

生态系统受威胁等级的评估标准和方法

陈国科 马克平*

(中国科学院植物研究所植被与环境变化国家重点实验室, 北京 100093)

摘要: 生态系统受威胁等级评估是认识生物多样性丧失的重要手段。在2008年的第四次世界自然保护大会上, 国际自然保护联盟(IUCN)成立专门工作组, 着手建立类似于物种灭绝风险的定量评估方法, 对生态系统受威胁等级进行评估。最终的目标是在局地、区域和全球尺度上确定生态系统的受威胁等级, 建立生态系统红色名录。在制定生物多样性保护策略时, 生态系统红色名录与物种红色名录可作为互补。目前, 生态系统受威胁等级评估方案的评估依据包括4类: 生态系统分布或生态系统功能短期衰退; 生态系统分布或生态系统功能长期衰退; 生态系统当前的分布狭窄、同时生态系统分布或生态系统功能衰退; 生态系统当前的分布极狭窄。应用Rodríguez等(2011)建立的评估标准, 基于文献记载的中国辽河三角洲4个生态系统1988年和2006年的面积, 我们详细介绍了生态系统受威胁等级的评估过程。目前的评估方法面临挑战, 生态系统分布范围和占有面积的估计应基于合理的空间尺度, 同时还需建立合理的方法定量描述生态系统功能的变化。生态系统受威胁等级评估方案将提交2012年召开的世界自然保护大会讨论。

关键词: 生物多样性保护, 极危, 濒危, 国际自然保护联盟, 易危

Criteria and methods for assessing the threat status of ecosystem

Guoke Chen, Keping Ma*

State Key Laboratory of Vegetation and Environmental Change, Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100093

Abstract: Assessing the threat status of ecosystems is a useful tool for understanding biodiversity loss on Earth. In 2008, the International Union for Conservation of Nature (IUCN) established a working group at the fourth World Conservation Congress to develop quantitative categories and criteria for assessing ecosystem threat status. These categories and criteria were similar to those used to assess extinction risk for species. This working group strove to establish red lists of ecosystems by applying these criteria to ecosystems at local, regional, and global scales. Ecosystem red lists were designed to be complementary to species red lists for use in creating biodiversity conservation policies. The criteria used for assessment were grouped into four classes: short-term decline in distribution or ecological function, historical declines in distribution or ecological function, small current distribution with decline in distribution or ecological function, or very restricted current distribution. In this paper, we illustrate the use of these criteria for assessing ecosystem threat status; we used literature data on the areas of occupancy for four ecosystems in China's Liaohe Delta in 1988 and 2006 to evaluate the threat status of these four ecosystems. We also discuss challenges that lie ahead for this method of assessment. Measures of ecosystem distribution and area of occupancy should be based on proper spatial scales. Appropriate quantitative methods are also needed to measure changes in ecosystem function. The final proposed assessment protocol will be presented for further discussion at the 2012 World Conservation Congress.

Key words: biodiversity conservation, critically endangered, endangered, IUCN, vulnerable

一个世纪以来, 人类对地球生态系统的破坏史无前例, 造成生物多样性不断丧失(Heywood, 1995;

Sala *et al.*, 2000; Balmford *et al.*, 2003)。为了有效遏制这一态势, 国际社会付出了巨大努力。例如, 在

收稿日期: 2011-09-26; 接受日期: 2011-12-20

基金项目: 中国科学院知识创新工程重要方向项目的资助(KZCX2-YW-430)

* 通讯作者 Author for correspondence. E-mail: kpma@ibcas.ac.cn

2002年于荷兰海牙召开的《生物多样性公约》第六次缔约方大会上通过了2010生物多样性保护目标,即在2010年达到明显遏制生物多样性锐减态势(<http://www.cbd.int/cop/>)。然而,基于31个监测指标的分析结果表明,在全球尺度上没有实现上述目标(Butchart *et al.*, 2010)。对生物多样性保护进展的评估包含两方面的内容(Balmford *et al.*, 2005; Buckland *et al.*, 2005): 首先, 确定一个或者多个指标量化生物多样性现状及其变化趋势; 其次, 应用合理的评估方法将生物多样性的变化趋势与生物多样性管理策略联系起来。科学的评价指标以及合理的评估方法构成了生物多样性管理的基本内容(Nichols & Williams, 2006; Pereira & Cooper, 2006)。

20世纪50年代以来, 国际自然保护联盟(International Union for Conservation of Nature, IUCN)根据物种的种群规模、分布范围来估计物种的灭绝风险, 进一步确定它们的受威胁等级, 构建了物种红色名录。对于全球、区域及国家水平上的物种多样性保护, IUCN物种红色名录的作用重大(IUCN, 2010)。

《生物多样性公约》各缔约国在履约过程中, 已将基于IUCN物种红色名录的评估指标作为重要的参考依据(CBD, 2010)。Butchart等(2005)基于IUCN物种红色名录设计了评估生物多样性保护进展的红色名录指数(red list indices)。目前, IUCN物种红色名录已在100多个国家的生物多样性保护和管理中得到应用(IUCN, 2010)。

但是, 人们逐渐意识到, 生物多样性是一个由物种、种群、群落和生态系统构成的等级系统, 它不仅包括物种、物种间的相互作用以及物种与环境间的相互作用, 而且也包括非生物过程(如生境干扰)。因此, IUCN物种红色名录并不能涵盖生物多样性的所有组分, 物种的保护必须与群落和生态系统保护相结合(Franklin, 1993; Noss, 1996; Cowling & Heijnis, 2001)。基于这样的认识, 在2008年召开的第四次世界自然保护大会上, IUCN成立了专门的工作组, 拟采用与物种灭绝风险评估相似的定量评估方法, 从局地、区域和全球尺度上对生态系统受威胁等级进行评估。最终的评估系统要能够确定评估的基本单元、量化生态系统的受威胁等级, 而且, 受威胁等级要能够反映生态系统空间范围、结构和功能的变化; 同时, 还需要对评估方法进行标准化, 以利于推广应用(Rodríguez *et al.*, 2011)。

过去20年来, 一些政府组织和研究人员尝试对生物群落或生态系统的受威胁等级进行了评估, 并在此基础上制定了相应的保护措施。在这些评估方案中, 对群落或者生态系统的定义是基础, 对群落或者生态系统丧失的定义是确定评估方法以及划分群落或生态系统受威胁等级的依据(Nicholson *et al.*, 2009)。这些群落或者生态系统应该具有相似的物种组成或群落结构, 并且气候和地貌因子也应该相似(Sayre *et al.*, 2009)。例如, 对于很多陆地生态系统及一些水生生态系统而言, 按照地表覆盖进行分类可能是确定生态系统评估基本单元的有效途径(Rodríguez *et al.*, 2007)。

基本单元确定之后, 下一步应该侧重量化生态系统的分布和生态系统功能, 确定相应的评估标准, 并进一步确定每项标准的阈值, 以便将生态系统划归到不同的受威胁等级(如极危、濒危和易危), 建立受威胁生态系统红色名录。

1 评估方案

Nicholson等(2009)基于目前已正式出版的文献和各种灰色文献(gray literature), 列出了12个评估方案(表1)。它们以定量的评估标准为基础, 并且有别于生态系统优先保护地位的确定方法。这些评估方案与IUCN物种灭绝风险评估体系类似, 即首先依据每一项标准对生态系统进行评估, 确定相应的受威胁等级, 其中最高的受威胁等级即该生态系统的综合评估结果。

随后, 借鉴IUCN物种灭绝风险评估的方法, 综合现有的生态系统或群落受威胁等级的评估方法, Rodríguez等(2011)提出了一个初步的综合评估方案(表2), 对全球、区域和局地尺度的生态系统受威胁等级进行了评估, 其中绝大多数集中在陆地生态系统。该方案将提交2012年召开的世界自然保护大会进行讨论, 形成最终评估方案, 并据此建立受威胁生态系统红色名录, 将为全球、区域和局地尺度的生物多样性保护提供决策依据。

2 评估依据

生态系统受威胁等级评估的依据与物种灭绝风险评估类似, 只是融入了相应的生态系统理论。物种灭绝风险评估侧重种群的分布范围、多度及变化趋势(IUCN, 2001); 生态系统受威胁等级评估的

表1 生态系统受威胁等级评估方案简介。Nicholson等(2009)搜索各种科研文献和灰色文献,对群落或生态系统受威胁等级评估方案进行了详细综述。我们以该综述为基础,并跟踪这些评估方案过去2年的发展情况更新了部分内容。

Table 1 Summary of protocols for assessing the threat status of ecosystems. By searching the scientific and gray literatures for protocols about assessing the threat status of communities and ecosystems, Nicholson *et al.* (2009) made out a review on this topic. Our summary is based on this review. We update some information on several protocols according to the development over the past two years.

评估方案 Protocols for assessment	应用领域 Fields of application	生态系统丧失的定义 Definition of ecosystem extinction	生态系统受威胁等级 Threat status
爱沙尼亚植物群落受威胁等级评估 Assessing the threat status of plant communities in Estonia (Paal, 1998)	确定爱沙尼亚的稀有和受威胁植物群落 Identifying rare and threatened plant communities in Estonia	经过多次重复调查,未发现相应的植物群落 Plant communities are not found after repeated surveys	极危、濒危和易危 Very threatened, threatened, fairly threatened
奥地利群落生境红色名录 Austrian Biotope Red List (Essl <i>et al.</i> , 2002)	编制奥地利生物群落名录,评估受威胁等级 Editing a complete list of biotope types in Austria, assessing threat status of biotope	群落生境已不存在,原始群落生境被破坏 Biotope is not present, and the original biotope has been destructed	区域灭绝、极危、濒危、易危、近危、无危和数据缺乏 RE, CR, EN, VU, NT, LC, DD
澳大利亚环境保护和生物多样性法案 Australian Environmental Protection and Biodiversity Act (Commonwealth of Australia, 1999, 2000a, b)	提供澳大利亚受威胁群落的标准 Providing criteria for listing threatened ecological communities in Australia	生物群落的丧失不可逆,即使人类采取积极的措施,生态过程、物种组成和群落结构在短期内也不可能恢复 Community loss is not irreversible; ecological process, species composition, and community structure can not be re-established within the near future even with positive human intervention	极危、濒危和易危 CR, EN, VU
芬兰受威胁生境评估 Assessment of threatened habitat types in Finland (Raunio <i>et al.</i> , 2008)	确定芬兰的受威胁生境类型 Identifying the threatened habitat types in Finland	生境消失,或生境发生变化而不能代表其原始生境 Habitats disappeared, current habitats can not represent the original ones due to gradual change	区域灭绝、极危、濒危、易危、近危和无危 RE, CR, EN, VU, NT, LC
昆士兰州植被管理法案 Queensland Vegetation Management Act (Queensland Government, 1999)	确定昆士兰州生态系统的保护等级 Identifying the conservation status of Queensland's ecosystems	未定义 No definition	濒危和易危 EN, VU
美国生态系统受威胁等级评估 Assessment of the threat status of ecosystem in the United States (Noss <i>et al.</i> , 1995)	对美国生态系统的丧失和退化状况进行初步评估 A preliminary assessment of loss and degradation of ecosystems in the United States	原始生态系统被完全改变(如变为农田),或者面积减小;生态系统的结构、功能和组成发生变化 Natural ecosystem has been cleared (e.g. converted to farmland), decline in area; degradation in ecosystem structure, function, and composition	极危、濒危和易危 CR, EN, VU
NatureServe保护等级评估 NatureServe conservation status assessments (Master <i>et al.</i> , 2009)	评估物种、群落和生态系统的潜在灭绝风险,确定保护状态 Evaluating potential extinction risk of species, community, and ecosystem; identifying conservation status	由于优势类群或特征类群灭绝,群落消失,并且不能恢复 Community eliminated, without restoration potential due to extinction of dominant or characteristic taxa	灭绝、可能灭绝、极危、濒危、易危、接近安全、安全、不能评估、未评估和不适合评估 GX, GH, G1, G2, G3, G4, G5, GU, GNR, GNA
陆地生态系统丧失风险评估标准 Criteria for assessing extinction risk of terrestrial ecosystems (Rodriguez <i>et al.</i> , 2007)	IUCN评估生态系统受威胁等级的标准 Criteria adopted by IUCN to assess the threat status of ecosystem	代表原始生态系统的地表覆盖消失 Intact land cover of the original ecosystem disappear	极危、濒危和易危 CR, EN, VU
西澳大利亚受威胁群落名录 Western Australian List of Threatened Ecological Communities (Department of Environment and Conservation, 2010)	西澳大利亚州政府确定群落受威胁状态的方法 Methods adopted by the Government of Western Australia to identify threat status of communities	充分调查后未发现代表性的群落 No representative communities have been found after adequate survey	可能完全破坏、极危、濒危和易危 PD, CR, EN, VU
新南威尔士受威胁物种保护法案 New South Wales Threatened Species Conservation Act (NSW Scientific Committee, 2010)	按照新南威尔士受威胁物种保护法案,确定物种、种群和群落的评估标准 Identifying criteria for species, populations and communities under the New South Wales Threatened Species Conservation Act	未定义 No definition	极危、濒危和易危 CR, EN, VU

表1 (续) Table 1 (continued)

评估方案 Protocols for assessment	应用领域 Fields of application	生态系统丧失的定义 Definition of ecosystem extinction	生态系统受威胁等级 Threat status
新南威尔士植被分类、评估 New South Wales Vegetation Classification and Assessment (Benson, 2006)	对新南威尔士本土植被进行分类, 评估植物群落受威胁等级 Classifying the native vegetation of New South Wales, assessing threat status of plant communities	群落被完全破坏 Communities have been totally destroyed	可能灭绝、极危、濒危、易危、近危和无危 X, CE, E, V, NT, LC
新西兰陆地环境评估 Assessing the terrestrial environment of New Zealand (Walker <i>et al.</i> , 2006, 2008)	基于原生植被, 评估新西兰陆地环境的受威胁等级 Based on indigenous cover, assessing threat categories of environments in New Zealand	未定义 No definition	极危、濒危、易危、极缺乏保护、缺乏保护、未评估 Acutely Threatened, Chronically Threatened, At Risk, Critically Underprotected, No Underprotected, No Threat Category

CE, Critically endangered; CR, Critically endangered; E, endangered; EN, Endangered; G1, Critically imperiled; G2, Imperiled; G3, Vulnerable; G4, Apparently secure; G5, Secure; GH, Possibly Extinct; GNA, Not Applicable; GNR, Unranked; GU, Unrankable; GX, Extinct; PD, Presumed totally destroyed; RE, Regional extinct; V, Vulnerable; VU, Vulnerable; X, Presumed extinct.

标准也能很好地反映生态系统的分布范围及其缩减程度(Benson, 2006; Reyers *et al.*, 2007; Rodríguez *et al.*, 2007, 2011)。但物种灭绝风险评估标准中有关物种多度变化的部分对于生态系统的评估可能不适用(Master *et al.*, 2009)。而且, 生态系统的评估标准不仅应反映生态系统空间范围的变化, 同时也要反映生态系统结构和功能的变化。

基于已有的生态系统受威胁等级评估方案, 评估的依据可以分为4类(Rodríguez *et al.*, 2011): 生态系统分布范围或生态系统功能短期衰退; 生态系统分布范围或生态系统功能长期衰退; 生态系统当前的分布范围小、生态系统分布范围或生态系统功能衰退; 生态系统当前的分布范围极小。不难看出, 对生态系统分布范围和生态系统功能的关注是评估标准的核心内容。

2.1 生态系统分布范围缩小

生态系统分布范围及其缩减程度是评估生态系统受威胁等级的重要依据。在陆地生态系统中, 主要基于遥感数据, 应用土地覆盖随时间的变化趋势来评估生态系统的状态(Rodríguez *et al.*, 2007)。例如在南非西南部, Cape Town 沙地硬叶灌木群落面积减少了84%, 被列为极危生态系统(Reyers *et al.*, 2007)。随着生态系统分布范围及其变化趋势的量化技术的发展, 地理分布范围标准在生态系统受威胁等级评估中将得到更多的应用(Morgan *et al.*, 2010)。

在量化生态系统地理分布范围的缩减程度时, 一般将生态系统实际占有的面积或生态系统在某一空间范围内出现的次数作为空间参数。不同评估方案的差别在于量化的时间尺度以及空间参数的阈值不同。少数评估方案在分析生态系统地理分布范围的变化时, 还需要借助一些辅助信息来确认生态系统在未来是否面临持续的威胁(Rodríguez *et al.*, 2011)。

在生态系统受威胁等级评估过程中, 通常用分布范围(extent of occurrence)或占有面积(area of occupancy)这两个参数来量化生态系统的分布范围。然而在少数情况下, 当生态系统或群落的破碎化程度较高时, 用以上两个参数量化往往存在困难, 这时, 生态系统或群落在某一空间范围内的出现次数(number of occurrences)就成为一个可用的参数(Nicholson *et al.*, 2009)。

空间尺度的选择对生态系统分布范围的量化结果有重要影响: 在较大的空间尺度下, 生态系统或群落的分布范围通常较大, 评估的威胁等级较低(Kirkpatrick, 1998); 而在精细的空间尺度下定义的生态系统或者群落更能体现生物多样性的各个组成部分(Pressey & Logan, 1994), 生态系统的受威胁等级能准确地反映生物多样性的状态。例如, 无论是基于栅格还是基于多边形, 生态系统占有面积的量化结果对空间尺度均比较敏感(Keith *et al.*, 2000)。因此, 需要考察不同的地理信息系统处理技

表2 作者评估辽河三角洲4种生态系统的受威胁等级时依据的评估标准。本标准基于Rodríguez等(2011)的评估标准体系,分为4大类,在每一类下又包括若干次级标准,其中一些次级标准辅助以具体规定,并确定了这些次级标准和具体规定的阈值。据此将生态系统的受威胁等级划分到极危、濒危和易危等3个等级。

Table 2 Criterion system for assessing the threat status of four ecosystems in China's Liaohe Delta. This system is based on the categories and criteria proposed by Rodríguez *et al.* (2011). It is classified as four groups, and each includes several subcriteria. Several subcriteria had specifications. Thresholds for measuring decline of ecosystem distribution and ecosystem functions are set to these subcriteria and specifications. The threat status of ecosystem could thereby be classified as critically endangered, endangered and vulnerable.

标准 Criterion	次级标准及其阈值 Subcriterion and threshold	受威胁等级 Threat status	
A. 生态系统分布或生态系统功能短期衰退 Short-term decline in distribution or ecosystem function	1. 过去50年内分布的下降幅度 Decline in distribution over the last 50 years ≥ 80% ≥ 50% ≥ 30%	极危 Critically endangered 濒危 Endangered 易危 Vulnerable	
	2. 未来50年分布的下降幅度 Decline in distribution within the next 50 years ≥ 80% ≥ 50% ≥ 30%	极危 Critically endangered 濒危 Endangered 易危 Vulnerable	
	3. 从过去到未来的50年内,分布的下降幅度 Decline in distribution over 50-year period, both the past and the future ≥ 80% ≥ 50% ≥ 30%	极危 Critically endangered 濒危 Endangered 易危 Vulnerable	
	4. 过去或未来50年,生态系统功能丧失的程度及范围 Within the last or next 50 years, reduction of ecological function and distribution		
	(a) 非常严重,至少一个重要生态过程(≥ 80%) Very severe, at least one major ecological process	极危 Critically endangered	
	(b1)非常严重(≥ 50%) Very severe	濒危 Endangered	
	(b2)严重,至少一个重要生态过程(≥ 80%) Severe, at least one major ecological process	濒危 Endangered	
	(c1)非常严重,至少一个重要生态过程(≥ 30%) Very severe, at least one major ecological process	易危 Vulnerable	
	(c2)严重,至少一个重要生态过程(≥ 50%) Severe, at least one major ecological process	易危 Vulnerable	
	(c3)比较严重,至少一个重要生态过程(≥ 80%) Moderately severe, at least one major ecological process	易危 Vulnerable	
	B. 生态系统分布或生态系统功能长期衰退 Long-term decline in distribution or ecosystem function	1. 过去500年内生态系统分布的下降幅度 Decline in distribution over the last 500 years ≥ 90% ≥ 70% ≥ 50%	极危 Critically endangered 濒危 Endangered 易危 Vulnerable
		2. 过去500年,发生非常严重功能衰退的生态系统分布 Over the last 500 years, distribution of ecosystem with very severe reduction of ecological function ≥ 90% ≥ 70% ≥ 50%	极危 Critically endangered 濒危 Endangered 易危 Vulnerable
C. 生态系统当前分布范围小,而且生态系统分布范围收缩,生态系统功能衰退,生态系统分布点极少 Small current distribution, decline in distribution or ecological function, very few locations		1. 生态系统的分布范围(结合下列a、b和c项具体规定中的任一条) Extent of occurrence, with the following specifications of a, b, and c ≤ 100 km ² ≤ 5,000 km ² ≤ 20,000 km ²	极危 Critically endangered 濒危 Endangered 易危 Vulnerable
		(a) 生态系统分布范围持续收缩 Continuing decline in extent of occurrence	
	(b) 至少一个重要生态系统过程发生严重功能衰退 At least one major ecological process with severe reduction		
	(c) 生态系统分布点 Locations of ecosystems 1	极危 Critically endangered	

表2 (续) Table 2 (continued)

标准 Criterion	次级标准及其阈值 Subcriterion and threshold	受威胁等级 Threat status
	≤ 5	濒危 Endangered
	≤ 10	易危 Vulnerable
	2. 生态系统占有面积(结合下列a、b和c项具体规定中的任一条) Area of occupancy, with the following specifications of a, b, and c	
	≤ 10 km ²	极危 Critically endangered
	≤ 500 km ²	濒危 Endangered
	≤ 2,000 km ²	易危 Vulnerable
	(a) 生态系统分布范围持续收缩 Continuing decline in area of occupancy	
	(b) 至少一个重要生态系统过程发生严重功能衰退 At least one major ecological process with severe reduction	
	(c) 生态系统分布点 Locations of ecosystems	
	1	极危 Critically endangered
	≤ 5	濒危 Endangered
	≤ 10	易危 Vulnerable
D. 生态系统分布面积极小 Very small current distribution	生态系统面临严重的潜在威胁 Ecosystem with serious plausible threats	
	≤ 5 km ²	极危 Critically endangered
	≤ 50 km ²	濒危 Endangered
	≤ 100 km ²	易危 Vulnerable

术, 考虑不同的空间尺度对生态系统分布范围估计的影响, 在此基础上确定合理的阈值。

时间尺度不同, 也会导致不同案例得出的结果不具备可比性。因此, 很多评估方案都将分布范围的长期变化和短期变化确定为次级标准(Nicholson *et al.*, 2009)。为了确定合理的时间尺度, 可以根据生态系统所在区域发生的历史事件(如工业革命)来推测生态系统衰退的时间范围(Noss *et al.*, 1995; Rodríguez *et al.*, 2007)。

2.2 生态系统功能丧失

根据不同定义, 生态系统丧失可能是因为某一个关键因素(例如顶级捕猎动物或关键传粉昆虫)的灭绝, 也可能是因为所有生物因素发生灭绝(Rodríguez *et al.*, 2011)。生态系统受威胁等级评估标准的阈值要能体现生态系统功能丧失的不同阶段(Rodríguez *et al.*, 2007)。生态系统的结构变化、功能丧失与生态系统分布范围的变化相联系。生态系统功能丧失是一个缓慢过程, 而且与生态系统分布范围变化、物种丧失等过程不同步(Lindenmayer & Fischer, 2006)。例如, 对森林的皆伐会导致森林生态系统的物种组成、结构和功能的不可逆变化, 从而导致生态系统分布范围的持续缩小。因此, 除了依据生态系统分布范围的变化进行评估以外, 还

需要建立一些定量指标, 反映生态系统结构、功能的变化, 从而确定其受威胁等级。

生态系统功能包括物质循环、能量流动和信息传递等过程, 很难用通用的方法对不同类型生态系统功能丧失程度进行量化。目前, 除了极少数评估方案对生态系统的物种组成和破碎化程度进行了量化以外, 大多数方案仅仅采用定性指标来描述生态系统功能的衰退过程(Nicholson *et al.*, 2009)。另外, 生态系统功能丧失包括生态系统组成、结构和过程的衰退, 因此与物种组成的变化密切相关, 绝大多数评估方案都将本地物种灭绝和外来物种入侵作为关键因子。例如, 某些本地物种在群落或者生态系统过程的维持中有重要作用, 其种群的消失会导致群落结构和功能的变化, 因此, 对这些物种的种群生存力进行分析, 有助于量化生态系统功能变化(Benson, 2006)。

生态系统结构的变化可以分为水平方向的变化和垂直方向的变化。某些评估方案将群落垂直结构是否变化作为生态系统结构变化的定性指标(Benson, 2006)。生态系统水平结构的变化可能会导致生境破碎化, 从而限制物种在生态系统内的迁移。绝大多数评估方案都分析了生境斑块的分布格局, 但是没有分析生境破碎化的过程。另外, 为了

量化生境破碎化的程度,需要量化典型斑块的面积、斑块间的距离、特定面积斑块的比例或者斑块数量,这些参数同样对空间尺度的选择敏感(Nicholson *et al.*, 2009)。

分析已有的生态系统受威胁等级评估方案可以发现,与生态系统过程相关的评估标准通常是定性描述,描述的是物种相互作用(如传粉)的变化(Rodríguez *et al.*, 2007),以及生态系统中非生物过程(如土壤退化)的改变(Raunio *et al.*, 2008)。应该强调的是,生态系统功能的变化还包括很多其他因素,如生态系统内营养级的组成、物质循环、能量流动、生物量的积累。因此,对这些过程的量化是评估方法面临的重大挑战。

3 评估案例

3.1 待评估生态系统简介

本案例评估地点位于辽河三角洲。汲玉河和周广胜(2010)根据该地区1988年和2006年的遥感图像,结合野外调查,应用地理信息系统分析软件(ArcGIS9.2)确定了各植被类型的空间分布及占有面积的变化(表3)。研究区域的地理范围:北至盘锦市最北,南至渤海;东至大清河河口,西至小凌河河口。总面积为10,317 km²。滨海芦苇湿地、草地、翅碱蓬(*Suaeda salsa*)盐化草甸和丘陵灌丛是该地区的最主要的4种自然植被。下面对这4类生态系统的受威胁等级进行评估。

3.2 评估方法

3.2.1 评估标准

采用Rodríguez等(2011)提出的综合评估标准体系(表2)。该评估系统综合了已有的多种评估方法,是目前最完善的生态系统受威胁等级评估系统。与IUCN物种灭绝风险评估标准(IUCN, 2001)类似,除了Rodríguez等(2011)详细介绍的极危(CR)、濒危(EN)和易危(VU)等级以外,评估体系还包括其他受威胁等级,评估系统的完整等级系统见图1。

3.2.2 阈值计算

Rodríguez等(2011)的评估体系中,标准A3描述生态系统面积在50年时间段(包括过去和未来)的下降趋势。阈值的计算公式如下:

$$R = 50 \times [(A_{t1} - A_{t0}) / A_{t0} \times 100] / (t1 - t0) \quad (1)$$

式中, R 为生态系统面积在50年时间段上的变化幅度; $t0$ 为生态系统面积记录的起始年份,在本案例

中为1988年(计算时取值1,988); $t1$ 为生态系统面积记录的截至年份,此处为2006年(计算时取值2,006); A_{t0} 为生态系统面积记录的起始值,即1988年时的生态系统面积; A_{t1} 为生态系统面积记录的截至值,即2006年时的生态系统面积。

3.2.3 评估过程

按式1计算滨海芦苇湿地生态系统面积在50年时间段上的变化幅度,结果为64.4%(表3)。

参照Rodríguez等(2011)的评估体系,在其标准A下又列出4项次级标准。第1项次级标准需要估计过去50年生态系统面积的变化幅度,第2项次级标准需要预测未来50年生态系统面积的变化幅度。但是,本文的数据不支持按照这两项次级标准的评估,因此,评估结果均为数据缺乏(DD)。显然,本文的数据支持我们按照第3项次级标准进行评估,滨海芦苇湿地生态系统面积在50年时间段上的变化幅度的估计值为64.4%,因此,评估结果为濒危(EN);第4项次级标准需要获取生态系统功能变化的信息,我们没有足够的数据按照该标准进行评估。因此,评估结果为数据缺乏(DD)。

参照Rodríguez等(2011)评估体系中的标准B,包括2项次级标准。第1项次级标准基于过去500年生态系统分布的变化;第2项次级标准基于过去500年生态系统功能的变化。但是,本案例没有足够的数据库支持我们按照标准B对滨海芦苇湿地生态系统进行评估,因此,评估结果为数据缺乏(DD)。

参照Rodríguez等(2011)评估体系中的标准C,包括2项次级标准。第1项次级标准需要获取生态系统的分布范围,我们没有足够的数据库;第2项次级标准基于生态系统当前的占有面积和分布点。显然,本案例滨海芦苇湿地生态系统当前的占有面积满足条件“ $\leq 2,000 \text{ km}^2$ ”,同时满足第1项具体规定,因此,评估结果为易危(VU)。

参照Rodríguez等(2011)评估体系中的标准D。显然,本案例滨海芦苇湿地生态系统的分布面积不满足标准D的各项条件,因此,评估结果为无危(LC)。

基于以上多项评估标准的评估结果,我们确定其中最高的受威胁等级为该生态系统的受威胁等级,并指明评估时依据的标准、次级标准和具体规定。因此,本案例滨海芦苇湿地生态系统的受威胁等级为濒危,表示为“EN(A3)”。

表3 基于汲玉河和周广胜(2010)的辽河三角洲4个自然生态系统1988年和2006年的占有面积, 参照Rodríguez等(2011)的评估标准, 对4个自然生态系统受威胁等级评估的结果

Table 3 Threat status of four ecosystems assessed in our case. Areas of occupancy for these four ecosystems are based on Ji & Zhou (2010). The assessments are conducted under the categories and criteria developed by Rodríguez *et al.* (2011).

生态系统 Ecosystem	1988年生态系统占有面积 Area of occupancy in 1988 (km ²)	2006年生态系统占有面积 Area of occupancy in 2006 (km ²)	生态系统面积50年的减小幅度 Decline rate of the area of occupancy over 50-year period (%)	生态系统受威胁等级 Threat status
滨海芦苇湿地 Coastal reed wetland	1,188.2	912.6	64.4	濒危 Endangered (A3)
丘陵灌丛 Upland shrub	732.4	670.4	23.5	易危 Vulnerable (C2a)
草地 Grassland	474.6	104.9	>100	极危 Critically endangered (A3)
翅碱蓬盐化草甸 Salt seepweed meadow	9.1	28.4	<-100	濒危 Endangered (D)

圆括号内的英文字母及数字标明了我们确定生态系统受威胁等级所依据的评估标准、次级标准及相应的具体规定, 其含义见表2。 Letters and figures between brackets indicated the criterion, subcriterion and specifications that we used to identify the threat status of ecosystem. See Table 2 for interpretation of these letters and figures.

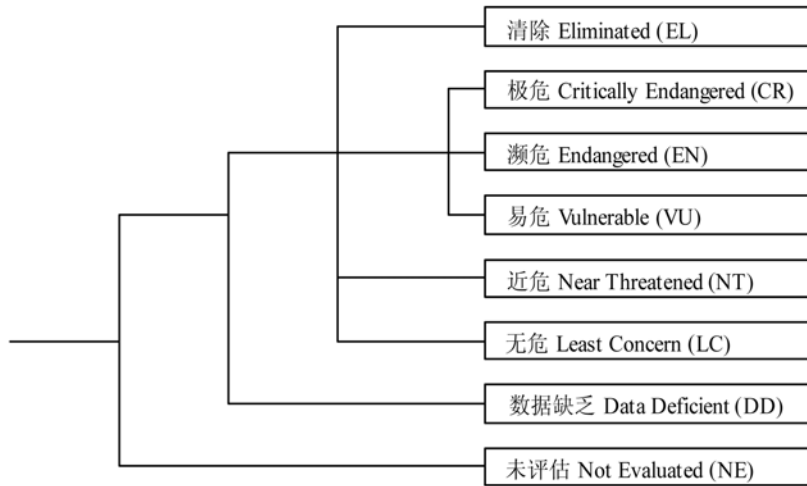


图1 生态系统受威胁等级系统。清除(EL)关注生态系统的生物因素, 它反映生态系统的生物因素逐渐丧失的过程, 可能表示生态系统中关键物种灭绝, 也可能表示生态系统中所有物种消失。目前, 还没有量化指标反映生物因素从生态系统中被消除的过程, 该标准在实际评估中未能应用; 极危(CR), 濒危(EN)和易危(VU)表明生态系统受到明显的威胁; 近危(NT)和无危(LC)表示没有发现生态系统受到威胁; 数据缺乏(DD)表示没有足够的数据库支持我们对生态系统受威胁等级进行评估; 未评估(NE)表示还未对生态系统受威胁等级进行评估。

Fig. 1 Hierarchical system for the threat status of ecosystem. “Eliminated (EL)” focuses on the biological components of an ecosystem. An ecosystem might be considered “eliminated” as one of the key species is lost or, when all biological components are lost. We have no until present quantitative methods to measure the gradual loss of biological elements from ecosystems. “Eliminated (EL)” is thus not used in practice. “Critically Endangered (CR)”, “Endangered (EN)” and “Vulnerable (VU)” indicate that ecosystems are threatened. Both “Near Threatened (NT)” and “Least Concern (LC)” indicate that there is no evidence of threat on ecosystem. “Data Deficient (DD)” indicates that no sufficient data are available for us to assess the threat status of ecosystem. “Not Evaluated (NE)” indicates that the ecosystem was not assessed.

3.3 评估结果

按照上述的评估方法和步骤, 对本案例的其他3种生态系统也进行了评估, 参照评估标准A、B、C和D, 综合4项评估标准, 滨海芦苇湿地的受威胁等级为EN(A3), 丘陵灌丛的受威胁等级为VU(C2a),

草地的受威胁等级为CR(A3), 翅碱蓬盐化草甸的受威胁等级为EN(D)。

4 结语

生态系统受威胁等级评估在理论和方法上均

面临诸多挑战。首先,合理定义生态系统及生态系统丧失是确定评估基本单元的前提;其次,量化生态系统的分布范围、占有面积的减少程度是核心。因此,获取详细的空间数据并应用合理的地理信息技术,是正确估计生态系统分布范围变化的关键,这些因素决定了评估结果的合理性。最后,用定量的指标反映生态系统功能的变化是评估方法发展的重点,也是生态系统受威胁等级评估方法面临的最大挑战。

生态系统受威胁等级评估的综合方案将在2012年召开的世界自然保护大会上进行讨论,参与该项工作的科研人员将不断增多,有关理论及评估方法将趋于完善。我们相信,IUCN生态系统受威胁等级的评估方法将在全球、区域及局地水平得到广泛应用,其评估结果将为生物多样性保护决策提供支持。

参考文献

- Balmford A, Bennun L, ten Brink B, Cooper D, Côté IM, Crane P, Dobson A, Dudley N, Dutton I, Green RE, Gregory RD, Harrison J, Kennedy ET, Kremen C, Leader-Williams N, Lovejoy TE, Mace G, May R, Mayaux P, Morling P, Phillips J, Redford K, Ricketts TH, Rodríguez JP, Sanjayan M, Schei PJ, van Jaarsveld AS, Walther BA (2005) The convention on biological diversity's 2010 target. *Science*, **307**, 212–213.
- Balmford A, Green RE, Jenkins M (2003) Measuring the changing state of nature. *Trends in Ecology and Evolution*, **18**, 326–330.
- Benson JS (2006) New South Wales vegetation classification and assessment: introduction—the classification, database, assessment of protected areas and threat status of plant communities. *Cunninghamia*, **9**, 331–382.
- Buckland ST, Magurran AE, Green RE, Fewster RM (2005) Monitoring change in biodiversity through composite indices. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, **360**, 243–254.
- Butchart SHM, Stattersfield AJ, Baillie J, Bennun LA, Stuart SN, Akçakaya HR, Hilton-Taylor C, Mace GM (2005) Using red list indices to measure progress towards the 2010 target and beyond. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, **360**, 255–268.
- Butchart SHM, Walpole M, Collen B, van Strien A, Scharlemann JPW, Almond REA, Baillie JEM, Bomhard B, Brown C, Bruno J, Carpenter KE, Carr GM, Chanson J, Chenery AM, Csirke J, Davidson NC, Dentener F, Foster M, Galli A, Galloway JN, Genovesi P, Gregory RD, Hockings M, Kapos V, Lamarque JF, Leverington F, Loh J, McGeoch MA, McRae L, Minasyan A, Morcillo MH, Oldfield TEE, Pauly D, Quader S, Revenga C, Sauer JR, Skolnik B, Spear D, Stanwell-Smith D, Stuart SN, Symes A, Tierney M, Tyrrell TD, Vié JC, Watson R (2010) Global biodiversity: indicators of recent declines. *Science*, **328**, 1164–1168.
- CBD (Convention on Biological Diversity) (2010) 2010 biodiversity target indicators. <http://www.cbd.int/2010-target/framework/indicators.shtml>. (accessed 2011-08-08)
- Commonwealth of Australia (1999) *Environment Protection and Biodiversity Conservation Act. Act No. 91*. <http://www.comlaw.gov.au/Details/C2011C00369>. (accessed 2011-08-08)
- Commonwealth of Australia (2000a) Environment protection and biodiversity conservation regulations 2000—REG 7.02: criteria for listing threatened ecological communities. http://www.austlii.org/au/legis/cth/consol_reg/epabcr2000697/s7.02.html. (accessed 2011-08-08)
- Commonwealth of Australia (2000b) Environment protection and biodiversity conservation regulations. Statutory Rules 2000 No. 181. <http://www.comlaw.gov.au/Details/F2005C00472>. (accessed 2011-08-08)
- Cowling RM, Heijnis CE (2001) The identification of broad habitat units as biodiversity entities for systematic conservation planning in the Cape Floristic Region. *South African Journal of Botany*, **67**, 15–38.
- Department of Environment and Conservation (DEC) (2010) Definitions, categories and criteria for threatened and priority ecological communities. <http://www.dec.wa.gov.au/content/view/849/2017/>. (accessed 2011-08-08)
- English V, Blyth J (1999) Development and application of procedures to identify and conserve threatened ecological communities in the South-west Botanical Province of WA. *Pacific Conservation Biology*, **5**, 124–138.
- Essl F, Egger G, Ellmauer T (2002) *Rote Liste Gefährdeter Biotoptypen Österreichs Konzept*. Umweltbundesamt GmbH, Vienna, Austria.
- Franklin JF (1993) Preserving biodiversity: species, ecosystems, or landscapes? *Ecological Applications*, **3**, 202–205.
- Heywood VH (1995) *The Global Biodiversity Assessment*. Cambridge University Press, Cambridge.
- IUCN (International Union for Conservation of Nature) (2001) *IUCN Red List Categories and Criteria, Version 3.1*. IUCN, Species Survival Commission, Gland, Switzerland.
- IUCN (International Union for Conservation of Nature) (2010) *IUCN Red List of Threatened Species. Version 2010.1*. <http://www.iucnredlist.org>. (accessed 2011-08-08)
- Ji YH (汲玉河), Zhou GS (周广胜) (2010) Transformation of vegetation structure in China's Liaohe Delta during 1988–2006. *Chinese Journal of Plant Ecology* (植物生态学报), **34**, 359–367. (in Chinese with English abstract)
- Keith DA, Auld TD, Ooi MKJ, Mackenzie BDE (2000) Sensitivity analyses of decision rules in World Conservation Union (IUCN) Red List criteria using Australian plants. *Biological Conservation*, **94**, 311–319.
- Kirkpatrick JB (1998) Nature conservation and the Regional Forestry Agreement process. *Australian Journal of Environmental Management*, **5**, 31–37.

- Lindenmayer DB, Fischer J (2006) *Habitat Fragmentation and Landscape Change*. Island Press, Washington, DC.
- Master L, Faber-Langendoen D, Bittman R, Hammerson GA, Heidel B, Nichols J, Ramsay L, Tomaino A (2009) *NatureServe Conservation Status Assessments: Factors for Assessing Extinction Risk*. NatureServe, Arlington, VA.
- Morgan JL, Gergel SE, Coops NC (2010) Aerial photography: a rapidly evolving tool for ecological management. *BioScience*, **60**, 47–59.
- Nichols JD, Williams BK (2006) Monitoring for conservation. *Trends in Ecology and Evolution*, **21**, 668–673.
- Nicholson E, Keith DA, Wilcove DS (2009) Assessing the threat status of ecological communities. *Conservation Biology*, **23**, 259–274.
- Noss RF (1996) Ecosystems as conservation targets. *Trends in Ecology and Evolution*, **11**, 351.
- Noss RF, LaRoe ET III, Scott JM (1995) *Endangered Ecosystems of the United States: A Preliminary Assessment of Loss and Degradation*. U.S. Geological Survey, Washington, DC.
- NSW Scientific Committee (2010) Guidelines for interpreting listing criteria for species, populations and ecological communities under the NSW Threatened Species Conservation Act. <http://www.environment.nsw.gov.au/resources/nature/listingCriteriaGuidelines.pdf>. (accessed 2011-08-08)
- Paal J (1998) Rare and threatened plant communities of Estonia. *Biodiversity and Conservation*, **7**, 1027–1049.
- Pereira HM, Cooper HD (2006) Towards the global monitoring of biodiversity change. *Trends in Ecology and Evolution*, **21**, 123–129.
- Pressey RL, Logan VS (1994) Level of geographical subdivision and its effects on assessments of reserve coverage: a review of regional studies. *Conservation Biology*, **8**, 1037–1046.
- Queensland Government (1999) *Vegetation Management Act*. Queensland Government, Brisbane, Queensland, Australia.
- Raunio A, Schulman A, Kontula T (2008) *Assessment of Threatened Habitat Types in Finland*. Finnish Environment Institute, Helsinki, Finland.
- Reyers B, Rouget M, Jonas Z, Cowling RM, Driver A, Maze K, Desmet P (2007) Developing products for conservation decision-making: lessons from a spatial biodiversity assessment for South Africa. *Diversity and Distributions*, **13**, 608–619.
- Rodríguez JP, Balch JK, Rodríguez-Clark KM (2007) Assessing extinction risk in the absence of species-level data: quantitative criteria for terrestrial ecosystems. *Biodiversity and Conservation*, **16**, 183–209.
- Rodríguez JP, Rodríguez-Clark KM, Baillie JEM, Ash N, Benson J, Boucher T, Brown C, Burgess ND, Collen B, Jennings M, Keith DA, Nicholson E, Revenga C, Reyers B, Rouget M, Smith T, Spalding M, Taber A, Walpole M, Zager I, Zamin T (2011) Establishing IUCN red list criteria for threatened ecosystems. *Conservation Biology*, **25**, 21–29.
- Sala OE, Chapin FS III, Armesto JJ, Berlow E, Bloomfield J, Dirzo R, Huber-Sanwald E, Huenneke LF, Jackson RB, Kinzig A, Leemans R, Lodge DM, Mooney HA, Oesterheld M, Poff NL, Sykes MT, Walker BH, Walker M, Wall DH (2000) Global biodiversity scenarios for the year 2100. *Science*, **287**, 1770–1774.
- Sattler PS, Williams R (1999) *The Conservation Status of Queensland's Bioregional Ecosystems*. Queensland Environmental Protection Agency, Brisbane, Australia.
- Sayre R, Comer P, Warner H, Cress J (2009) *A New Map of Standardized Terrestrial Ecosystems of the Conterminous United States. Professional paper 1768*. U.S. Geological Survey, Washington, DC.
- Walker S, Price R, Rutledge D (2008) *New Zealand's Remaining Indigenous Cover: Recent Changes and Biodiversity Protection Needs*. Department of Conservation, Wellington, New Zealand.
- Walker S, Price R, Rutledge D, Stephens RTT, Lee WG (2006) Recent loss of indigenous cover in New Zealand. *New Zealand Journal of Ecology*, **30**, 169–177.