



武汉理工大学
WUHAN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

状态-压力-响应 (PSR) 模型





目录

CONTENTS

01 模型背景

02 模型简介

03 原理及算法

04 模型应用

05 发展趋势



模型背景

模型简介

原理及算法

模型应用

发展趋势

到目前为止，无论是国际还是国内，可持续发展指标体系还没有形成统一适用的标准，有关理论与方法特别是指标体系，还在探索完善之中，生态安全评价指标体系也尚处于研究阶段。

可持续发展指标是指评价环境、经济和社会可持续发展状况、压力及政策响应等全过程的指标。可持续发展指标体系是由可持续发展指标所组成的综合体。关于可持续发展指标的研究，联合国《21 世纪议程》号召“各国在国家一级、国际组织与非政府组织在国家一级，应探讨制定可持续发展指标的概念，以便建立可持续发展指标”。

20世纪80年代末，在加拿大政府组织力量研究的基础上，经济合作和开发组织(OECD)与联合国环境规划署(UNEP)共同提出了环境指标的P-S-R概念模型。



模型背景

模型简介

原理及算法

模型应用

发展趋势

PSR (Pressure-State-Response), 即压力, 状态, 响应。是环境质量评价学科中生态系统健康评价子学科中常用的一种**评价模型**, 最初是由加拿大统计学家David J. Rapport和Anthony Marcus Friend (1979) 提出, 后由经济合作与发展组织 (OECD) 和联合国环境规划署 (UNEP) 于20世纪八九十年代共同发展起来的**用于研究环境问题的框架体系**。

PSR模型使用“原因一效应一响应”这一思维逻辑, **体现了人类与环境之间的相互作用关系**。



原理

模型背景

模型简介

原理及算法

模型应用

发展趋势

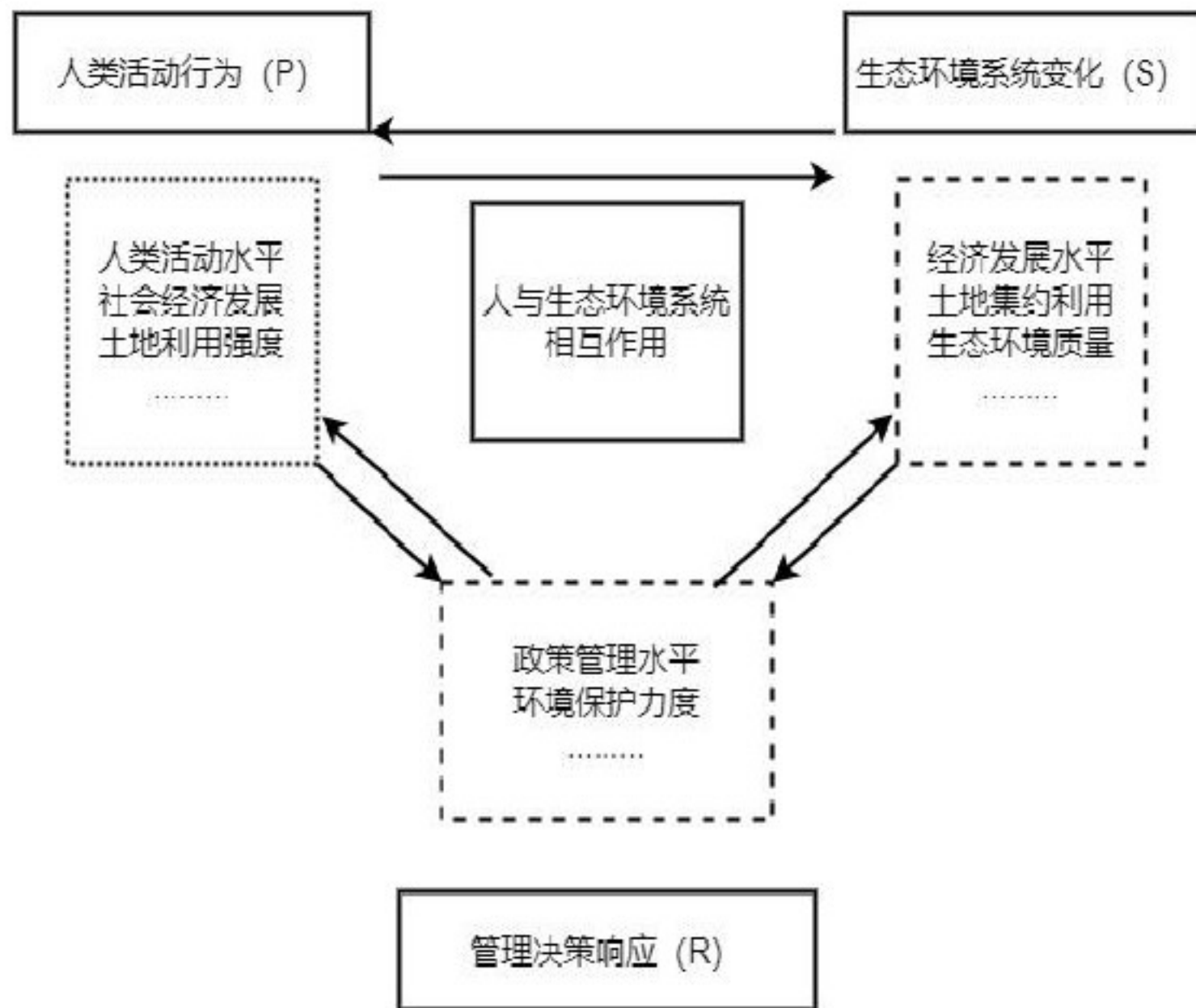
该模型区分了3类指标，即**压力指标、状态指标和响应指标**。

压力指标表征人类的经济和社会活动对环境的作用，如资源索取、物质消费以及各种产业运作过程所产生的物质排放等对环境造成的破坏和扰动；

状态指标表征特定时间阶段的环境状态和环境变化情况，包括生态系统与自然环境现状，人类的生活质量和健康状况等；

响应指标指社会和个人如何行动来减轻、阻止、恢复和预防人类活动对环境的负面影响，以及对已经发生的不利于人类生存发展的生态环境变化进行补救的措施。

PSR模型回答了“发生了什么、为什么发生、我们将如何做”3个可持续发展的基本问题。





黑龙江省生态安全评价

邱微,赵庆良,李崧,张建祺.基于“压力-状态-响应”模型的黑龙江省生态安全评价研究[J].环境科学,2008(04):1148-1152.

模型背景

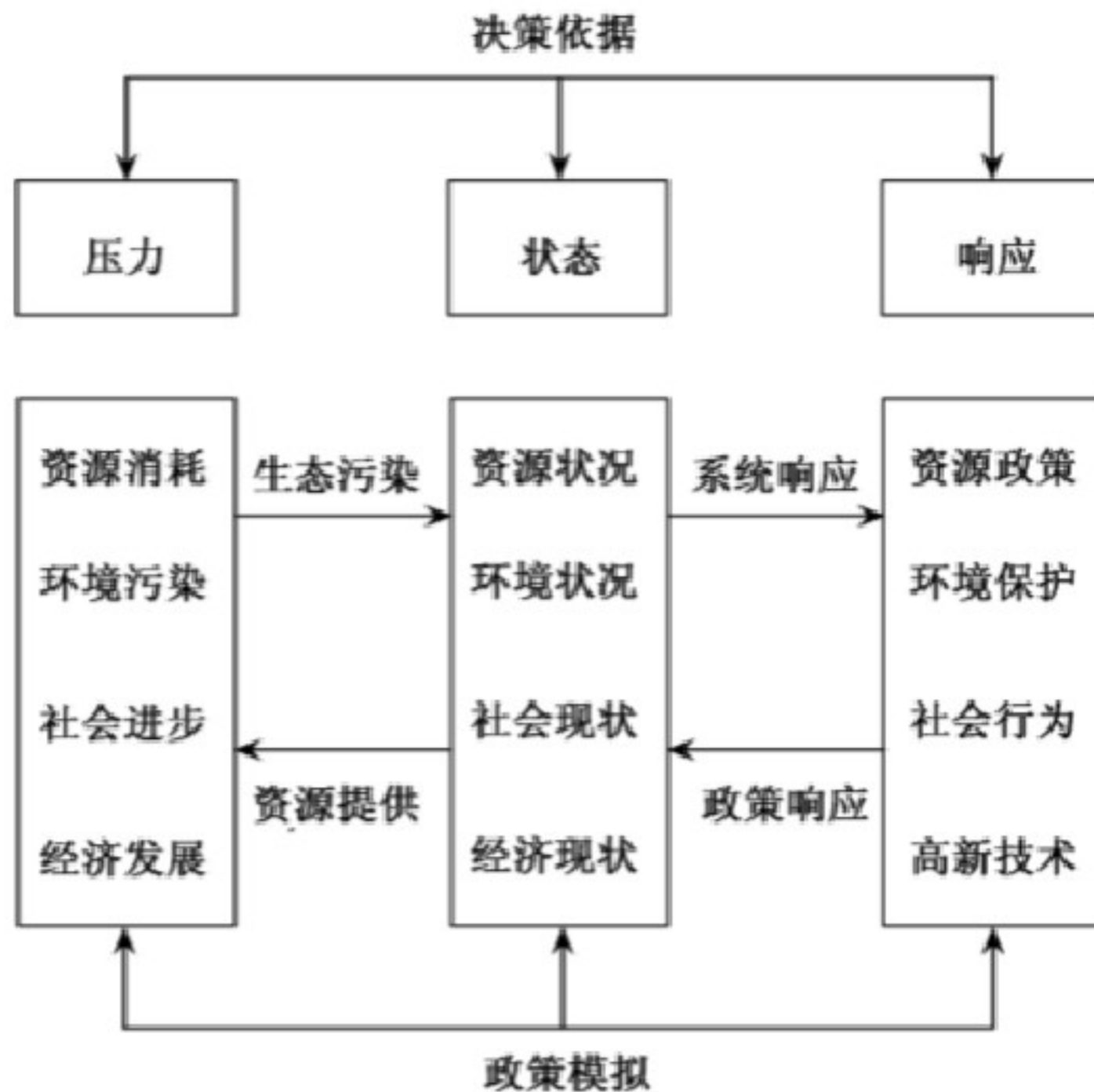
模型简介

原理及算法

模型应用

发展趋势

(1) 结合黑龙江省实际,因地制宜地确定指标体系。建立黑龙江省“压力-状态-响应”模式下的生态安全评价指标体系,共筛选指标 27 项。以生态安全为总目标,分别以压力、状态、响应为系统层,以“压力-状态-响应”模型中的具体指标为指标层。利用这些指标,确定并描述黑龙江省生态安全的状态与水平,丰富生态安全评价模型和方法。





黑龙江省生态安全评价

模型背景

模型简介

原理及算法

模型应用

发展趋势

(2) 利用层次分析法给每个指标赋权重

(3) 数据标准化处理, 利用功效系数评分法进行无量纲变换处理

正效应指标: 设共确定评价指标 m 个, 当前 p 个指标呈正效应时, 记第 i 个评价对象第 j 项指标原始值为 X_{ij} , 则第 i 个评价对象第 j 项指标的标准化值为:

$$X'_{ij} = \frac{X_{ij} - \min(X_{ij})}{\max(X_{ij}) - \min(X_{ij})} \times 100$$
$$(i = 1, 2, \dots, p; j = 1, 2, \dots, p)$$

负效应指标: 对于后 $(m-p)$ 个负效应指标, 其第 i 个评价对象第 j 项指标的标准值为:

$$X'_{ij} = \frac{\max(X_{ij}) - X_{ij}}{\max(X_{ij}) - \min(X_{ij})} \times 100$$
$$(i = p+1, p+2, \dots, m; j = p+1, p+2, \dots, m)$$

系统层		指标层	
指标	权重	指标	权重
压力	0.163 4	人口自然增长率/ $\%$	0.206 8
		年末总人口 $\times 10^4$ /人	0.158 7
		人均国内生产总值/元 \cdot 人 $^{-1}$	0.035 2
		人均水资源总量 $\times 10^4$ /m 3 \cdot 人 $^{-1}$	0.039 1
		千人拥有医生数/人	0.103 6
		城镇人均住房建筑面积/m 2	0.069 4
		人均占有耕地/hm 2 \cdot 人 $^{-1}$	0.042 2
		人均林木蓄积量/m 3 \cdot 人 $^{-1}$	0.036 0
		工业废水排放量 $\times 10^4$ /t	0.036 0
		工业废气排放量 $\times 10^8$ /m 3	0.088 6
状态	0.297 0	工业固体废物产生量 $\times 10^4$ /t	0.086 7
		化肥施用量(折纯)/kg \cdot hm $^{-2}$	0.046 3
		单位GDP 能耗/t \cdot (万元) $^{-1}$	0.104 4
		单位GDP 水耗/m 3 \cdot (万元) $^{-1}$	0.104 4
		集中式水源满足功能区要求率/ $\%$	0.084 7
		城市环境空气质量二级标准达标率/ $\%$	0.219 7
		森林覆盖率/ $\%$	0.211 9
		城市人均公共绿地面积/m 2	0.165 8
		自然保护区占全省面积比例/ $\%$	0.052 2
		恩格尔系数	0.056 9
响应	0.539 6	环保投资占GDP 的比例/ $\%$	0.258 7
		教育支出相当于GDP 比例/ $\%$	0.167 1
		研究与发展经费占GDP/ $\%$	0.252 5
		第三产业占GDP 比重/ $\%$	0.115 2
		每万人口在校大学生数/人	0.060 0
		工业固体废弃物综合利用率/ $\%$	0.073 2
		工业废水排放达标率/ $\%$	0.073 2



黑龙江省生态安全评价

模型背景

模型简介

原理及算法

模型应用

发展趋势

(4) 生态安全度(ESI)是1个衡量生态安全程度的指标,它是介于0~1之间的数,根据生态安全评估指标数据,可以判断区域的生态安全状况。

各子系统生态安全度计算模型:

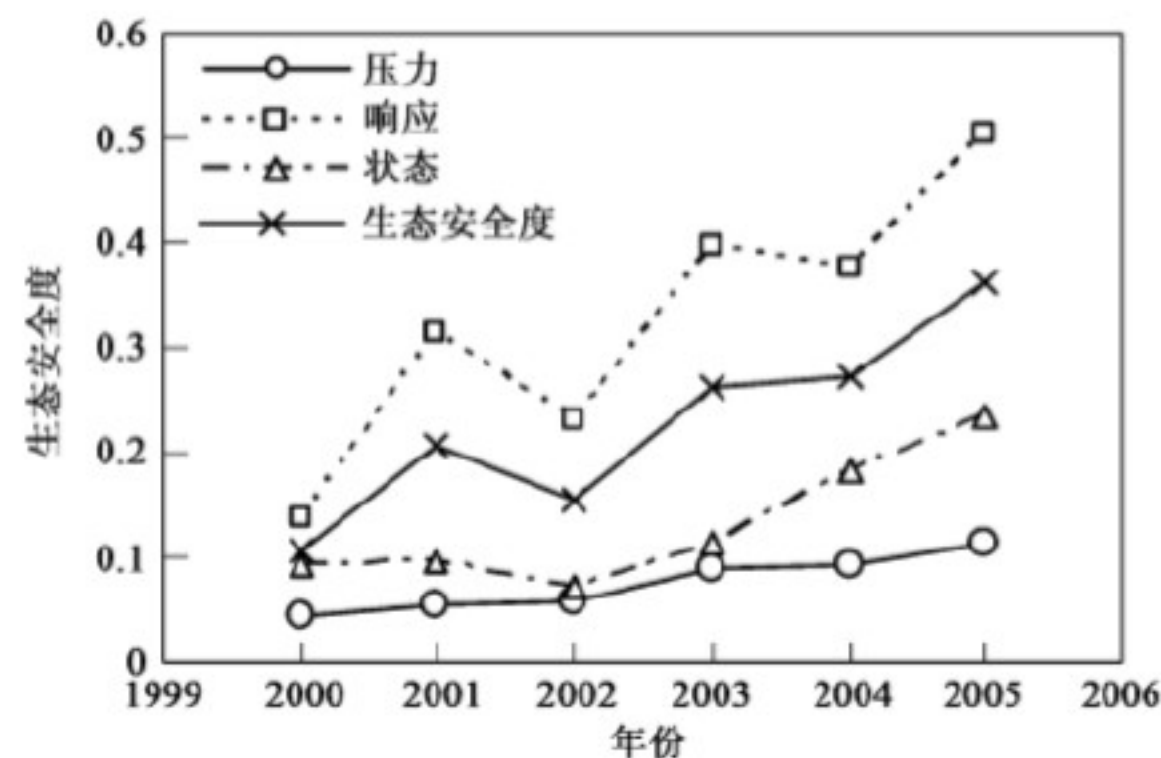
$$ESI_i = \sum_{j=1}^m X'_{ij} W_j$$

系统的生态安全度计算模型:

$$ESI = \sum_{i=1}^n ESI_i W_i$$

(5) 灰色动态模型(GM)经常用于短期预测,所需的数据量少,且可以达到满意的预测精度。采用灰色GM(1,1)建模,得到未来5年的模拟结果。

生态安全分级	分级标准	生态安全程度
V级	$ESI \leq 0.20$	很不安全
IV级	$0.20 < ESI \leq 0.35$	不安全
III级	$0.35 < ESI \leq 0.50$	临界安全
II级	$0.50 < ESI \leq 0.70$	较安全
I级	$ESI > 0.70$	理想安全



年份	压力	状态	响应	生态安全度	生态安全等级
2006	0.1389	0.3046	0.5603	0.4155	III(临界安全)
2007	0.1679	0.4118	0.6530	0.5021	II(较安全)
2008	0.2028	0.5367	0.7011	0.5709	II(较安全)
2009	0.2450	0.6627	0.7870	0.6615	II(较安全)
2010	0.2890	0.8776	0.8796	0.7825	I(理想安全)



长海县海洋生物多样性评价

黄备,魏娜,孟伟杰,张明霞.基于压力-状态-响应模型的辽宁省长
海海域海洋生物多样性评价[J].生物多样性,2016,24(01):48-54.

借助PSR模型选取评价指标

模型背景

模型简介

原理及算法

模型应用

发展趋势

压力指标

根据目前国内外对生物多样性影响因子的研究，生境破坏、海洋污染、外来种入侵和过度捕捞是海洋生物多样性的主要威胁。

状态指标

状态指生物多样性的现状或发展趋势，它是多因子时空相互耦合的综合反映。

响应指标

响应是描述政府、组织、人群和个人为预防、减轻、改善生物多样性状况而采取的对策、活动或投资。

人口密度 Population density

固定资产投资额 Fixed asset investment

外来物种养殖产量 Aquaculture of non-indigenous species

化肥使用量 Usage of fertilizer

工业废水排放量 Discharge of industrial waste water

旅游人数 Number of tourists

海上货运量 Port cargo

活性磷酸盐 Active phosphate

无机氮 Dissolved inorganic nitrogen

溶解氧 Dissolve oxygen

化学需氧量 Chemical oxygen demand

石油类 Oil

悬浮物 Suspended solid

浮游植物种类 Phytoplankton species

浮游植物密度 Phytoplankton abundance

底栖生物种类 Benthos species

底栖生物密度 Benthos density

固废利用率 Percentage of solid waste utilized

海洋保护区面积占有率 Percentage of marine protected area



长海县海洋生物多样性评价

层次分析法确定指标权重

模型背景

模型简介

原理及算法

模型应用

发展趋势

	压力 Pressure	状态 State	响应 Response	权重 Weight
人口密度 Population density	0.1402			0.0467
固定资产投资额 Fixed asset investment	0.0935			0.0312
外来物种养殖产量 Aquaculture of non-indigenous species	0.0935			0.0312
化肥使用量 Usage of fertilizer	0.0561			0.0187
工业废水排放量 Discharge of industrial waste water	0.0561			0.0187
旅游人数 Number of tourists	0.2804			0.0935
海上货运量 Port cargo	0.2804			0.0935
活性磷酸盐 Active phosphate		0.1533		0.0767
无机氮 Dissovled inorganic nitrogen		0.1533		0.0767
溶解氧 Dissolve oxygen		0.1533		0.0767
化学需氧量 Chemical oxygen demand		0.1533		0.0767
石油类 Oil		0.075		0.0375
悬浮物 Suspended solid		0.1533		0.0767
浮游植物种类 Phytoplankton species		0.0383		0.0192
浮游植物密度 Phytoplankton abundance		0.0511		0.0256
底栖生物种类 Benthos species		0.0307		0.0154
底栖生物密度 Benthos density		0.0383		0.0192
固废利用率 Percentage of solid waste utilized			0.5	0.0834
海洋保护区面积占有率 Percentage of marine protected area			0.5	0.0834



模型背景

模型简介

原理及算法

模型应用

发展趋势

采用离差归一化方法，其公式如下：

标准值 $I_i = 1 - |(X - X_{\max}) / (X_{\min} - X_{\max})|$

其中,指标的归一化值 I_i 范围为0–1, X 表示指标测量值， X_{\max} 表示指标的最佳值， X_{\min} 表示指标的最差值。

建立的海洋生物多样性指数(MBDI)计算公式如下：

$$MBDI = \sum W_i I_i$$

其中， W_i 表示指标 i 的归一化权重值， I_i 为第 i 种指标的归一化标准值。

区间	等级
$0.8 \leq MBDI \leq 1$	优
$0.6 \leq MBDI < 0.8$	良
$0.4 \leq MBDI < 0.6$	中
$0.2 \leq MBDI < 0.4$	差

年份	2013	2012	2011	2010	2009	2008	2007	2006	2005	2004
MBDI	0.4706	0.4716	0.5214	0.4951	0.5637	0.5982	0.6404	0.6292	0.6529	0.6597
等级	中	中	中	中	中	中	良	良	良	良



模型背景

模型简介

原理及算法

模型应用

发展趋势

模型的其他应用

生态安全评价

生态健康评价

生态系统承载力评价

城市/农村系统评价

.....

优点

PSR构建生态系统评价结构简明，便于操作，系统性较强，指标选取考虑较为全面，兼顾科学性和实际可操作性。

不足

虽提供清晰易懂的评价指标体系，但具体指标选取仍受制于主观经验和数据。



模型背景

模型简介

原理及算法

模型应用

发展趋势

1

结合具体研究对象，对压力-状态-响应指标层做相应的修改，使其更贴合研究对象和研究目标。

2

对后续的权重赋值和去量纲化过程加以改进，使指标权重设置更合理、数据更准确。

3

目前存在的普遍问题是仅仅将PSR框架引入土地集约利用指标体系构建的环节, 而评价分析中往往忽略了PSR模型的根本目标乃是要探讨‘压力’、‘状态’和‘响应’间的相互联系, 因而PSR框架的应用价值未能得到充分利用，需做出相应改变。



武汉理工大学
WUHAN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

THANKS!

请老师同学们批评指正！