

DOI: 10.5846/stxb201811222538

邱胜荣.基于 logistic 模型的中国自然保护区增长动态分析.生态学报,2020,40(3):1015-1020.

Qiu S R.Dynamic analysis of the natural reserves growth based on logistic model in China.Acta Ecologica Sinica,2020,40(3):1015-1020.

基于 logistic 模型的中国自然保护区增长动态分析

邱胜荣*

国家林业和草原局调查规划设计院,北京 100714

摘要:中国自然保护区建设已由数量扩张型进入质量效益型的新阶段,运用自然保护区统计年鉴数据,基于 logistic 模型,借助 R 语言,对自然保护区发展上限进行了估算。同时,运用高等数据曲线曲率求导方法,对发展阶段进行划分,对持续时长和增长速度进行了测算。结果表明:①面积理论饱和值为 15470.00 万 hm^2 ;②将自然保护区发展历程分为缓慢起步期(1956—1989 年)、快速发展期(1990—2008 年)和稳定完善期(2009—至今);③目前则处于稳定完善期,面积已渐近饱和值,数量仍在小幅度增加。希望本研究结果能为自然保护区主管部门制定管理政策、规划以及整合组建以国家公园为主体的自然保护地体系提供参考。

关键词:自然保护区;增长;动态分析;logistic 模型;中国

Dynamic analysis of the natural reserves growth based on logistic model in China

QIU Shengrong*

Academy of Forest Inventory and Planning, National Forestry and Grassland Administration, Beijing 100714, China

Abstract: The development of nature reserves in China has entered a new stage of quality-benefit model from the quantitative expansion. Based on the logistic model and R language, this paper estimated the upper limit of development of nature reserves by using the statistical yearbook data of nature reserves. At the same time, the curvature derivative method of high data curve was used to divide the development stage, and to measure the continuous growth and growth rate. The results show that: (1) the theoretical saturation value of the area was 15470.00 million hectares. (2) The development process of the nature reserves was divided into slow beginning period (1956—1989), rapid development period (1990—2008), and stable improvement period (2009—now). (3) At present, it is in a stable and improvement period. The area of nature reserves has been gradually saturated. The number is still increasing slightly. We hoped that our results of this study can provide a reference for the competent authorities of nature reserves to formulate management policies and plans and integrate the establishment of a nature reserve system with the national parks as the main body.

Key Words: natural reserves; growth; dynamic analysis; logistic model; China

自然保护区是指对有代表性的自然生态系统、珍稀濒危野生动植物种的天然集中分布区、有特殊意义的自然遗迹等保护对象所在的陆地、陆地水体或者海域,依法划出一定面积予以特殊保护和管理的区域。根据 IUCN 自然保护地分类标准,中国自然保护区属第 I 类自然保护区,即严格意义的自然保护区^[1]。自 1956 年建立第一个自然保护区以来,经过 60 多年的发展实践,已由最初的森林和野生动物类型逐步发展为涵盖森林生态、野生生物、自然遗迹三大类,森林、湿地、荒漠、草原、海洋、野生动物、野生植物、地质遗迹和古生物遗迹 9 种类型的完整体系。截至 2017 年底,各级各类自然保护区达到 2750 处,总面积 14700.00 万 hm^2 ,约占陆地

收稿日期:2018-11-22; 网络出版日期:2019-11-20

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: qiushengrong@126.com

国土面积的 14.8%, 高于全球平均水平 13.40%^[2]。自然保护区是中国自然保护地体系的主体, 党的十九大报告提出要建立以国家公园为主体的自然保护地体系, 2018 年 3 月中共中央印发的《深化党和国家机构改革方案》, 将相关部门管理的自然保护区、风景名胜区、自然遗产、地质公园等保护地划转国家林业和草原局统一规范管理。因此, 探索自然保护区的演进过程、发展变化规律以及前景预测, 关系到由以自然保护区为主体向以国家公园为主体、自然保护区为基础、各类自然公园为补充的自然保护地体系转变的实现, 对主管部门充分认识自然保护区演化规律, 明晰发展阶段特征及未来前景, 制定自然保护区保护发展政策、国家公园整合组建以及整合优化自然保护地体系具有重要意义。

目前, 专家多从自然保护区数量的变化分析自然保护区发展的阶段性特征过程^[3-9], 属于回顾性研究, 未见关于自然保护区发展水平、速度与前景预测的报道。鉴此, 本研究拟根据自然保护区历史数据, 从面积和数量的动态变化两方面考虑, 运用 logistic 模型、R 语言, 采用回归分析方法, 找出演进过程关键点, 划分发展阶段, 探讨各发展阶段持续时间及速度, 同时, 从理论上估算面积饱和值, 预测未来态势, 结合分析结果为主管部门科学制定差别化的生态保护修复、政策和发展战略提供参考。

1 研究方法 with 数据来源

1.1 研究方法

1.1.1 自然保护区演进 logistic 模型

Logistic 模型是描述一种事物受资源和环境约束, 呈现 S 型增长的发展过程, 源于描述生物种群生长增长规律, 由于其体现的事物演进过程中考虑了资源环境对事物的阻滞作用, 预测方法科学、预测结果误差小, 常用于商业组织、文化传播、生态学、流行病学、人口学以及空间扩散等众多研究领域^[10-12]。由于受资源环境、经济社会发展和国家政策影响和限制, 自然保护区发展过程满足 Logistic 模型, 包括面积和数量两个方面的发展。

自然保护区增长关于时间变量 t 的 logistic 增长模型表达式:

$$U(t) = \frac{K}{1 + e^{-a-bxt}} \quad (1)$$

式中, U 表示自然保护区增长值, K 为自然保护区增长饱和值, a 为回归参数, b 为增长参数。

以自然保护区发展时序面积和数量作因变量, 时间作自变量, 采用 R 语言, 运用 logistic 曲线回归分析方法, 估算自然保护区饱和值 K , 获取参数 a 、 b , 构建面积和数量 logistic 增长模型, 对自然保护区面积演进趋势进行预测。

1.1.2 logistic 曲线模型的特征

寻找 logistic 曲线的拐点和曲率最大点, 运用高等数学方法, 分别对公式(1)求二阶导数和三阶导数, 且使二阶导数和三阶导数为零, 得:

$$t1 = \frac{a - \ln(2 + \sqrt{3})}{b} \quad (2)$$

$$t2 = \frac{a - \ln(2 - \sqrt{3})}{b} \quad (3)$$

根据 logistic 增长曲线特征点 ($t1$, $t2$)^[13-14] 可以相应地将自然保护区发展过程划分为 3 个阶段: 自然保护区面积和数量基数较小且发展缓慢的阶段 ($1956-t1$)、发展速度急剧上升的加速阶段 ($t1-t2$)、面积和数量基数较高且发展稳定平缓的阶段 ($t2-t$ 至今)。

1.2 数据来源

中国自然保护区面积和数量的年度统计数据 (表 1) 取自于原环境保护部网站公布的历年《中国环境状况公报》、原国家林业局历年《全国林业自然保护区统计年报》。

表 1 中国自然保护区历史面积和数量

Table 1 Historic area and quantity of China's nature reserves

年度 Year	面积/万 hm ² Area	数量 Number	年度 Year	面积/万 hm ² Area	数量 Number
1956	0.11	1	2003	14398.00	1999
1965	64.89	19	2004	14822.60	2194
1978	126.50	34	2005	14995.00	2394
1982	408.20	119	2006	15153.50	2395
1985	1933.00	333	2007	15188.00	2531
1987	2375.00	481	2008	14894.30	2538
1989	2706.30	573	2009	14700.00	2541
1990	4000.00	606	2010	14944.00	2588
1991	5606.67	708	2011	14971.00	2640
1993	6618.40	763	2012	14979.00	2699
1995	7190.67	799	2013	14631.00	2697
1997	7697.90	926	2014	14699.00	2729
1999	8815.20	1146	2015	14703.00	2740
2000	9821.00	1227	2016	14733.00	2750
2001	12989.00	1551	2017	14700.00	2750
2002	13295.00	1757			

2 结果与分析

2.1 自然保护区演进 logistic 模型和发展趋势

2.1.1 面积和数量 logistic 模型

由公式(1)可得时间序列自然保护区面积(U_s)和数量(U_n)演进的 logistic 模型(图 1):

$$U_s = \frac{1.547 \times 10^8}{1 + e^{445.92 - 0.223 \times t}} \quad (4)$$

$$U_n = \frac{3044.122}{1 + e^{349.459 - 0.175 \times t}} \quad (5)$$

式中,面积饱和值为 1.547×10^8 hm²,面积回归参数为 445.92,面积增长参数为 0.223;数量回归参数为 349.459,

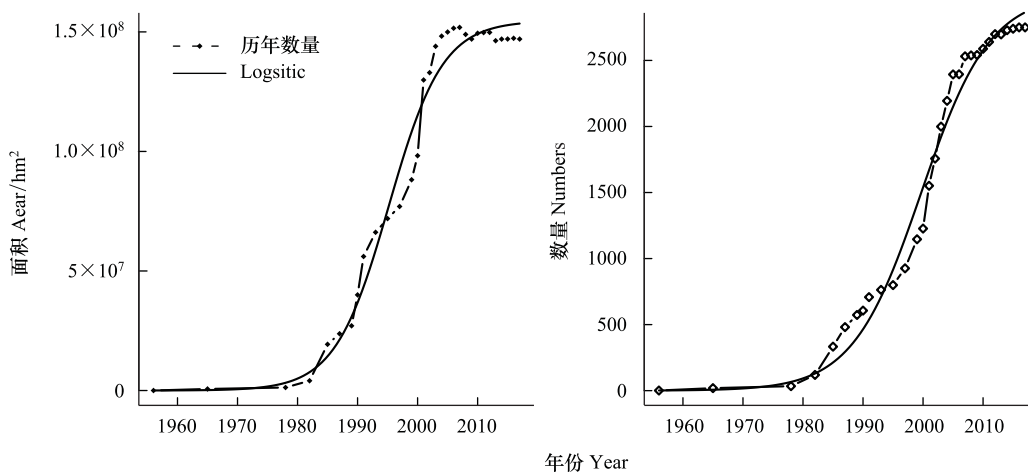


图 1 中国 1956—2017 年自然保护区面积、数量的 logistic 曲线拟合图

Fig.1 Fitting of logistic curve of area and quantity of nature reserves in China from 1956 to 2017

数量增长参数为 0.175。

2.1.2 发展趋势预测

通过 R 计算, 面积 logistic 模型拟合优度 R^2 为 0.979, 表明模型拟合效果好。依据公式(4), 可以预测 2018—2050 年自然保护区的面积(表 2)。分析表 2 可知 2020 年、2030 年、2040 年和 2050 年面积分别为 15405.44 万 hm^2 、15459.50 万 hm^2 、15465.30 万 hm^2 、15465.93 万 hm^2 。2018—2020 年, 年均增长 11.31 万 hm^2 ; 2020—2030 年, 年均增长 4.20 万 hm^2 ; 2030—2040 年, 年均增长 0.45 万 hm^2 ; 2040—2050 年, 年均增长 0.05 万 hm^2 。由此可见, 当前处于稳定完善阶段, 面积的演进速度趋缓, 已接近饱和值, 但数量仍有小幅度增加, 契合 logistic 增长轨迹。

2.1.3 logistic 曲线特征点

由公式(2,3), 得面积 logistic 曲线的特征点 t_s1 为 1990 年, t_s2 为 2002 年; 数量曲线的特征点 t_n1 为 1993 年, t_n2 为 2008 年。综合考虑得, 自然保护区演进特征关键点 $t1$ 为 1990 年, $t2$ 为 2008 年。

2.2 自然保护区演进发展阶段分析

根据自然保护区演进特征关键点, 将其过程划分为 3 个阶段:

2.2.1 缓慢起步期(1956—1989 年)

自然保护区是在森林大规模采伐、自然资源严重破坏、大量猎捕野生动物资源的大背景下起步的。1956 年, 秉志等科学家在第一届全国人民代表大会第三会议上提出建立自然保护区的建议。同年 10 月, 原林业部制定了《天然森林禁伐区(自然保护区)划定草案》《狩猎管理办法(草案)》, 明确自然保护区的划定对象、办法和重点地区, 同时批准了第一个自然保护区——广东鼎湖山自然保护区, 标志着我国自然保护区事业的启幕。此后, 国务院颁布的《关于积极保护和合理利用野生动物资源的指示》《森林保护条例》《水产资源保护条例》等都对建立自然保护区提出了要求。1966 年后, 受“文革”影响, 自然保护区事业遭受重大破坏, 一些自然保护区丧失保护价值。1972 年中国政府参加联合国人类环境大会后, 生态环境保护得到重视, 特别是国家相继颁布了《森林法》《环境保护法》《野生动物保护法》等 10 余项法规, 发布了《中国珍稀濒危保护植物名录(第一册)》《国家重点保护野生动物名录》, 颁发了《严格保护珍贵稀有野生动物的通令》等文件; 先后加入了《保护世界文化和自然遗产国际公约》等生态保护国际公约, 与日本和澳大利亚等国家签订了鸟类等野生动物保护协议; 各有关部门大力推进自然保护区建设, 相继建立了管理机构, 自然保护区事业逐渐进入与国际接轨的新阶段, 形成了以林业部门为主体, 地质(国土)、水产(农业)、环保(建设)、科学院等部门配合的格局。截至 1989 年底, 建立各级各类自然保护区 573 处、面积 2706.30 万 hm^2 。

2.2.2 快速发展期(1990—2008 年)

快速发展期是自然保护区发展的关键时期。此时, 我国法律法规逐步健全, 1994 年, 国务院颁发了《中华人民共和国自然保护区条例》, 首次对自然保护区建设管理作出了法律规定, 推动我国自然保护区事业进入有法可依、有章可循的新阶段。同时, 多次参加国际生态组织召开的国际会议, 加入了《人与生物圈保护区网》《生物多样性公约》《关于特别是作为水禽栖息地的国际重要湿地公约》“东亚—澳大利亚涉禽迁徙网络”“东北亚鹤类保护网络”, 与世界自然基金会(WWF)、全球环境基金(GEF)合作开展了自然保护区保护与管

表 2 中国自然保护区面积预测/万 hm^2

Table 2 Forecast of the area of China's nature reserves

年份 Year	拟合值 Fitted value	年份 Year	拟合值 Fitted value
2018	15371.51	2035	15463.87
2019	15390.34	2036	15464.30
2020	15405.44	2037	15464.64
2021	15417.53	2038	15464.91
2022	15427.21	2039	15465.13
2023	15434.96	2040	15465.30
2024	15441.17	2041	15465.44
2025	15446.14	2042	15465.55
2026	15450.11	2043	15465.64
2027	15453.29	2044	15465.72
2028	15455.83	2045	15465.77
2029	15457.87	2046	15465.82
2030	15459.50	2047	15465.85
2031	15460.80	2048	15465.88
2032	15461.84	2049	15465.91
2033	15462.67	2050	15465.93
2034	15463.34		

理项目。发布了《自然保护区工程项目建设标准(试行)》《自然保护区工程设计规范》等标准和规范,多次印发加强自然保护区管理工作、湿地保护管理等通知,发布实施了《全国生态环境保护纲要》《全国湿地保护工程实施规划》《全国生物物种资源保护与利用规划纲要》《关于开展生态补偿试点工作的指导意见》《全国生态功能区划》等多项生态保护规划、区划。1998 年长江、松花江特大洪灾后,相继实施了天然资源林保护、退耕还林、野生动植物保护及自然保护区建设等重大生态保护修复工程。在一系列法规、政策、规划、标准规范的引导和保障下,自然保护区呈现快速发展势头,数量和面积急速上升,资金投入大幅度增加。截至 2008 年底,建立各级各类自然保护区 2538 处,总面积 14894 万 hm^2 。

2.2.3 稳定完善期(2009—至今)

此阶段自然保护区事业经历了从“速度规模型”向“规范化管理”的转变。在前期“抢救性保护”方针指导下,自然保护区数量和面积都得到了空前的发展,起到了很好的保护作用。但是也存在范围和功能分区不科学、不合理的情况,特别是把一些人口密集的村镇、保护价值较低的耕地及经济林、经济价值较高的资源分布地划入自然保护区,既影响了居民的生产生活,又不利于自然保护区的规范化管理,存在着调整的客观需求。2009 年环境保护部印发了《国家级自然保护区规范化建设和管理导则》,指导和规范自然保护区建设和管理。同时,针对保护与开发矛盾日益突出等问题,国务院出台了《关于做好自然保护区管理有关问题的通知》《国家级自然保护区调整管理规定》,2005—2018 年有 51 处国家级自然保护区进行了调整,其中辽宁蛇岛老铁山、宁夏灵武白芨滩、辽宁丹东鸭绿江口湿地、内蒙古西鄂尔多斯和辽宁大连斑海豹等 5 处国家级自然保护区十年内进行了两次调整。重新制定了《自然保护区工程项目建设标准(建标 195—2018)》《湿地保护工程项目建设标准(建标 196—2018)》等。为了巩固和发展前期保护成果,国家发展改革委、财政部安排专项资金继续用于自然保护区开展生态保护奖补、生态保护补偿等政策,支持国家级自然保护区基础设施和保护管理能力建设等^[8]。2015 年,环境保护部等 10 部门印发《关于进一步加强涉及自然保护区开发建设活动监督管理的通知》,严肃查处自然保护区典型违法违规活动,对 400 多个国家级自然保护区开展人类活动遥感监测与实地核查,对 12 个自然保护区进行了重点执法检查,对 7 个问题较严重的国家级自然保护区所在地政府、省级保护区行业主管部门及保护区管理局进行了约谈。2017 和 2018 年原环境保护部等 7 部委联合进行了绿盾行动。截至 2017 年底,共建立自然保护区 2750 处,总面积 14700.00 万 hm^2 。

3 结论与讨论

本文基于 logistic 模型,对中国自然保护区的面积进行饱和值估算和未来发展的预测,同时对 logistic 曲线特征点进行了探索,得出如下结论:

(1) 中国自然保护区面积饱和值为 15470.00 万 hm^2 。

(2) 根据面积和数量 logistic 曲线特征点,将自然保护区演进历程划分为 3 个阶段,即 1956—1989 年缓慢起步期、1990—2008 年快速发展期和 2009—至今年稳定完善期。缓慢起步期时发展速度很低,加速度很小,面积年均增长 82.01 万 hm^2 ,数量年均增建 17 处,且自然保护区类型较单一。快速发展期用时约 18 年,期间发展加速度逐渐增大,面积和数量大幅增加,面积年均增长 605.24 万 hm^2 ,数量年均增建 107 处,自然保护区类型比较齐全,其中 2001 年面积和数量增长速度达到最大,为 859.69 万 hm^2 、324 处。稳定完善期发展水平渐近饱和值,发展速度越来越小,面积年均增长 4.71 万 hm^2 和数量年均增建 30 处,增长速度明显放缓。

(3) 2020 年、2030 年、2040 年和 2050 年自然保护区面积分别为 15405.44、15459.50、15465.30、15465.93 万 hm^2 。目前已进入稳定完善阶段,面积的演进速度趋缓,已接近饱和值,数量仍有小幅度增加。

(4) 从面积和数量的模型来看,在开始阶段,数量发展快于面积的发展。随着法律法规政策出台和保护意识的增强,面积的增长快于数量的增加,急剧上升,靠近饱和值,但是数量继续在小幅度增加,符合中国现阶段自然保护区发展状况,即新建自然保护区面积较小,调整范围和功能区划的自然保护区逐渐增多,使得面积趋于稳定。

(5)自然保护区自建立以来,一方面一直处于多头管理状态,导致管理混乱、协调困难、推托扯皮、合作低效;另一方面,在一些自然生态价值较高的区域,与不同部门管理的多种类型自然保护地相邻并存或交叉重叠,造成多种法律法规和规章制度在同一地块交叉执行,保护对象模糊混乱,管理目标差异较大,导致区域破碎化严重。鉴此,《深化党和国家机构改革方案》提出,将所有自然保护地进行统一管理。目前自然保护区作为自然保护地的主体,应在习近平新时代中国特色社会主义思想的引领下,自然保护事业受到空前重视的大好环境下^[15],以建立以国家公园为主体的自然保护地体系为契机,以提升自然保护区质量效益为核心,积极营造制度创新、管理创新、技术创新的环境和保障支撑体系,理顺管理体制,加大资金投入,在建设进程中,既要重视基础设施建设,也要注意监测体系构建,更要关注监测成果科普化、保护化的转变,促进保护、监测、教育、管理等全面发展,提升自然保护区综合发展水平和实力,增强发展活力和内在动力,提高自然保护区质量和效益,走保护与利用平衡协调发展之路,步入良性循环,筑好我国自然保护地体系的基础。

研究表明,中国自然保护区的演进发展和平衡符合 logistic 模型,正处于由速度规模型向高质量规范化管理推进,①应将全国森林、草原、湿地、荒漠调查监测确定的生物多样性富聚、典型生态系统分布区域,全国野生动植物调查确定的野生动物重要栖息地、野生植物关键生境和重要生态廊道等生态功能极为重要、生态系统非常脆弱、生物多样性保护空缺的自然生态空间划定为自然保护区。②调整优化自然保护区管控边界,将区内无保护价值的建制城镇或人口密集区域、工业园区等调出。③以每个自然保护区为独立自然资源资产登记单元,划清土地、森林、草原、河湖、湿地、海洋等各类自然资源资产所有权边界,明晰自然资源资产所有权人。④明确中央和地方事权和支出,创新地方政绩考核机制,加强对生态治理监管力度和效率^[16]。自然保护区的发展是一个动态复杂的过程,本文从理论上对其演化规律进行了探讨,今后笔者将对影响其发展的自然资源、社会经济、国家政策等因素进行更深入的研究。

致谢:感谢中国科学院动物研究所李欣海副研究员对模型计算给予帮助。

参考文献 (References):

- [1] Borrini Feyerabend G, Dudley N, Jaeger T, Lassen B, Broome N P, Phillips A, Sandwith B. IUCN 自然保护区治理: 从理解到行动. 朱春全, 李叶, 赵云涛, 译. 北京: 中国林业出版社, 2017: 67.
- [2] 范边, 马克明. 全球陆地保护地 60 年增长情况分析和趋势预测. 生物多样性, 2015, 23(4): 507-518.
- [3] 卢爱刚, 王圣杰. 中国自然保护区发展状况分析. 干旱区资源与环境, 2010, 24(11): 711.
- [4] 喻泓, 肖曙光, 杨晓晖, 崔国发, 罗菊春, 张学顺. 我国部分自然保护区建设管理现状分析. 生态学杂志, 2006, 25(9): 1061-1067.
- [5] 陈雅涵, 唐志尧, 方精云. 中国自然保护区分布现状及合理布局的探讨. 生物多样性, 2009, 17(6): 664-674.
- [6] 蒋志刚. 论中国自然保护区的面积上限. 生态学报, 2005, 25(5): 1205-1212.
- [7] 侯鹏, 杨旻, 翟俊, 刘晓曼, 万华伟, 李静, 蔡明勇, 刘慧明. 论自然保护地与国家生态安全格局构建. 地理研究, 2017, 36(3): 420-428.
- [8] 唐小平. 中国自然保护区从历史走向未来. 森林与人类, 2016, (11): 24-35.
- [9] 杨亮亮, 崔国发. 我国自然保护区数量特征分析. 林业实用技术, 2009, (3): 54-56.
- [10] 陈彦光. 人口与资源预测中 Logistic 模型承载量参数的自回归估计. 自然资源学报, 2009, 24(6): 1105-1114.
- [11] 王建军, 吴志强. 城镇化发展阶段划分. 地理学报, 2009, 64(2): 177-188.
- [12] 张乐勤, 陈发奎. 基于 Logistic 模型的中国城镇化演进对耕地影响前景预测及分析. 农业工程学报, 2014, 30(4): 111.
- [13] 张乐勤, 张勇. 基于 Logistic 模型的中国城镇化快速演进时期、速度及启示. 河南大学学报: 自然科学版, 2015, 45(5): 550-555.
- [14] 崔党群. Logistic 曲线方程的解析与拟合优度测验. 数理统计与管理, 2005, 24(1): 112-115.
- [15] 马克平. 中国国家公园建设取得标志性进展. 生物多样性, 2017, 25(10): 1031-1032.
- [16] 潘鹤思, 李英, 柳洪志. 央地两级政府生态治理行动的演化博弈分析——基于财政分权视角. 生态学报, 2019, 39(5): 1772-1783.