 |
| 3. 主要工作措施 | 6 |
| 4. 课题完成情况和主要研究成果 | 7 |
| 第二章 课题研究报告 | 8 |
| 1. 引言 | 8 |
| 2. 材料和方法 | 10 |
| 2.1 野生动物的分布调查 | 10 |
| 2.2 野生动物的节律研究 | 12 |
| 2.3 城市兽类对人类活动的响应 | 13 |
| 2.4 适宜生境和生态廊道规划 | 14 |
| 3. 研究结果 | 14 |
| 3.1 野生动物相对多度和物种积累曲线 | 14 |
| 3.2 野生动物活动节律分析 | 15 |
| 3.3 城市兽类对人类活动的反馈 | 16 |
| 3.4 适宜生境和生态廊道格局 | 17 |
| 4. 讨论 | 18 |
| 4.1 野生动物同域共存可能性 | 18 |
| 4.2 时间生态位分化的原因 | 19 |
| 4.3 城市兽类的栖息地和迁移廊道要素分析 | 20 |
| 第三章 上海地区野生动物保护策略建议 | 21 |
| 参考文献 | 23 |

第一章 课题工作总结报告

课题“城市兽类对于人类活动的响应与保护管理：以上海为例”来自于深圳市一个地球自然基金会基金，总经费为 10 万元，项目起始日期为自 2020 年 3 月 15 日至 2021 年 1 月 15 日。项目立项以后，在上海市林业局、华泰证券“益心华泰”项目组、中国山水自然保护中心的协助下，成立了课题研究小组，制定了详细的工作方案，经过 9 个月的努力工作，初步完成了课题所确立的研究目标和任务，课题经费按预算使用，并将研究成果在全国各大城市内进行推广运用，取得了良好的生态效益和社会效益。

本课题原计划三年，因此在第一年数据基础上完成此总结草稿。有关生物多样性（如 α 、 β 多样性）和物种分布格局的更多分析，将在第二年、第三年数据积累的基础上完成。

现就本课题的开展情况报告如下。

1. 研究背景

城市（含市区和郊区）是人口高度密集的区域，也是生物多样性最容易被忽视的区域（林涓等，1999）。世界资源研究所（WRI）、世界自然保护联盟（IUCN）和联合国环境规划署（UNEP）联合制定的“全球生物多样性策略”中特别强调“保护生物多样性行动必须在由生态标准和社会标准共同确定的尺度上进行计划与完成，活动的地点不仅在荒芜的保护区，还应包括人们生活和工作地方”（世界资源研究所，1992）。改革开放以来，上海地区近半个世纪的高速发展使得人口的数量和密度均大幅度增长、城市面积扩大，原生自然植被带丧失，仅存的一些自然生境也深深烙上人类活动的印记，这进一步造成依赖于这些生境的中小型哺乳动物种类大大减少，有些动物估计已灭绝或濒临灭绝，如小灵猫等（上海农林局，2004）。但另外一些对人类环境适应能力较强的野生动物仍在上海地区生存，如貉（*Nyctereutes procyonoides*）、黄鼬（*Mustela sibirica*）和赤腹松鼠（*Callosciurus erythraeus*）等。分布于长三角区域的哺乳动物群落以中小型哺乳动物为主，是长江下游生物多样性最为重要的组成部分之一。上海的野生兽类，历史上记录到的有獐（*Hydropotes inermis*）、东北刺猬（*Erinaceus amurensis*）、华

南兔 (*Lepus sinensis*)、黄鼬 (*Mustela sibirica*)、猪獾 (*Arctonyx collaris*)、狗獾 (*Meles meles*)、貉 (*Nyctereutes procyonoides*)、小灵猫 (*Viverricula indica*)、豹猫 (*Prionailurus bengalensis*) 等，几乎所有物种都经历了急剧的栖息地变化。

近几十年来经济的飞速发展和土地利用方式的急剧转变使很多原有的自然生境不复存在，严重威胁到依赖这些自然生境生存的动物。除獐因为重引入和相对成功的管理措施，处于局部缓慢的恢复之中以外，近年来小灵猫仅有江湾区域的两次目击记录（其中一次为车撞击死亡）、豹猫罕有发现、猪獾一直未能见到实体、狗獾的栖息地大幅度退缩。在市区和郊野的大部分区域，这些物种的种群情况不明，分布区域呈现高度岛屿化、片段化。因此在未来几十年中，若不加强调查研究和保护，栖息地质量的下降和连通程度的丧失可能进一步恶化，一些物种可能将从城市生态系统中消失。

在上海地区前几次的动物普查中都显示，上海市中各地区(奉贤、南汇、宝山等)有貉、赤腹松鼠等的零星分布记录(张欣，2017)。近些年来随着对生态环境的逐渐重视，2009年上海本地物种獐(*Hydropotes inermis*)被重引入至上海松江浦南林地和浦东滨江森林公园进行野化训练，并于2010年在上海南汇东滩进行成功野放，后续针对其生境选择、种群特征和行为规律等也进行了一些研究(马飞雁等，2013；何鑫等，2016)。这一次尝试使得野生动物在上海生存成为可能和关注的焦点，但由于缺乏详细的研究和资料，上海地区野生动物的生存状况尚不明晰，有关野生动物的保护措施也几乎为零。因此，为了适应上海地区新一轮的城市发展规划的要求，我们将上海地区野生本土动物的保护纳入城市发展规划建设中去，以提高整个城市的生态文明水平。在这一背景下，了解上海地区野生动物种群的生存现状，研究其活动机制并在此基础上提出科学的保护策略是保障城市化进程中生态文明建设不可或缺的部分。

2. 研究目标和考核指标

2.1 研究目标

本项目将以上海作为代表性研究区域，探索城市哺乳动物群落对于人类活动的响应，识别致危因素并制定保护管理措施，为恢复城市生物多样性的提供保护方案；并且将带动社会组织及公众参与生物多样性的监测和管理，促进公众环境

教育发展。

2.2 项目内容

（一）、建立城市哺乳动物生物多样性数据库

使用红外触发相机作为野外调查主要手段。（根据多个城市化指标，将景观城市化程度分为高、中、低三个类型，每个类型选择 10 个调查小区。每个调查小区设置红外触发相机 10 台并收集粪便、毛发等样品，布设 20m×20m 植被样方记录植被信息和人类干扰状况）。

（二）、构建模型，识别关键恢复区域，提出保护建议

使用栖息地模型（Boosted Regression Tree, BRT），利用斑块破碎化指标、人类干扰指标、植被调查数据，评估物种对于人类干扰的响应，识别关键致危因素；采用电流模型（Circuit Model）识别关键栖息地、潜在廊道分布、瓶颈区域，评估不同栖息地恢复方案的优先级别和可行性，制定保护建议。

（三）、构建社区共管的团队

和上海市林业总站、市园林局等部门共同制定调查计划；整合高校学生社团、社区物业和城市公园管理局共同完成野外调查。为了构建多方参与，社区共管团队：（1）工作进行过程中，促成城市生物多样性监测工作纳入城市绿地的日常管理工作；（2）数据汇总分析的过程中，搭建数据共享平台；（3）保护管理策略制定过程中，联合政府以及社区共同识别物种的变化和受胁现状；

（四）、开展科普宣教

在《中国国家地理》等平面媒体、中央电视台《科学动物园》等栏目，用科普文章和节目嘉宾参与的方式，介绍城市兽类研究的相关成果；项目进行过程中，利用微博（粉丝数：11 万）、微信公众号（粉丝数：1 万）等新媒体手段随时报道研究进展；在社区设置展板。

3. 主要工作措施

课题确立后，为了保证课题研究的质量和整体研究水平，确保课题研究按计划完成，课题组与复旦大学生命科学学院马俊副研究员合作开展上海环境变化方面的研究；与北京大学山水自然保护中心合作开展上海地区城市中的野生动物调

查研究；与上海海洋大学的李晨虹教授合作开展上海环境 DNA 的研究。另外，课题组与上海动物园、上海植物园、滨江森林公园、共青森林公园、闵行体育公园等多处园林单位合作招募志愿者布设红外相机并开展线下宣讲会，获得了良好的社会反响。

4. 课题完成情况和主要研究成果

课题组经过这半年的努力，初步完成了课题所确立的考核指标，课题开展和完成基本情况见下表。

课题考核指标和完成情况

| 考核指标 | 完成情况 |
|---|---|
| 1. 兽类红外相机调查数据库一份；《上海及周边区域哺乳动物多样性报告》一份。 | 1. 完成初步构建兽类红外线触发相机数据库，并撰写《上海及周边区域哺乳动物多样性报告》 |
| 2. 《物种致危因素和保护建议报告》一份；SCI 或核心期刊文章 1-2 篇。 | 2. 已参与保护相关建议，《物种致危因素和保护建议报告》在完成之中；SCI 文章完成撰写并在投递中。 |
| 3. 建立起一支不同机构共同组成的调查监测团队，促进多机构合作和社区参与。 | 3. 已建立起一支不同机构共同组成的调查监测团队，并促进了多机构合作和社区参与。 |
| 4. 在《中国国家地理》等杂志发表科普文章 1-2 篇；《科学动物园》等节目录制 1-2 次；自媒体文章 3-5 篇，自媒体文章累计阅读量超过 50 万，在社会上产生积极影响，推动生态保护方面的科普宣教 | 4. 在众多电视台、杂志和各种新媒体平台等做逾 35 场次科普宣教活动。其余目标均已完成，详见终期技术报告 7.outputs 一节。 |
| | |

第二章 课题研究报告

1. 引言

城市(含市区和郊区)是人口高度密集的区域,也是生物多样性最容易被忽视的区域(林涓等,1999)。世界资源研究所(WRI)、世界自然保护联盟(IUCN)和联合国环境规划署(UNEP)联合制定的“全球生物多样性策略”中特别强调“保护生物多样性行动必须在由生态标准和社会标准共同确定的尺度上进行计划与完成,活动的地点不仅在荒芜的保护区,还应包括人们生活和工作地方”(世界资源研究所,1992)。改革开放以来,上海地区近半个世纪的高速发展使得人口的数量和密度均大幅度增长、城市面积扩大,原生自然植被带丧失,仅存的一些自然生境也深深烙上人类活动的印记,这进一步造成依赖于这些生境的中小型哺乳动物种类大大减少,有些动物估计已灭绝或濒临灭绝,如小灵猫等(上海农林局,2004)。但另外一些对人类环境适应能力较强的野生动物仍在上海地区生存,如貉(*Nyctereutes procyonoides*)、黄鼬(*Mustela sibirica*)和赤腹松鼠(*Callosciurus erythraeus*)等。

在上海地区前几次的动物普查中都显示,上海市中各地区(奉贤、南汇、宝山等)有貉、赤腹松鼠等的零星分布记录(张欣,2017)。近些年来随着对生态环境的逐渐重视,2009年上海本地物种獐(*Moschus moschiferus*)被重引入至上海松江浦南林地和浦东滨江森林公园进行野化训练,并于2010年在上海南汇东滩进行成功野放,后续针对其生境选择、种群特征和行为规律等也进行了一些研究(马飞雁等,2013;何鑫等,2016)。这一次尝试使得野生动物在上海生存成为可能和关注的焦点,但由于缺乏详细的研究和资料,上海地区野生动物的生存状况尚不明晰,有关野生动物的保护措施也几乎为零。因此,为了适应上海地区新一轮的城市发展规划的要求,我们将上海地区野生本土动物的保护纳入城市发展规划建设中去,以提高整个城市的生态文明水平。在这一背景下,了解上海地区野生动物种群的生存现状,研究其活动机制并在此基础上提出科学的保护策略是保障城市化进程中生态文明建设不可或缺的部分。

近20年来,红外相机技术已被广泛应用于国内的野生动物的监测研究中,积累了大量有时间记录的野生动物行为数据,从而促进了野生动物的活动节律和

同域种群中的时间生态位分化的深入研究(肖治术等, 2014; Steenweg et al., 2017)。这方面的研究相对来说已经较为成熟:如狼(*Canis lupus*)和麋鹿(*Cervus canadensis*)对人类活动的反应不同,在距离人类活动痕迹 50 米的区域,狼和麋鹿都相互回避,在距离人类活动痕迹 50-400 米的区域,低水平的人类活动导致不同的反应;狼避开了这些区域,而麋鹿似乎利用这些区域作为逃避捕食的避难所,因为人类活动增加到每小时两人以上,距离小径 50-400 米的区域被两个物种相互避开,导致重要的山地栖息地的间接丧失 (Rogala et. al., 2011); 人类活动在一系列如食物供应、生长繁殖、栖息地选择、种内相互作用和捕食风险等驱使赤狐(*Vulpes vulpes*)调整其活动节律的因素中占主导地位,赤狐是以黄昏和夜间活动为主的动物,其昼间活动在人类干扰水平较高的地区减少,在适宜其活动的生境中增加(Díaz et al. 2016); 袋獾(*Tasmanian devil*)作为顶级捕食者,在竞争者和被捕食者中引起回避行为,这可能导致生态位的分割和某种程度上促进共存 (Cunningham et. al., 2019)。野生动物的时间生态位的适应是复杂多样的,受捕食、竞争和共存的影响,这一点在城市化进程中尤其值得注意。

同时,栖息地物种生存的基础,栖息地是指生物的居住场所,即生物个体、种群或群落能在某一生活史阶段(比如繁殖期、越冬期)所占据的环境类型、进行各种生命活动的场所,作用在于能为物种提供充足的食物资源、适宜的繁殖地点、躲避天敌和不良气候的保护条件等一系列可保证生存和繁殖的基本条件。栖息地丧失和栖息地环境恶化被认为是导致生物多样性丧失的主要原因之一(Su et. al., 2012)。

在适宜栖息地的基础上,城市还应建立联通各破碎化生境的生态廊道,生态廊道具有保护生物多样性、过滤污染物、防止水土流失、防风固沙、调控洪水等多种功能。建立生态廊道是景观生态规划的重要方法,是解决当前人类剧烈活动造成的景观破碎化以及随之而来的众多环境问题的重要措施。伴随着上海的高速城市化,当地人类活动造成的景观破碎化已成为众多环境问题的根源。通过建立生态廊道实现生物多样性保护、河流污染控制等多种生态功能,同时满足人类日益增长的亲近自然的需要,已成为现代景观及城市规划领域的共识(Harris et al., 1991)。

2. 材料与方 法

2.1 野生动物分布调查

为了解野生动物在上海的种类和分布情况,本项目通过红外相机法来收集相关信息。自 2020 年 3 月 15 日至 2021 年 1 月 15 日期间共布设红外相机 58 台,调查区域包括闵行体育公园、顾村公园、浦江郊野公园、世纪公园、上海植物园、复旦大学江湾校区、复旦大学邯郸校区、杨浦滨江等,并配合临港片区、海湾森林公园调查监测,其中滨江森林公园、共青森林公园和上海动物园各 5 台(图 1),为了减少同一野生动物活动的重复记录,以 30 分钟间隔拍摄的照片作为独立捕捉照片,即同一相机在 30 分钟内多次拍摄同一种或几种野生动物的照片,只保留一张可分辨物种最多的照片(Michalski & Peres, 2007)。同时我们利用物种累积曲线(species accumulation curve, SAC)来监测抽样的随机性。其原理是在已有采集记录中随机取样,随着抽样强度增加,物种丰富度积累亦增加,SAC 是理解调查样地物种组成和预测物种丰富度的有效工具,被广泛用于在生物多样性和群落调查中的抽样充分性的判断以及物种丰富度的估计(李巧等, 2009)。

定义单台红外相机在野外连续工作 24 h 算作 1 个有效相机工作日(camera day, CD), 每台相机在 30 min 内拍摄到的同一物种照片定义为 1 次独立探测图像(independent photograph, IP)(O'Connell et al, 2011), 并以此计算物种的相对多度指数(relative abundance index, RAI)(李晟等, 2016)。

$$RAI = IP/CD \times 1000$$

本研究采用的假设为:对于每一个区域,取样越不完整则对应的物种累积曲线越近于直线,而取样越完整则与之对应的物种累积曲线的弯曲度越高,物种累积曲线的弯曲程度可以用物种累积曲线尾端 10%的斜率表示。本次监测将所获鸟兽物种总数以 30 个相机日为一次积累调查,并相应记录各物种出现频次,结果生成矩阵,物种累积曲线用 R 程序包“vegan”中的“specaccum”函数构建,该方法计算的是当对区域的样本进行重抽样时,抽取 n 个个体时,这 n 个个体包含的平均(或期望)物种数量。构建光滑的物种累积曲线的假说前提是标本采集和物种的分布在时间和空间上都是随机的(Colwell & Coddington, 1994; Gotelli & Colwell, 2001)。计算物种累积曲线尾端 10%部分的平均斜率来表示物种各累积曲线的弯曲程度,代表区域采集数据的不完整程度。当斜率值近于 0

时，说明取样较为完整，而当斜率近于 1 时，说明取样十分不完整。该斜率值还意味着如果采集强度变化，有新物种被发现的概率。将物种累积曲线尾端 10% 斜率域值定义为 0.05，当斜率值小于或等于 0.05 (SAC slope \leq 0.05) 时，认为该区域的采集数据较为完整，斜率值大于 0.05 (SAC slope $>$ 0.05) 时，则认为该区域的采集数据不完整(尹朝露等，2018)。

此外，我们选择貉作为上海市哺乳动物的代表物种，上海市林业局登记了 2019 年至 2020 年上海市区 215 只貉出没的地点和日期。貉的存在意味着至少有一只貉在某个时间出现在公共街道上，活着，受伤或死亡（例如车祸后）。大部分目击事件是市民通过拨打当地紧急电话（021-12345）举报的。同时，我们还配合山水保护中心开展貉调查活动。志愿者们参观并收集了貉的目击信息和巢穴。这项工作在网上（微博、微信和 blibli 中的问卷调查）和线下（面对面访谈；邀请野生动物科学家进行线下实地调查）进行。貉的存在被去重处理以避免空间上重复，具体方法为如果两个或多个数据在两小时内发生在彼此相距 500 米的范围内，则只保留一个存在。因此，在登记的 255 个存在中，只有 74 个最终被纳入分析（图 2）。

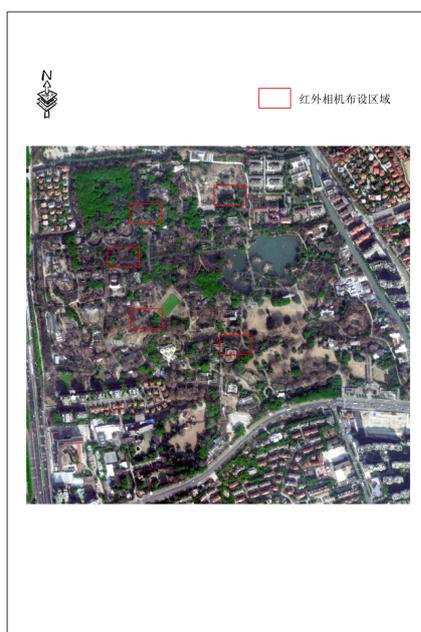


图 1 上海动物园红外相机布设示意图

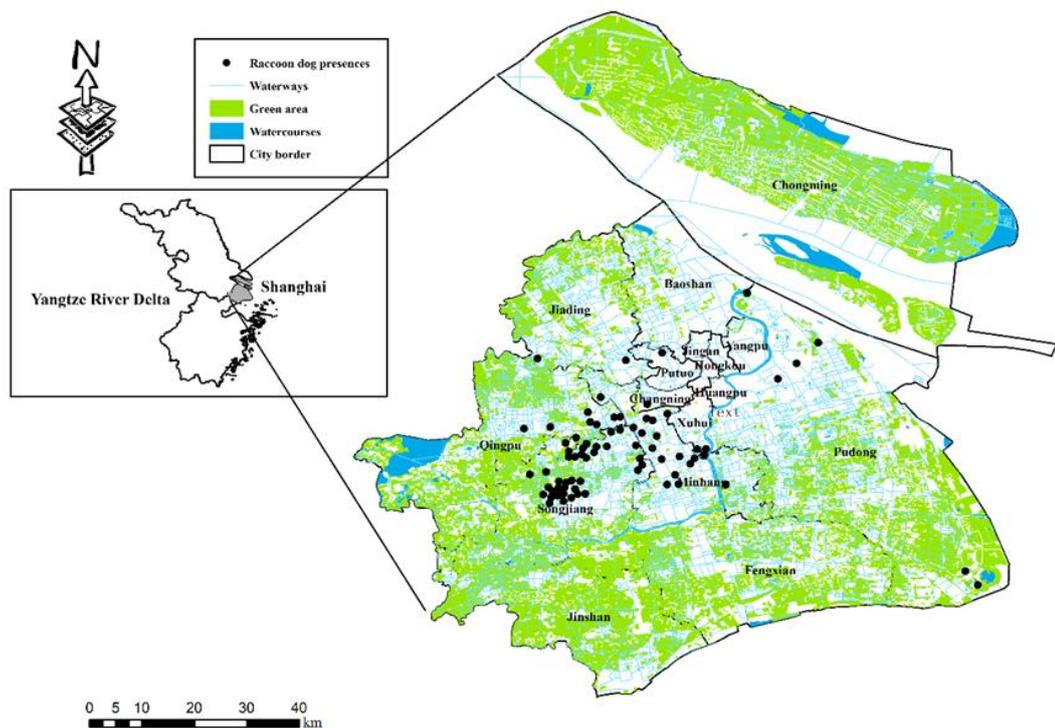


图 2 上海貉分布点位和虚拟点位示意图

2.2 野生动物的节律研究

根据每 30 分钟计算一次观测数据的原则，剔除重复数据。为了消除时间差，我们将当地时间转换为世间时间（格林威治时间，GMT），即平均太阳时间，然后根据观测点的经纬度将太阳时间转换为真太阳时(Nouvell et al., 2012)。

通过对野生动物活动的分析，揭示了不同动物的活动节律。物种活动的概率密度函数是通过使用核密度估计从它们的检测记录中通过非参数估计计算出来的(Ridout et. al., 2009)。利用重叠参数(Δ)表征不同野生动物昼夜节律的重叠程度， Δ 值范围为 0(未重叠)至 1(完全重叠)。我们通过随机抽取 95% 的点并迭代 500 次得到它显著性，这些分析在 R 3.0.1 中使用 overlap 包(Linkie&Ridout, 2011) (<http://www.kent.ac.uk/ims/personal/msr/overlap.html>) 进行。

2.3 城市兽类对人类活动的响应

在的到貉的真实存在点位之后，根据背景点数量一致的规则规则选择同等数

量的点作为虚拟点位，与真实点位相对应，使用包括城市食物来源、景观构造、廊道、人口指数这 4 类总计 11 个变量并进行 T 检验以验证有/无貉存在点位变量差异性，使用方差膨胀因子法统计变量间共线性 (Variance Inflation Factor, VIF) (表 1)。

| 环境因子类型 | 变量解释 | 来源 | 均值 ± 标准差 | | P-值 | VIF |
|--------|------------------------------|-----|----------------------|----------------------|-------|-------|
| | | | 存在 | 虚拟点 | | |
| 城市食物 | 水源面积 (Water500, in ha) | OSM | 2.99 (±4.415) | 0.640 (±1.836) | 0.000 | 1.134 |
| | 建筑面积 (Build500, in ha) | OSM | 1.717 (±3.391) | 0.751 (±2.228) | 0.043 | 1.155 |
| 栖息地结构 | 绿地面积 (Green500, in ha) | GLC | 11.376 (±17.322) | 37.749 (±28.076) | 0.000 | 2.290 |
| | 归一化植被指 数 | | 0.486 (±0.132) | 0.560 (±0.254) | 0.029 | 1.951 |
| | 海拔 | | 7.635 (±14.347) | 3.068 (±9.738) | 0.025 | 1.231 |
| | 坡度 | | 0.18 (±0.29) | 0.05 (±0.13) | 0.000 | 1.402 |
| | 坡向 | | 0.88 (±0.52) | 1.07 (±0.25) | 0.006 | 1.383 |
| 迁移廊道 | 河道距离 (DistW, in m) | OSM | 234.076 (±219.520) | 552.501 (±589.660) | 0.000 | 1.891 |
| | 道路距离 (DistR, in m) | OSM | 78.785 (±73.626) | 440.252 (±805.879) | 0.000 | 1.608 |
| 人口指数 | 人口数量 (Pop) | OSM | 4059.444 (±4032.452) | 4095.332 (±4942.502) | 0.961 | 1.203 |
| | 夜间灯光 (NtL) | GEE | 31.319 (±10.238) | 13.219 (±18.972) | 0.000 | 2.291 |

2.2 野生动物的节律研究

将貉的点位和环境变量代入，建立增强回归树 (Boosted Regression Trees, BRT)，以此得到影响貉分布的主要变量，同时预测其潜在生境 (Barbet-Massin et al., 2012)。之后，我们根据潜在生境的适宜度指数图，运用电流模型，生成适宜其生存迁移的生态廊道，并以此提出保护建议。

3. 研究结果

3.1 野生动物相对多度和物种积累曲线

自 2020 年 3 月 15 日至 2021 年 1 月 15 日期间共布设红外相机 58 台, 调查区域包括闵行体育公园、顾村公园、浦江郊野公园、世纪公园、上海植物园、复旦大学江湾校区、复旦大学邯郸校区、杨浦滨江等, 并配合临港片区、海湾森林公园调查监测, 有效相机工作日共 2,926 天, 独立有效照片数为 1,596 张, 以此计算各个野生动物的相对多度指数如表 2 所示。此处豪猪为动物园逃逸物种, 不属于野生动物, 猫狗为作比较加入。从表中可以看出, 刺猬、黄鼬和獐是相对多度最高的三种野生动物。同时我们按照 30 个有效相机日为一个调查周期计算物种累计曲线(图 3), 将物种累积曲线尾端 10% 斜率域值定义为 0.05, 当斜率值小于或等于 0.05 ($SAC\ slope \leq 0.05$) 时, 认为该区域的采集数据较为完整, 物种积累曲线结果显示, 监测物种数在 90 天内快速增长, 120 天后变为渐近线且数目达到最大, 对于适用于红外相机监测的城市野生动物而言, 表明其监测取样充分。

表 2 各物种相对多度指数

| 野生动物 | 有效照片数 | 相对多度指数 |
|-------|-------|----------|
| 红胁蓝尾鸂 | 1 | 0.341763 |
| 白腹鸂 | 4 | 1.367054 |
| 狗獾 | 7 | 2.392344 |
| 赤腹松鼠 | 7 | 2.392344 |
| 豪猪 | 9 | 3.075871 |
| 獐 | 10 | 3.417635 |
| 鹊鸂 | 35 | 11.96172 |
| 怀氏虎鸂 | 36 | 12.30349 |
| 灰喜鸂 | 40 | 13.67054 |
| 刺猬 | 59 | 20.16405 |
| 狗 | 101 | 34.51811 |
| 黄鼬 | 158 | 53.99863 |
| 珠颈斑鸂 | 181 | 61.85919 |
| 乌鸂 | 280 | 95.69378 |
| 猫 | 573 | 195.8305 |

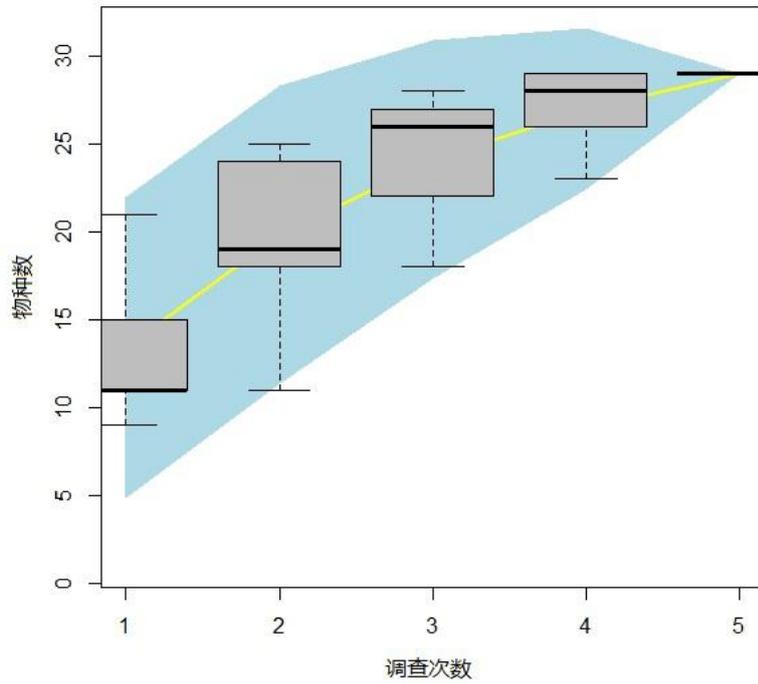


图 3 物种积累曲线

3.2 野生动物活动节律分析

我们选择了猫、狗、黄鼬和珠颈斑鸠作时间节律上的比较。在猫和黄鼬比较时，发现两者有较高的重叠度($\Delta=0.532$, $p<0.05$)；猫和珠颈斑鸠的时间节律则完全错开，重叠度趋近于 0($\Delta=0.001$, $p<0.05$)；狗和黄鼬的重叠度不到 0.5，几乎不会相遇($\Delta=0.389$, $p<0.05$)；在狗和珠颈斑鸠的比较重，发现狗和珠颈斑鸠的重叠度比较高，达到了 0.8 左右($\Delta=0.0781$, $p<0.05$)(图 3 物种时间节律重叠度)。

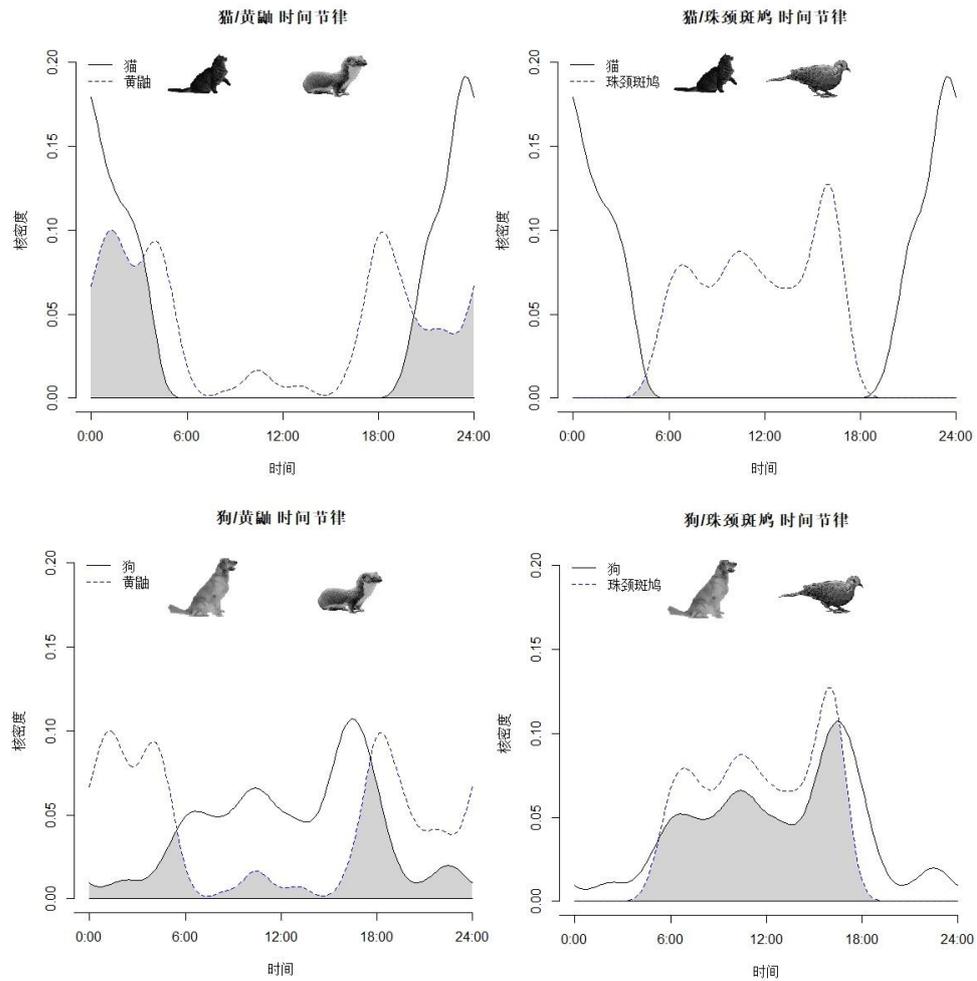


图 3 野生动物活动节律比较

3.3 城市兽类对人类活动的反馈

在对貉进行的单独分析中，发现在观测点和虚拟点位的比较中，水源面积，建筑面积，绿地面积，归一化植被指数，海拔，坡度，坡向，距河道距离，距道路距离，夜间灯光这些因子均存在显著差异 ($P < 0.005$)，同时根据增强回归树模型预测，貉的出现概率随夜间灯光、坡度、水源面积增大而增加；随距道路距离、距河道距离、绿地面积、建筑物面积增大而减小。

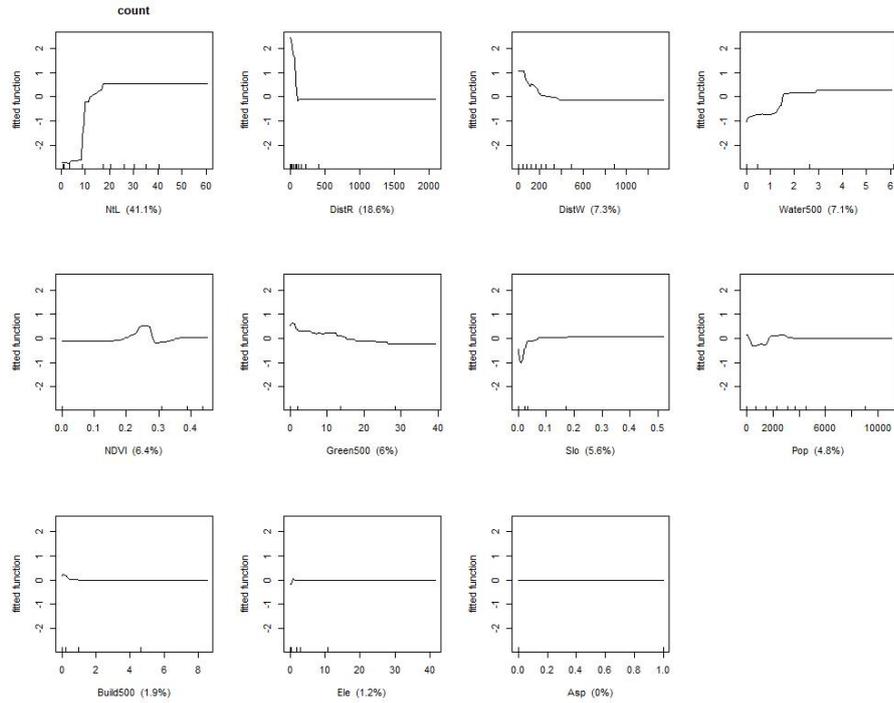


图 4 貉对环境的响应

3.4 适宜生境和生态廊道格局

根据增强回归树,对貉的适宜生境进行了预测,发现出现已大量出现的松江、青浦等区域外,静安、普陀、杨浦等区域为其潜在分布区,同时浦东新区也有较大可能存在貉种群(图 5)。将生境适宜度指数图加入电流模型建模后,得到成对的迁移廊道,发现迁移廊道主要存在于貉种群分布较多的松江、闵行、长宁等区域,青浦和浦东新区也有较大概率为貉所使用的生态廊道存在,这有利于貉种群的对外扩张(图 6)

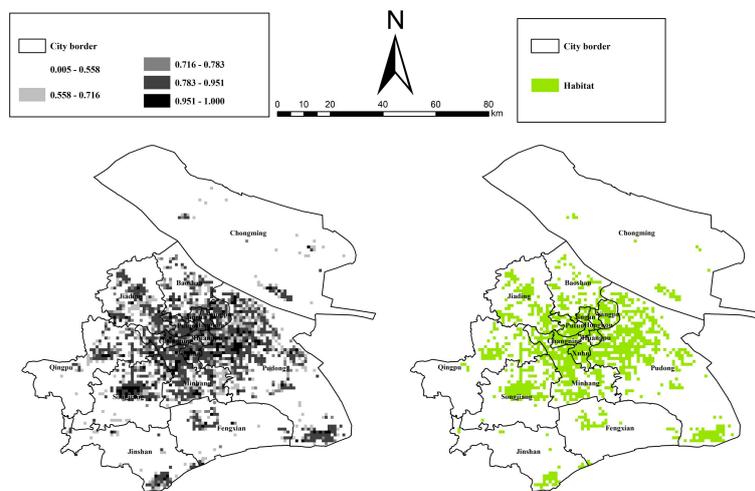


图 5 貉的适宜生境

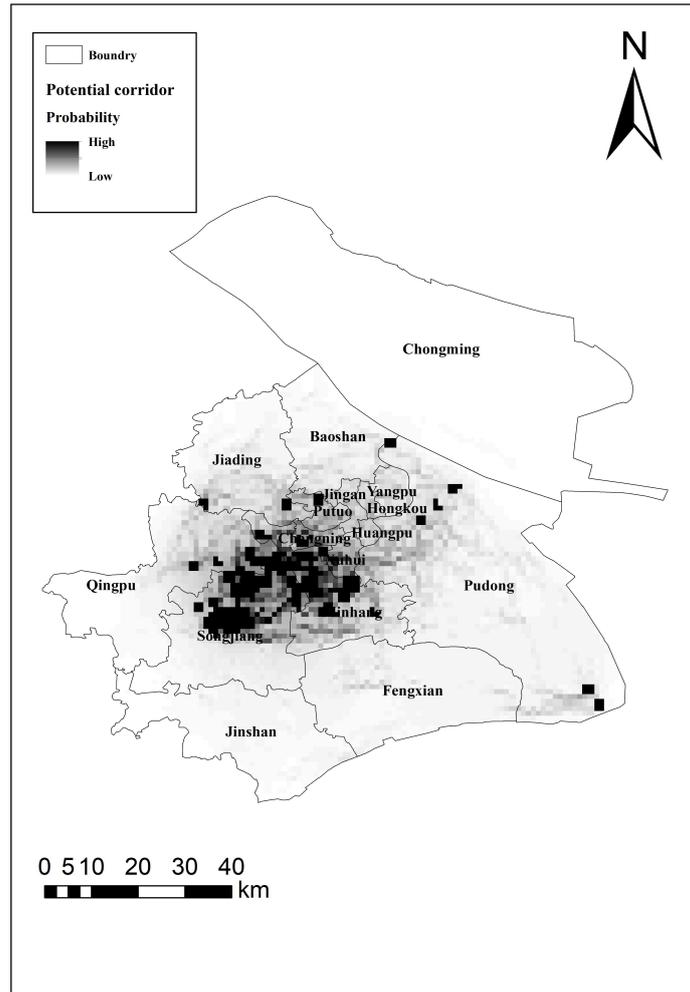


图 6 貉的迁移廊道

4. 讨论

4.1 野生动物同域共存

在上海地区这一次的调查研究中，发现流浪猫狗有着最高的相对多度，这可能与城市中野生动物对红外相机较为敏感有关。如嗅觉灵敏的物种可能察觉相机散发的塑料或金属气味，以及其上附着的人类气味 (Séquin et al., 2003; Larrucea et al., 2007)，并导致个体行为的改变。此外，调查人员在相机周围活动可能会导致动物避开相机，而多次使用食物诱饵或引诱剂则会使动物将“相机出现”与“食物”或气味联系起来，增加动物被红外相机“捕获”的几率，我们考虑在后续的工作中是当地使用气味剂以吸引动物增加访问率 (Meek et al., 2014)。值得注意的是，相机工作时产生的红外光、声波以及超声波虽然超出了

人类的感知范围，但有些动物却能感觉到。尽管红外相机并不发出可见的闪光，但一些夜行性动物仍然可以看见其触发时发出的红外光(Hemmi et al., 2000; Newbold & King, 2009)。

本次调查研究的物种积累曲线结果显示，上海区域野生动物物种数在红外相机累计工作 120 天之后趋于稳定。这一点和在其他地区不同的监测方案中，也有类似的结果，通常于 100 天内大多数兽类物种都已记录到且在 300 天内变为一渐近线(周磊等，2018; 肖治术等，2019)。

4.2 时间生态位分化的原因

我们采取野生动物物种之间比较的方法来进行活动节律的研究。我们发现黄鼬和猫有一定的活动时间上的重叠，特别是在 18:00-6:00 这一时间段，黄鼬是夜行性的动物，食性很杂，在野外通常以老鼠和野兔为主食，这和猫在一定程度上有食性的重叠，作为广布种两者能一定程度上同域生存(盛和林，1984)。猫和珠颈斑鸠则是明显的时间逃逸关系，珠颈斑鸠的活动时间完全避开作为捕食者的猫，其巢址选择的主要因素有 6 种: 栖位与巢周隐蔽因子、巢下隐蔽因子、光照因子、人为活动因子、食物因子和营巢树因子，后续可开展珠颈斑鸠巢址和猫的活动区域的研究(周友兵等，2006)。狗则和黄鼬、珠颈斑鸠的时间生态位都有一定的重叠，有可能是其食物充足导致活动节律的一定程度重叠。

4.3 城市兽类的栖息地和迁移廊道要素分析

河流和道路作为城市兽类运动的通道或走廊(Rosenberg et al., 1997)，增加了景观的连通性(Beier and Noss, 1998)，将促进貉进入城市。由于资源分散，貉在城市核心地区的迁移更多(Podgorski et al., 2013)。因此，貉更容易在由不同和分散的斑块类型组成的景观中找到一个合适的斑块(例如有植被覆盖、食物或水资源)，而不是一大片单一的斑块(即有大型建筑 and 没有绿地的建成区)。根据我们的模型，在上海的碎片化地区，貉出现的概率较高，这可能是由于在遂破碎化的城市景观中更容易找到分散的资源 and/或貉更容易迷失方向。夜间灯光是模型中解释度最高的因素，因为貉可能会利用人类的食物残渣和投喂的猫粮作为稀缺时期的食物和水的来源，正如 Cahill 等人(2012)所提出的那样。此外，

绿地也可以作为白天休息的区域，就像城市适应性红狐 (*Vulpes Vulpes*) 在城市环境中的做法一样 (Marks and Bloomfield, 2006)。貉的廊道覆盖区域较大，但密度较为集中，这表明貉的基因交流主要来自于更邻近的种群。

第三章 后续工作

本次调查除市区中心区域的黄浦区、静安区以及崇明区外，其他各区都有貉的分布，每个调查区域均有黄鼬存在，上海市动物园有野生狗獾生存，国家森林公园有重引入的獐活动。因此，根据本次调查结果，现就上海野生动物的保护策略建议如下。

1、适时启动上海地区野生动物的整体保护规划

这些年发现野生动物的地点多为绿化较好的居民区。作为上海本土的中小型哺乳动物，貉、黄鼬、狗獾等在上海地区自然生态系统中处于食物链的顶层，它们的食性相对较杂，同时偏爱取食人类丢弃的生活垃圾，成为维系上海自然生态系统平衡的关键物种，作为研究城市化发展对野生动物生存影响和野生动物对城市化的适应性改变这两者间的相互作用机制的重要指示物种，具有重要的科学研究价值。为了进一步保护好上海这一类重要野生动物，急需要对上海地区野生动物的保护进行整体规划，以便为野生动物种群的持续发展创造生存空间，减少野生动物与人类的冲突，建立一个人与野生动物和谐共处的和谐自然家园。

2、大型绿地建设过程中需要为野生动物预留空间

目前已有规划将上海地区的 1/3 的农田建成森林，因此在外来的十年，上海地区的绿地将会大大扩大，这将成为上海地区野生兽类的重要栖息地。在森林景观的规划中，需要注意层次性和多样性的结合，同时做好外来物种入侵的防治。加强对本土物种的保护以及留下必要的迁移廊道等。

3、加强野生动物的保护宣传

伴随着上海地区农田生境逐渐变为高密度的人类生活社区，人与野生动物的冲突也越来越多，加强野生动物的基本常识宣传和保护教育，让市民增加对野生动物的认识，降低居民对野生动物的捕杀和对貉巢穴的破坏。同时在人兽冲突比

较严重的居民区，培养志愿者进行协调或者是完备生态补偿机制，在与北京大学山水保护中心的合作中，我们已经招募了第一批约 50 位志愿者参与进来，他们将成为推动上海市保护野生动物的公民力量，以及本年度完成的重点物种调查工作：

貉：开展全市野生貉摸底调查，研究人员和市民志愿者一起完成了超过 300 个城市社区的貉调查，在 137 个区域发现了貉的分布；和市林业站合作为两只救助貉佩戴 GPS 追踪颈圈并放归，貉在城市活动数据已成功回收；在米兰诺贵都和御上海等区域进行貉越冬行为观察；

小灵猫：调查复旦大学江湾校区与江湾湿地。

狗獾：调查奉贤狗獾栖息地。

杨浦滨江生物多样性调查；

完成鸟类调查样线 8 条；红外监测位点 8 个；入侵植物物种调查。

4、在教育场所进行直接观测

本次为了更好地宣传保护野生动物的重要性，与复旦大学自然观察社团合作，在复旦大学开展校园生物多样性调查；

第一期招募 25 名成员

第二期招募 21 名成员。

在复旦校园内布设 18 台红外相机，邯郸小区 5 台，江湾校区 13 台

截止目前，共收集七万余张校园野生动物照片，总计 402.55G

发现了小灵猫、乌鸫、黄鼬、小灵猫、灰喜鹊、珠颈斑鸠、棕背伯劳、猫、东北刺猬、山斑鸠、丝光椋鸟等、白头鹎、狗、麻雀、鹊鹑、黑尾蜡嘴雀、戴胜、八哥、棕背伯劳等校园野生动物。

截止目前共举办了七次讲座，分别为《如何进行科普写作》、《西藏、甘肃雪豹的种群分布与遗传多样性珠峰自然保护区雪豹种群及栖息地调查》、《复旦常见蝴蝶及其识别》、《摄影和剪辑的科普讲座》、《植物的无声掠夺》、《认识身边的鸟儿：鸟类基础知识&鸟类辨识入门》、《中国理论大讲堂 | 从荒野到城市：变化中的自然中国》

年底将会于光华大道前举办《复旦自然生态科考协会：校园科学家常见校园野生动物调查（一）》的摄影展。计划展出戴胜、棕背伯劳、乌鸫、丝光椋鸟、

白头鹇、珠颈斑鸠、黑水鸡、黄鼬、灰喜鹊、小灵猫、夜鹭、刺猬十二种野生动物的图片，并对其进行介绍。展览末尾则是倡导全体师生保护野生动物、与自然和谐相处的倡议书。这类活动可以帮助更好地吸引年轻学生加入保护行动，培养保护意识，深入了解自然。

参考文献

- Barbet-Massin, M., Jiguet, F., Albert, C. H. & Thuiller, W. Selecting pseudo-absences for species distribution models: how, where and how many? *Methods Ecol. Evol.* (2012)3, 327–338.
- Beier, P., Noss, R.F., 1998. Do habitat corridors provide connectivity? *Conserv. Biol.* 12: 1241–1252.
- Cahill, S., Llimona, F., Cabañeros, L., Calomardo, F., 2012. Characteristics of wild boar (*Sus scrofa*) habituation to urban areas in the Collserola Natural Park (Barcelona) and comparison with other locations. *Anim. Biodivers. Conserv.* 35, 221–233.
- Colwell RK, Coddington JA Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* . (1994) 345, 101-118.
- Cunningham CX, Scoleri V, Johnson CN, Barmuta LA, Jones MEJE. Temporal partitioning of activity: rising and falling top - predator abundance triggers community - wide shifts in diel activity. (2019) 42:2157-2168.
- Díaz - Ruiz F, Caro J, Delibes - Mateos M, Arroyo B, Zoology PFJJo. Drivers of red fox (*Vulpes vulpes*) daily activity: prey availability, human disturbance or habitat structure? (2016) 298.
- Gotelli NJ, Colwell RK Quantifying biodiversity: procedures and pitfalls in the measurement and comparison of species richness. *Ecology Letters* (2001) 4, 379-391.
- Harris LD, Scheck J. From implications to applications: the dispersal corridor

- principle applied to the conservation of biological diversity. In: Saunders DA and Hobbs R J eds. Nature conservation: the role of corridors. Surrey Beatty and Sons. Australia; Chipping Norton, NSW(1991), 189-200.
- Hemmi JM, Maddess T, Mark RF Spectral sensitivity of photoreceptors in an Australian marsupial, the tammar wallaby (*Macropus eugenii*). *Vision Research*. (2000) 40, 591–599.
- Larrucea ES, Brussard PF, Jaeger MM, Barrett RH Cameras, coyotes and the assumption of equal detectability. *Journal of Wildlife Management*. (2007) 71, 1682–1689.
- Marks, C.a., Bloomfield, T.E., 2006. Home-range size and selection of natal den and diurnal shelter sites by urban red foxes (*Vulpes vulpes*) in Melbourne. *Wildl. Res.* 33:339–347.
- Meek PD, Ballard G, Fleming PJS, Schaefer M, Williams W, Falzon G Camera traps can be heard and seen by animals. *PLoS ONE*. (2014) 9, e110832. doi: 10.1371/journal.pone.0110832.
- Michalski F, Peres CAJCB. Disturbance - mediated mammal persistence and abundance - area relationships in Amazonian forest fragments. (2007) 21:1626-1640.
- Newbold HG, King CM .Can a predator see ‘invisible’ light? Infrared vision in ferrets (*Mustela furo*). *Wildlife Research*. (2009) 36, 309–318.
- Nouvellet P, Rasmussen G, Macdonald D, Courchamp FJJoz. Noisy clocks and silent sunrises: measurement methods of daily activity pattern. (2012) 286:179-184.
- O’Connell AF, Nichols JD, Karanth KU. *Camera Traps in Animal Ecology: Methods and Analyses*. Springer, New York. (2011).
- Okarma, H., 2013. Spatiotemporal behavioral plasticity of wild boar (*Sus scrofa*) under contrasting conditions of human pressure: primeval forest and metropolitan area. *J. Mammal.* 94:109–119.
- Rogala JK, Hebblewhite M, Whittington J et.al. Human activity differentially redistributes large mammals in the Canadian Rockies National Parks. (2011) 16.
- Rosenberg, D.K., Noon, B.R., Meslow, E.C., Rosenberg, D.K., Noon, B.R., Meslow,

- E.C., 1997. Biological Corridors: Form, Function, and Efficacy. 47:pp. 677–687
- Séquin ES, Jaeger MM, Brussard PF, Barrett RH. Wariness of coyotes to camera traps relative to social status and territory boundaries. *Canadian Journal of Zoology*. (2003) 81, 2015–2025.
- Steenweg R, Hebblewhite M, Kays R et.al. Scaling-up camera traps: Monitoring the planet's biodiversity with networks of remote sensors. *Frontiers in Ecology and the Environment*. (2017) 15, 26–34.
- Su L Y, Zou H F et.al. Status, threats and conservation needs for the continental population of the Red—crowned Crane. *Chinese Birds*, (2012) 3, 147—164.
- 高耀亭等. 中国动物志, 兽纲-第八卷(食肉目). 北京: 科学出版, 1987, 64-71.
- 何鑫, 裴恩乐, 袁晓, 等. 上海地区重引入獐野放后的活动规律[J]. *动物学杂志*, 2016, 51(1):1-13.
- 李巧, 陈又清, 徐正会. 蚂蚁群落研究方法[J]. *生态学杂志*, 2009, 28(09):1862-1870.
- 李晟, 王大军, 卜红亮, 刘小庚, 靳彤. 四川省老河沟自然保护区 兽类多样性红外相机调查. *兽类学报*, 2016, 36, 282 - 291.
- 马飞雁, 余晓俊, 陈珉, 等. 圈养獐春夏季昼间行为时间分配及活动节律[J]. *兽类学报*, 2013, (1):33-39.
- 钱吉, 汪敏, 唐礼俊, 等. 城市发展与生物多样性保护[J]. *自然杂志*, 1997(3):173-174.
- 世界资源研究所 (WRI), 国际自然与自然资源保护联盟 (IUCN), 联合国环境规划署(UNEP). 全球生物多样性策略. 北京: 中国标准出版社, 1992, 65-79 .
- 肖治术, 李欣海, 姜广顺. 红外相机技术在我国野生动物监测研究中的应用. *生物多样性*, 2014, 22, 683 - 684.
- 肖治术, 陈立军, 宋相金, 束祖飞, 肖荣 高, 黄小群. 基于红外相机技术对广东车八岭国家级自然保护区大中型兽类与雉类的编目清查与评估. *生物多样性*, 2019, 27, 237 - 242.
- 尹朝露, 刘雨晴, 肖翠. 国家标本资源共享平台兰科植物标本记录采集地理偏差及其环境因子解释[J]. *科研信息化技术与应用*, 2018, 9(5): 64-71.
- 张欣, 刘群秀, 耿广耀, 等. 上海动物园赤腹松鼠冬季生境特征初探[J]. *经济动*

物学报, 2017, 21(2): 81-86.

周磊, 万雅琼, 洪欣, 张恒, 钱立富, 王陈成, 孔政, 赵凯, 李佳琦, 张保卫利用
红外相机技术对安徽省鹞落坪国家级自然保护区大 中型兽类及林下鸟类的
调查. 生物多样性, 2018, 26, 1338 - 1342.

周友兵, 张璟霞, 索建中,等. 四川南充市区珠颈斑鸠的繁殖生态学和巢址选择[J].
动物学杂志, 2006, 41(3).