

视角

定义一个可持续的发展 2030年和2050年的目标空间

分离器P. 范维伦,^{1, 2} *卡罗琳齐姆,³ 塞巴斯蒂安布施,³ 埃尔马克里格勒⁴ 茱莉亚莱宁格,⁵ 德克梅斯纳,^{6, 14} 纳基塞诺维奇,³ 约翰罗克斯特罗姆,^{4, 7} Keywan里亚希^{3, 8} 弗兰克·斯珀林,^{3, 9} 瓦伦蒂娜波塞蒂¹⁰ 萨拉康奈尔,⁷ 欧文·加夫尼,^{4, 7} 保罗L. 卢卡斯¹ 亚历山大波普,⁴ 康斯坦丁鲁赫,^{5, 11} 阿明冯席勒,⁵ Jörn O. 施密特^{12, 13} 还有博恩·索尔格⁴

¹ 荷兰环境评估署, 荷兰海牙

² 乌得勒支大学-哥白尼可持续发展研究所, 荷兰乌得勒支

³ 国际应用系统分析研究所, 拉克森堡, 奥地利

⁴ 波茨坦气候影响研究所, 莱布尼茨协会成员, 波茨坦, 德国

⁵ 德国死亡研究所-德国医学研究所/德国发展研究所, 德国波恩

⁶ UBA德国环境署, Dessau-Roßlau, 德国

⁷ 斯德哥尔摩弹性中心, 斯德哥尔摩大学, 瑞典斯德哥尔摩

⁸ 格拉茨理工大学, 格拉茨, 奥地利

⁹ 牛津大学地理与环境学院, 牛津, 英国

¹⁰ RFF-CMCC欧洲经济与环境研究所, CMCC, 米兰, 意大利

¹¹ 德国法兰克福, 社会科学学院歌德大学

¹² 海洋与社会中心, 基督教-祖基尔大学, 基尔, 德国

¹³ 国际海洋勘探理事会, 哥本哈根, 丹麦

¹⁴ 杜伊斯堡大学-埃森大学, 德国杜伊斯堡

*通信: detlef.vanvuuren@pbl.nl

<https://doi.org/10.1016/j.oneear.2022.01.003>

总结

随着可持续发展目标（可持续发展目标）的建立，世界各国都同意为所有人建立一个繁荣、社会包容和环境可持续的未来。然而，这一雄心暴露了基于科学的见解方面的一个关键差距，即如何同时实现17个可持续发展目标。定量的目标寻求场景研究可以帮助探索所需的系统的转换。这需要一个对“目标空间”的明确定义。用于监测可持续发展目标执行情况的169个目标和232个指标不能用于这一点；它们太多、太宽泛、无结构化，有时没有定量制定。在这里，我们提出了一套简化的基于科学的指标和相关的目标值，这些指标是可量化的和可操作的，以使场景分析有意义、相关和足够简单，以实现透明和可传播。这36个目标是基于可持续发展目标、现有的多边协议、文献和专家评估。它们包括了2050年作为一个较长期的参考点。这个目标空间可以指导研究人员开发新的可持续发展路径。

介绍

《2030年可持续发展议程》，¹ 于2015年由联合国大会通过，为普遍追求经济、社会、环境和体制目标制定了雄心勃勃的议程，并具体化为17个可持续发展目标（SDGs）和169个相关目标。与其他国际协议（如巴黎气候协议和爱知生物多样性目标）一起^{2, 3}，《2030年议程》旨在确保发展模式带来福祉和社会包容，同时维持地球的生物物理生命支持稳定系统。实现可持续发展目标将需要对当今社会进行根本性的变革。^{4 - 7} 然而，要确切地理解到底需要什么并不容易。尽管对于某些目标（e.g., 气候行动，可持续发展目标13），有文献表明如何实现它们，这样的文献是稀少或缺乏许多其他。更重要的是，几乎没有任何关于共同实现所有可持续发展目标所需要的信息，⁵ 会计的

可持续发展目标与可能的协同效应或权衡之间的联系。^{4, 8 - 12} 例如，寻求所有人粮食安全的一种方法（可持续发展目标2）是增加产量，可能通过更集约化的农业，这可能导致更多的化肥使用，从而排放一氧化二氮（可持续发展目标13）或导致水资源短缺（可持续发展目标6）。同样，利用生物能源减少温室气体排放（SDG13）可能导致农业用地的扩张，并可能减少生物多样性。然而，也存在许多协同效应；e.g., 通过扩大可再生能源（可持续发展目标13）减少温室气体排放也可以减少空气污染物排放，从而改善健康（可持续发展目标3）。最近的研究着眼于在国家一级实现多项可持续发展目标^{13, 14} 或者是特定的可持续发展目标群体。^{6, 15 - 17} 尽管如此，除了少数例外，没有研究关注同时实现所有17个可持续发展目标的情景或长期影响，这对真正的可持续规划至关重要（值得注意的例外包括Randers等人的工作。¹⁸ Soergel等人。¹⁹）。这种知识差距也被各种人所强调

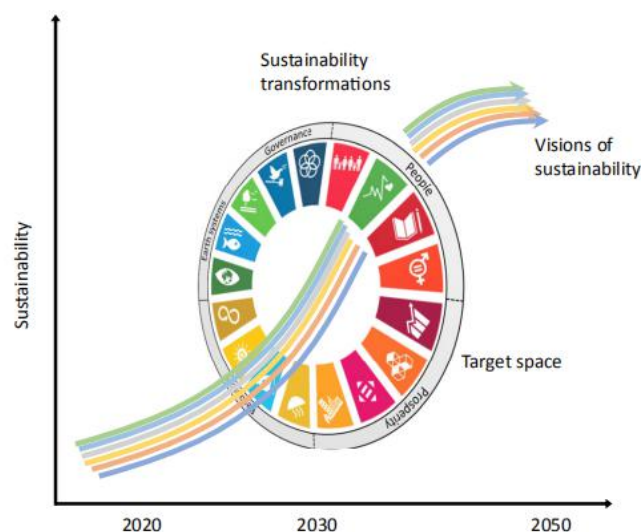


图1. 对目标空间的概念化，展示了它是如何与所需的社会转型和长期的可持续性愿景相联系的

政策报告和科学项目，如基于科学的目标倡议²⁰以及《联合国全球可持续发展报告》。²¹ COVID-19大流行造成的当前形势和恢复进程可能使或阻碍实施可持续发展目标的途径，使这一点变得更加重要。^{22, 23} 显示如何实现可持续发展目标的情景可以发挥与气候领域的排放和气候情景类似的作用；i. e., 刺激科学研究，并帮助政策制定者将雄心壮志转化为具体的行动。由于实施记录缓慢，确定实现可持续发展目标的途径变得更加紧迫。

任何旨在对实现可持续发展目标的途径进行定量分析的工作都需要精确地制定目标空间²⁴⁻²⁷；i. e., 明确制定了一套有限的目标，并全面涵盖了可持续发展目标的雄心。虽然目前的169个目标和232个指标可以跟踪全球和国家一级执行《2030年议程》的进展情况，²⁸它们过于宽泛、非结构化和复杂，无法支持转换轨迹的定量分析，而且并不总是基于科学的。因此，由于缺乏一个包括所有相关的、可持续发展方面的相对简单的框架，所有规模（全球、国家或地方一级）的情景发展的进展都有所放缓。然而，定义一个目标空间并不容易。例如，在与可持续发展目标有关的几个科学领域中，定量预测并不是一种常见的做法。^{29, 30} 此外，任何目标的选择都会自动忽略重要的主题。

制定一个标准化的目标空间可以帮助科学界分析满足可持续发展目标的途径。标准化集的一个关键原因是，没有任何单一的模型能够有意义地处理目标空间的所有方面。因此，社区应该与一组（耦合的）模型一起工作，以提供更全面的分析。³¹ 目标空间和转换叙述对于提高广泛的可比性和一致性至关重要

对可持续发展目标的定量研究（同时，提出比这里提出的新指标和目标也很重要，以保持异质性，刺激创新，并公平不确定性³²）。

本文提出了这种系统的设定目标空间公式，可用于可持续发展情景，并可在情景研究中进行测试和评价。目标可以用来超越更面向主题的场景练习到目前为止，如气候（政府间气候变化专门委员会[IPCC]），生物多样性（政府间科学政策平台在生物多样性和生态系统服务[IPBES]），和粮食（粮食及农业组织[粮农组织]），向综合分析人类地球框架。在论文和补充信息（注S1）中，我们解释了为什么选择目标的原因。未来的研究可以通过利用它，进一步细化指标或目标值，促进这一指标或目标，并有助于改进个别指标或联系的建模。因此，该集合可以在应用程序中进行测试（例如，参见Soergel等人。³³作为第一个例子），在全球、区域、国家和国家以下一级，提供了对该集合的有用性和适用性的见解。在本文中，我们简要地说明了通过将这组目标应用于中间道路场景的可用信息的使用。³⁴随着经验和场景应用程序的增加，目标空间预计将得到调整和改进。

定义一个可持续的发展目标空间

目标空间的制定利用了作为2050年世界（TWI2050）倡议的一部分的专家讨论；关于这一倡议和参与机构的进一步信息可在www上找到。twi2050.org。TWI2050召集了参与情景建模的科学家、社会 and 自然科学家，以及来自世界各地的政策分析师，为可持续发展路径的发展和进行合作和协商咨询⁵（图1）。TWI2050已经确定了六个基本的转变，描述了同时实现可持续发展目标和将可持续发展延长到2030年以后的一套干预措施：（1）提高人口能力和人口，（2）建立负责任的消费和生产模式，（3）实现脱碳和包容性和可持续能源系统，（4）建立可持续的土地利用管理和获取粮食，同时保护陆地和水生生态系统的生物多样性，（5）发展可持续发展的城市和社区，（6）将数字革命与可持续发展目标相结合⁵（萨克斯等。⁷提供了一个稍微适应的变体）。在选择目标空间指示器时，请记住这些转换（有关连接，请参见注释S2）。参与2050TWI的大约60名科学家协助制定了目标空间。这涉及到指标的选择，以及相关的目标值。在这个过程中有几个步骤（图2）：（1）制定目标空间和选择标准的关键原则；（2）审查文献中现有的一些指标和目标，并与可持续发展目标有关；（3）最终选择一套指标和目标。

一个地球5, 2022年143年2月18日

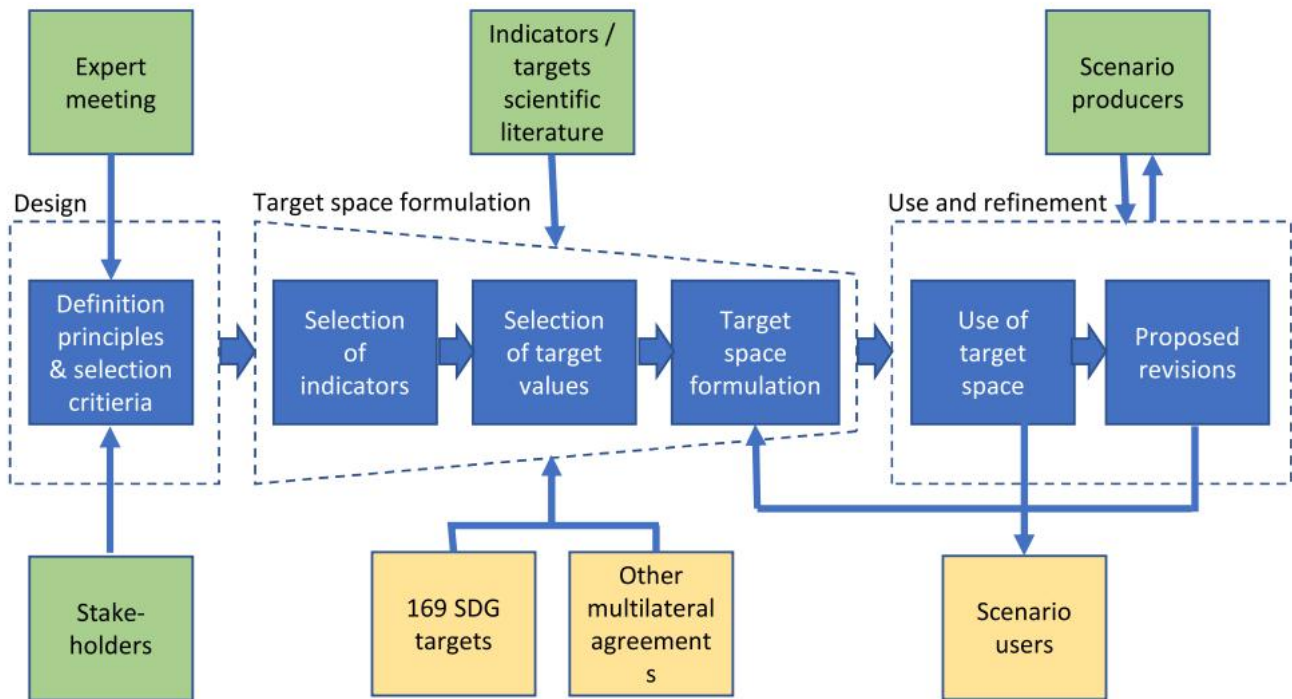


图2。定义和应用目标空间的过程

指标选择的原则和准则

首先，制定了一系列选择指标和设定目标的原则（表1）。第一个原则是确保这些指标与社会相关；i.e.，它们与可持续发展目标中所表达的社会议程有关，这是全球政治协商进程的结果。这个集合也需要是以科学为基础的；i.e.，它应该与全球可持续性科学的见解相一致。这就导致了第三个原则，即必须包括一个更长期的视角（适用于2030年及以后）。第四项原则强调，指标必须是可靠地可量化，以便能够进行定量分析。操作简单、透明和可用性的第五个原则旨在确保决策者的定量分析的相关性（表1）。例如，这意味着需要限制目标的数量。第六个原则是，目标需要是可采取行动的（i.e.，和（至少在理论上）的可实现性。最后，还需要提供可比较的数据和知识。关于2030年以后的相关性的一个关键论点是，向可持续发展的转变是一个长期的过程，因此必须检查事态发展是否符合这些长期目标（e.g.，对于气候变化而言，2030年的大幅减排只是迈向本世纪中叶实现净零排放的一步；参见莫阿勒米等人。

³⁵）。短期目标并不总是能实现，这一事实也为增加长期重点提供了另一个理由。

我们对保持可持续发展目标空间的分析可控和透明的雄心，随后转化为每个可持续发展目标只选择两到三个目标的标准。一种方法是（如果相关的话）根据实际期望的状态和，对那些代表端点的目标进行优先排序

而不是实现这种状态的手段。另一种方法是避免目标指标之间的重叠。由于可持续发展目标是相互关联的，为给定的可持续发展目标选择的指标也可以涵盖其他可持续发展目标的各个方面（例如，接入互联网和金融机构与可持续发展目标9有关，包括可持续发展目标10关于减少不平等的方面）。每个目标也应适合进行定量分析，并对政策选择敏感。表1更详细地讨论了如何在指标选择和设定目标中应用关键原则。

目标值和目标值的选择

根据上述标准，专家审议提出了一套目标³⁷根据上述标准和现有文献（表2）进行了迭代改进。鉴于第一个原则，我们从作为2030年议程和多边协议的一部分的初步目标清单开始，并辅以（科学）文献，例如行星边界指标^{27, 36, 38}（在描述指标选择的段落中提供了更具体的参考资料）。关于具体的数字目标值的选择，表1中规定的标准意味着，（1）这些值最好是直接取自《2030年议程》和其他国际协定，或（2）直接取自科学文献。作为替代方案，（3）使用了表现最好的国家的价值，或（4）被评估为与可持续发展目标的基本原则（e.g.，零饥饿）。可持续发展解决方案网络（SDNS）网络对其国内目标也采用了类似的方法。³⁹在某些情况下，需要更精确地确定目标以便定量评价（e.g.，饥饿的概念需要详细规定每人每天的千卡数）。最后，我们的最后一套还包括了一些例子

表1。确定可持续发展目标空间的标准

目标空间基础的关键原则：

目标指标应该是目标选择的派生标准

社会相关性	目标空间涉及围绕17个可持续发展目标组织的可持续发展领域；尽可能使用与可持续发展目标或其他国际协定的目标直接相关的指标和目标值	
基于科学的	这些指标需要解决科学文献中所讨论的人类发展（人）、社会经济福祉（繁荣）、国家和国际安全（和平）以及全球环境变化（地球）等最紧迫的方面，如行星中优先考虑的过程	如果对必须在2030年或更晚之前实现的基于科学的目标达成共识，则应使用这些目标
边界框架 ^{3,6}		
对2030年及以后有效	这些指标应与可持续发展目标的时间框架（2030年）和长期（2050年及以后）有关，并考虑到路径依赖性	对于2050年，目标值要么保留绝对的2030度量（e.g., 零饥饿，所有人都能获得能量），甚至提高这些价值；在后一种情况下，这些值被设定为让所有人过上体面的生活
可量化的目标应该非常适合于目标值，需要明确指定	尽可能多的特征在当前状态下适合于定量分析	纳入定量分析，捕获和以适当的精度，以便
透明的	艺术的整合模型；他们也需要显而易见	
	该集合应该被明确地定义，并且个别指标应该很容易理解（e.g., 避免多维指标）；在捕捉《2030年议程》全球特征的同时，每期的指标数量应尽可能低和互补；因此，我们的目标是每个可持续发展目标最多有两三个指标，分配的一些指标可以与多个可持续发展目标有关；我们优先选择描述系统转型最终价值的指标，而不是实现这些指标的手段	目标价值应确保不同可持续发展目标的各项指标的一致性，并与可持续发展目标的基本原则和其他国际协定的目标联系起来
可操作和可实现的	这些指标应该是可操作的，并对政策举措敏感（从而与系统转型联系起来）	目标值来自现有协议；目标应该可以达到，例如，由一些人演示
数据和知识的可用性	指标只有在数据时才有用可用于监控进度	国家 到达 那 目标 目标值需要根植于数据之中 和知识

哪些目标值尚未提供，例如通过衡量2030年和2050年之前与冲突有关的死亡人数的减少情况来量化和和平。在应用目标空间时，必须记住两个挑战。首先，这些目标是相互关联的。^{10, 11}可持续发展目标之间的协同作用加强了实现不同的目标（e.g., 获得饮用水可以改善健康状况），而权衡可能会限制或阻碍其他目标的实现。^{5, 7} 第二，虽然有一些目标是普遍存在的，可以应用于不同的地理尺度，但其他目标目前主要集中在全球范围内。我们假设，在定量分析中，模型团队将找到应对这些挑战的方法，并鼓励国际社会在拟议目标空间的未来应用中进一步阐述。⁴⁰

所选的指标和目标值

我们在五个集群中讨论了目标和指标的选择，并在补充信息中提供了关于选择的额外信息（注S1）。集群是基于关键元素 of sustainable development introduced in the preamble of the 2030 议程¹；i.e., (1) 动员人民在尊严和平等方面的潜力，尤其是需要消除贫困（人民）；(2) 确保所有人都能享受繁荣和充实的生活（繁荣）；(3) 保护地球免受退化，包括确保对关键资源（地球）的更可持续的管理；(4) 确保管理良好、和平、公正和包容的社会不受恐惧和暴力（和平）。我们已经把行星元素分成了两个部分

表2。2030年和2050年目标空间的目标和指标

侧轨	规范性的 球门	指示器	现状 (2015年左右)	2030年目标	2050年目标
(1) 无贫困	结束极端贫困	生活在国际贫困线以下的人数	8.89亿 (13%) ⁴¹	0	0
(2) 零饥饿	绝食	人数 营养不良的 (低于MDER)	7.95亿 (11%) 人 营养不良的 ⁴²	0	0
	所有人的健康饮食	人数 肥胖症 (BMI >30) ⁴³	6.36亿 (9%) 2010 ⁴⁴	0	0
(3) 健康健康	达到足够的 全民医疗保健	健康人生 期望值 出生 (年)	全球平均为63.12年 的国家范围[45.6- 75.2] ⁴⁵	>65 ²⁷	>70
		5岁以下儿童的死亡率 (每1,000例活产婴儿 的死亡率)	全球均值43; 撒哈拉以 南非洲的99个 ⁴⁶	25	12
(4) 素质教育	普及初中教育	完成初中教育的比 例	90%的主要和 降低76.7% 次要的 布通率 ⁴¹	80%二次; 100%初级	100%二次
(5) 性别平等	最终性别 歧视 教育	性别差距 平均年 教育的 人口老龄化 R15年	全球平均值: 0.79 ⁴⁷	0	0
	实现性别薪酬平等	女性估计 已获收益 过男	52% - 87% ⁴⁸	1	1
(6) 清洁的水和卫生 设施	普遍可以获得清洁的 水	无法获得改善水源的 人口	6.6亿 (9%) ⁴¹	0	0
	普遍获得卫生设施	无法获得改善的卫生 设施的人口	.420亿 (32%) ⁴¹	0	0
	最终缺水	水分胁迫区域 (大多数 缺水月份/季节的水分 胁迫指数)	11% ⁴⁹	无增加	无增加
(7) 负担得起和 清洁能源	为全民服务的通用现代 能源服务	用传统生物质烹饪	.820亿 (37%) ⁵⁰	0	0
		没有基本用电通道 的人口	.110亿 (13%) ⁵⁰	0	0
(8) 工作体面, 经济增 长良好	为所有人工作	失业率 (正式经济)	6% ⁴²	6% ²⁷	6%
	全球经济 收敛	一个国家的人均GDP与 经合组织的平均人均 GDP的比率 (均以购买 力平价计算) ⁴¹	平均低收入国家: 5.0%; 平均中低收入 国家: 16.7% (2018年 均为两者)	低收入国家: 增长2 倍; 中低收入国家: 增长50%	低收入国家: 增长4倍 (至少达到15%); 中 低收入国家: 3倍

增加

(在下一页继续)

2022年2月18日

表2。继续

侧轴	规范性的 球门	指示器	现状 (2015年左右)	2030年目标	2050年目标
(9) 行业， 创新和 基础设施	R&D	研发强度，i.e., 私 人和政府资助的国内研 发支出总额（GERD）占 GDP的百分比	1.7% ⁵¹	3% ⁵²	3%
	通用访问 到ICT	使用互联网的人口比 例（%）	46% ⁵³	95%	95%
	普及高等教育 融资	有金融账户的成年入 口的比例 机构（%） ⁵⁴	69%	米德尔和高 收入国家： 90% 低收入 国家：80%	95%
	快速访问 经济中心	前往最近的至少有5 万居民的城市的旅 行时间 ⁵⁵	高收入国家：90%的 人口不到1小时 低收入国家：20%的人 必须旅行超过3小时	中等和高收入国家： 90%的人口低收入国家 少于1小时：90%的人口 少于3小时	所有国家：减少 超过1小时的90% 人口
(10) 减少 不平等	相对减少 贫穷	国民日收入中位数50% 以下的人数（占人口的 %） ⁵⁶	>1.40亿（、20%） 人口	15%	10%
(11) 可持续发展的城 市和社区	为所有人提供体面的住 房	居住在贫民窟的人 口（城市）	8.8亿（占城市人口 的30%） ⁴²	10%	0
	改善城市内的空气质 量	暴露于年平均PM2.5的人 口。5 > 25 mg/m ³⁵⁷	65% ⁴¹	20%	10%
(12) 责任人 消费和 生产	减少浪费和 污染	食物流失和浪费	33% ⁵⁸	<15%	<15%
		市政材料回收	34%的经合组织 ⁵⁹	59%（前5名 2015年国家）	-
(13) 气候行动	限制全球变暖	远低于2°并努力将气温 上升限制在1.5摄氏度 °C高于工业发展前的水 平	55 GtCO ₂ -eq ³⁴	实现长期目标的途径： 或在全球范围内至少低 于<27-40 GtCO ₂ -eq ⁶⁰ (1.5及以 下2°C, 50 th 百分位	实现长期目标的途径： 或全球至少低于<7-18 GtCO ₂ -eq ⁶⁰ (1.5及以 下2°C, 50 th 百分位
(14) 水下生活	海洋中的磷平衡	磷从淡水系统流入海 洋	、22 Tg P y ⁻¹ ³⁶	11 Tg P y ⁻¹ ³⁶	11 Tg P y ⁻¹ ³⁶
	可持续地管理海洋资 源	在生物可持续水平内 的鱼类资源的比例 ⁶¹	65% ⁶¹	90% ⁶²	100% ⁶²

(在下一页继续)

表2。继续

侧轨	规范性的 球门	指示器	现状 围绕 2015)	2030 目标	2050 目标
(15) 陆地生命停止全球土地系统：面积4000公顷 ⁶³ 全球无进一步损失：75% (75%- 改变林地占原始森林的%54%)，由 采伐森林		原始森林覆盖			林型 ³⁶
		生物群落：面积			
		林地占%			
		潜在森林			
	平衡氮气工业和，150TgNy ⁻¹³⁶ 62 Tg N y ⁻¹³⁶ 62 Tg N y ⁻¹³⁶				
	在土壤中有意的生物	N的固定			
	保护生物多样性	比伊		没有降解，没有降解，从 2020年以后，2020年以后	
(16) 和平、正义、减少暴力和与战斗有关的死亡人数>93,000人 ⁶⁴ 每个国家/年 ^{0b} 每个国家/年 ^{0b} 以及强烈的死亡和死亡 机构					
		片面的暴力			
				促进全球平等规则：0.69 (基于增加所有个人增加所有个人	
	法律和确保平等的法律 and 个人的合作等。 ⁶⁵) 的国家分数，在国家分数，在	自由指数 ^a		至少>0.9 ^b 至少>0.9 ^b	
	诉诸司法				
	尽管				
				确保响应性，相同的访问索引 ^a 全球：0.63 (基于增加所有个人增加所有个人	
	包括在内，在科佩奇等人身上。 ⁶⁵) 的国家分数，在国家分数，在			至少>0.9 ^b 至少>0.9 ^b	
	供人分享的 和				
	代表				
	决策				
(17) 伙伴关系增加统计统计能力62.0 (全球平均增加100，增加100 目标能力得分：149个国家的来源数据) ⁶⁶ 所有的国家，所有的国家 (第二个维度 统计学 容量指示器 世界银行					
	加强国内政府全球平均：24%-提高到20%保持水平				
	资源调动收入28% (没有自然国家目前为2030年的门槛				
					一低于这一阈值，没有收入
			2015年 (基于ICTD/否则，维护由 更宽的 ⁶⁷)		自然开发 资源
					提高全球平均增加值386倍
	与国际非政府组织的相互联系 (基于UIA， ⁶⁸ 第25百分位和第25百分位 全球公民社会，一个国家是一个国家<50万基于数据基于数据				
				成员，是否不包括在内) 2017年的国家，2030年的国家 直接或通过低于这个阈值，低于这个阈值， 其他成员的存在，否则保持其他维护	
		在 那个 国家 ^a			

大多数目标可以适用于区域或国家一级。MDER，最低膳食能量需求；BMI：身体质量指数；PPP，购买

功率均称；ICT、信息和通信技术；PM2.5，小于2.5微米的细颗粒物；P =磷；N=氮；BII，生物多样性完整性指数；非政府组织、非政府组织。

^a我们不知道基于模型的阈值的指标。

^b我们不知道基于模型的长期预测的指标。

关于行星完整性和可持续资源管理的两个集群。第一组集中于地球系统本身的功能；第二个是关于人类和地球系统之间的界面：对关键资源的利用，包括土地、能源和水。

The resulting clustering of targets and indicators serves作为一种可访问但有意义的形式，以一种可读的方式呈现大量的指标。这些集群和我们讨论的顺序并不意味着任何形式的层次结构，也没有考虑可持续发展目标之间的相互作用。使用内部

2022年2月18日

基于模型的分析将这样做(可以与六种转换结合起来^{5, 7}). 表2总结了由SDG组织的目标空间。[关于替代指标和我们选择的更多信息可以在补充信息中找到（注释S1）。](#)

人（可持续发展目标1、3、4和5）

针对消除贫困、保健、教育和两性平等的可持续发展目标共同代表了人类的一个概念

发展以前有几个指标被用来捕捉人类发展的多维本质，旨在评估经济增长以外的长期进展。一个广泛使用的指标是联合国开发计划署（开发计划署）人类发展指数（HDI），该指数概括了发展的三个方面：过着长寿和健康的生活、获得知识和达到体面的生活水平。⁶⁹在选择指标时，我们在此基础上包括可持续发展目标1的极端贫困人数、可持续发展目标3的健康预期寿命和5岁以下死亡率、可持续发展目标4的中等教育完成情况以及可持续发展目标5在教育与收入方面的性别差距。

对于可持续发展目标1，显然需要将一个指标与到2030年没有人生活在极端贫困中的目标作为一项基本要求。一个关键问题是如何定义极端贫困。世界银行的全球贫困线⁷⁰被选为2030年的阈值，因为它已经建立和研究良好。这个

全球贫困线已定期更新，以反映世界各地不断增加的生活成本。当目标1.1特别提到每天1.25美元时，世界银行已将绝对贫困线更新为每天1.90美元（2011年美元）。出于实际原因，我们在2030年和2050年使用人均每天2美元（2015美元），并在一段时间内保持不变（考虑到对通货膨胀的修正）。相对贫困也包括在可持续发展目标10中，并在繁荣集群中进行了讨论。可持续发展目标3旨在确保健康的生活。出生时的健康预期寿命通常被认为作为一个总结指标。²⁷可持续发展目标集包括其他一些指标，包括孕产妇死亡率，文献中也使用了许多其他指标。然而，健康预期寿命指标的优点是它是包罗万象的。它提供了一个机会来减少我们的选择标准所设想的指标的数量。可持续发展目标关于5岁以下儿童死亡率的目标被用于跟踪发展中国家的进展情况。可持续发展目标的目标水平是，2030年每1000名活产婴儿中有25人死亡，到2050年进一步减半，以增加进展。虽然这仍远低于发达国家目前记录的水平，但它仍然是雄心勃勃的和可以实现的。所考虑的其他指标包括出生时的正常预期寿命，即避免40%的过早死亡的目标，⁷¹以及全球疾病负担研究中使用的与健康相关的可持续发展目标指数的中位数。⁴⁵虽然后者也是一个包含在内的指标，但它目前需要一套过于全面的基础指标进行建模。可持续发展目标4的目标是优质教育。普及中等教育的增加扩大了千年发展目标（千年发展目标）的雄心，它只针对普及初等教育。这一补充部分是基于这样的见解，即贫穷国家要摆脱贫困，普及初等教育是不够的，因此需要以对广大人口的中等教育作为补充。⁷²我们选择了接受较低中等教育的年轻人的比例，因为这涵盖了大多数国家的义务教育时间，而且有可靠的数据。考虑到目前初等教育入学率，到2030年实现100%完成初中教育几乎是不可能的，因此根据中等教育和人口预测，提出的目标值2030年为80%，2050年为100%。

⁶⁹ 其他指标可能包括识字率、预期受教育年限、参与儿童早期教育、份额

在中等教育程度较低的总人口中，通过研究生就业来衡量教育质量和平均受教育年限。可持续发展目标5的目标是实现性别平等。在这个可持续发展目标所涵盖的广泛领域中，我们选择了教育和收入来追踪女性赋权。根据可持续发展目标5的要求，目标目标是在2030年完全平等。虽然一些模型涵盖了教育方面的差异，但目前工资差距很少得到解决，可能成为未来的替代指标。教育差距指标的优势在于，它与未来的能力直接相关，并与生育水平等其他指标建立了基于科学的联系。用于跟踪目前在性别平等方面的进展的其他指标包括妇女妇女的劳动力参与率、妇女在国家议会中的比例、妇女在管理角色中的比例、合法的性别歧视和性暴力率。然而，目前综合评估模型都没有捕捉到这些，数据质量各不相同。

繁荣（可持续发展目标8、9、10和11）

可持续发展目标8、9、10和11在它们对社会经济条件的关注方面密切相关，并作为一个集群，设想为所有人提供繁荣和充实生活的社会和经济。可持续发展目标8的目标是持续和包容性的经济增长和充分和体面的就业。随着高收入国家的繁荣不再是由经济增长本身所驱动的，⁷³重点放在低、中低收入国家的充分经济增长，最终导致生活水平趋同。因此，我们提出了一个经济趋同指标，以目标国家的人均国内生产总值（GDP）与经济合作与发展组织（OECD）人均国内生产总值的比率来衡量（均以购买力平价、PPP）来衡量。我们的定量目标是基于国内生产总值/人均快速增长和收入趋同的历史例子，特别是1960–1995年期间和1990年后中国的亚洲老虎经济。在这些情况下，人均GDP/人均相对于发达经济体在几十年内乘以R4倍，人均增长率为7%。⁷⁴顺便说一句，我们注意到，在共享社会经济路径（SSP1）情景的GDP和人口量化条件下，许多国家将实现这些目标，这是一组主要用于气候研究的社区情景。⁷⁵可持续发展目标8的第二个指标与就业和体面工作有关（目标8.5–8.8）。工作有两个关键的目的。它让个人能够获得经济收入来娱乐自己选择的生活，并为生活提供了意义和组织结构。由于限制相对贫困的可持续发展目标10目标意味着所有人的体面收入（见下文），我们在此关注足够的体面就业机会，并选择失业率作为劳动力市场运作的指标。然而，我们承认，劳动参与率也是相关的指标，因为更高的参与率可以产生社会和经济价值，⁷⁶随着数字化和自动化程度的增加，未来的工作可能会发生重大变化。⁷⁷因此，我们最终可能需要对具有经济或社会价值的活动有一个更广泛的概念，以涵盖体面工作的目标。在奥尼尔等人之后，²⁷我们设定了一个只有不到6%的劳动力失业的目标

(或者,更广泛地说,没有有价值的活动)。可持续发展目标8还包含了消除强迫劳动和童工劳动(目标8.7)、保护劳工权利和促进安全工作环境的基本目标(目标8.8)的基本目标。这些基本目标在我们的一套指标中没有明确指出。然而,与消除贫困(可持续发展目标1)、普遍教育(可持续发展目标4)、广泛获得社会经济活动(可持续发展目标9)、体面收入(可持续发展目标10)和生活条件(可持续发展目标3、6、7、11)以及性别平等(可持续发展目标5)有关的一系列指标暗示了这些指标。

为可持续发展目标9提出的指标旨在捕捉基础设施(物理和非物理)和创新的多个方面,重点是可作为关键促成因素的技术和服务。根据现有的创新投资政策目标,我们选择了一个国家的研发(研发)强度,包括私人 and 政府的研发支出,作为创新的代理。在基础设施方面,我们选择了三个互补的指标,广泛涵盖接入实体和数字市场、信息和金融:接入互联网的人口比例、接入金融服务,以及以前往最近的主要城市的旅行时间为代表的经济中心⁵⁵作为基础设施的代理。可持续发展目标10呼吁减少各国之间和国家内部的不平等。为可持续发展目标8提出的收入趋同指标已经涵盖了各国之间的不平等维度。对于国家内部的不平等,我们关注相对贫困,并使用经合组织的定义⁵⁶生活在全国收入中位数一半以下的人。目标10.2.1)。为了得出这一指标的定量目标,我们检查了从世界发展指标中提取的基尼指数的国家统计数据。⁴¹近年来,测量的基尼指数约为25,约有15%-20%的国家基尼指数低于30。因此,我们将%30的价值作为到2050年将实现的一个雄心勃勃但仍然是现实的目标。在对数正态收入分布的假设下,我们可以解析地将基尼系数与我们提出的指标联系起来。这使得2050年最多有10%的人口收入低于收入中位数的一半(独立于平均收入水平)。我们提出一个中间目标,到2030年最多达到15%的相对贫困人口。最后,可持续发展目标11,我们关注可持续城市的两个核心方面:足够和安全的住房,由人数生活在贫民窟,和一个健康的环境代表的人每年平均污染水平的颗粒物直径2.5毫米或更少(PM2.5)。PM2.5的阈值遵循世界卫生组织(WHO)指南的上高值(24小时平均值)⁵⁷(世卫组织,WHO,2018年),并与欧盟(EU)使用的年平均阈值相一致。作为目标,我们建议,到2050年,只有不到10%的城市人口暴露于更高的年平均PM2.5水平,而到2030年,则低于20%。这些值与欧盟的当前值相当。⁷⁸综上所述,所选的指标为一个经济提供平等获得体面工作、收入和生活条件的能力提供了一个强有力的指标。⁷³

行星完整性(可持续发展目标13、14和15)

关于气候行动和水生和陆地生物多样性的可持续发展目标与自然环境和自然环境的状况有关

2022年2月18日

环境安全界限^{36,79}鉴于行星边界框架在许多研究中的成功应用,我们决定为一些指标和目标寻找协同作用。对于可持续发展目标13,我们遵循《巴黎协定》的目标。e.,远低于2°C,并继续努力保持在1.5以下°C。全球综合评估模型(IAMs)可以直接使用该目标。然而,其他模型(e.g.,在国家范围内)需要获得信息来源的信息,如现有的IAM排放概况⁶⁰或者是特定时期的国家碳预算。我们选择了一个温室气体排放目标,但考虑到所涉及的政治选择(这可能与国家背景有关),我们没有具体说明缩小规模的方法。此外,我们还让用户来解释巴黎协议,只设定了一个上限。未来的工作可以进一步确定这个目标。可持续发展目标14的一个方面,即海洋酸化,也与CO₂有关2排放量,因此被认为包括在气候目标范围之内。此外,对于可持续发展目标14,富营养化可以被从淡水系统进入海洋的磷流(基于行星边界)或沿海富营养化指数(从可持续发展目标中选择)所覆盖。⁸⁰后者更精细,但确实需要进一步的沿海系统建模。此外,在安全的生物限制范围内的鱼类种群的比例⁶¹代表了对鱼类资源的可持续利用。³⁶我们还考虑了海洋健康指数,或其他关于水生系统生物多样性指标的其他工作(如平均物种丰度),但考虑到相对复杂的计算方案,目前阶段的工作不够先进,无法添加它们。对于陆地生物多样性,原则上,需要涵盖生物多样性的多个维度。⁸¹然而,为了限制目标的数量,提出了行星边界指标;i.e.,不同森林生物群落的最小森林覆盖程度、土壤中氮的平衡和生物多样性完整性指数(BII)。⁸²对于后者,也存在替代的综合生物多样性指标(e.g.,物种的数量)。一个比较项目可能显示这些是否可以用作替代(如果应用于相对于参考年份)。

可持续资源管理(可持续发展目标2、6、7和12)

粮食、能源和水(连接资源)的消费和生产在许多可持续发展挑战中发挥着至关重要的作用,而社会的大部分人仍然缺乏足够的获取机会。⁸³⁻⁸⁵有关的可持续发展目标旨在确保所有人都能获得这些关键资源,同时也限制其生产和使用可能产生的负面后果。

第一个指标是营养不良人群的数量(由许多其他出版物提出,包括O'Neill等人。²⁷)。到2030年0人营养不良的目标是可持续发展目标的,需要维持到2050年以后。作为营养不良的阈值,我们采用了粮农组织(2017年)建议的最低每日能量需求(MDER,人均千卡/天)。粮农组织(2017年)计算了特定国家的mder。这个2030年和2050年的全球平均最小阈值是基于长谷川等人的计算。SSP1。⁸⁶未来平均MDER使用国家层面基准年的平均MDER计算每年和国家的平均MDER²⁵并考虑到对不同年龄和性别组的MDER进行调整系数。²⁶这可以用未来的人口来实现

人口特征²⁷以反映不同年龄和性别的MDER的差异。⁸⁶由于可持续发展目标2还包括营养不良，营养不良、发育不良和消瘦的流行程度也可被视为替代指标，但拟议的指标被假定为更为广泛。在未来，包括一个不仅仅是饮食中的能量含量（千卡）和包括与健康有关的方面的指标可能是有趣的。^{87, 88}我们还添加了一个与肥胖相关的指标。在全球范围内，肥胖也在上升，发达国家对健康产生严重影响（与可持续发展目标3有关），但也与消费模式（可持续发展目标12）和农业系统对环境的影响（也考虑到动物产品的作用）的肥胖有明确联系。研究与可持续发展有关的饮食方面的工作（e. g., 以及对健康影响（非传染性疾病）正在演变，⁸⁹但设定目标值和相关的阈值仍然是一个挑战，因为它与生活方式密切相关。可持续发展目标2还包括农业和粮食生产。我们考虑了一个关注可持续农业的指标，但也应该注意的是，它也与环境和资源可持续发展目标（6、7、13、14和15）下提出的营养、能源、水和气候指标有关。因此，这里没有添加任何额外的指标。

可持续发展目标6涵盖了人类和环境的用水需求。第一个指标是关于获得清洁水的途径。我们使用50升/人均/天作为基本用水需求。

⁹⁰这是作为一个重点满足基本需求，包括饮用水、基本卫生设施以及一些用于烹饪和洗澡的水。第二个指标是获得卫生服务的机会。最后，对于水资源短缺，我们使用一个地区或一个地区在水资源胁迫下的比例。在这里，水压力的定义是总水用量和可用性之间的比例。在40%以上的值被定义为遭受严重水压力的地区。

可持续发展目标7要求所有人都能获得能源和能源的可持续利用。我们建议关注能源服务水平（最终能源需求），包括每个家庭每天的供暖/制冷和移动服务，允许一个体面的生活（见Grubler等人。⁹¹），超越了单纯的访问权限。如果什么被认为是体面的，则取决于国家的情况（e. g., 也与气候区有关）。由于技术和生活水平的进步，2050年的能源需求可能会发生变化。

对于可持续发展目标12，可以考虑一系列指标。我们所选择的指标——粮食损失和浪费以及市政物质回收——只涵盖了涉及社会生产和消费过程的相关资源的一部分，从长远来看，目标价值必须更加雄心勃勃。然而，它们可以被视为社会管理和循环资源流动能力的说明。这些指标也在统计报告中确立——至少在工业化国家，并且可以以程式化的方式（技术、经济激励）在建模框架中捕获。合适的替代方案可以是更全面的指标和指标，如人类挪用自然初级生产力（HANPP），²⁷生态足迹、物质足迹、全球粮食损失指数或回收率，但这些指标几乎没有被模型涵盖。进一步的发展还可以更加关注循环经济指标和整体效率。

和平、机构和执行（可持续发展目标16和17）

和平、公正和包容的社会和全球伙伴关系不仅是2030年议程的预期成果，而且也是实现所有其他可持续发展目标的必要推动因素。⁹²⁻⁹⁴ 指示器

衡量和平和政治制度已被用来预测未来。^{33 95}，我们使用与战斗有关的死亡人数⁶⁴来衡量迈向更和平的社会的进展。我们适用法律前的平等和个人自由指数⁶⁵以及平等的访问指数⁶⁵衡量健全和包容的政治机构的发展（另见说明S4）。对于可持续发展目标17，国际民间社会的包容性（数据由《国际组织年鉴》提供⁹⁶）可以用来评估可行的社会伙伴关系。由于提供一套足够的财政手段也将是至关重要的，⁹⁷我们建议用衡量总收入占GDP的百分比的指标来衡量政府的作用，^{27, 67}不包括来自自然资源的收入。这最后一个方面是避免目标冲突和与其他可持续发展目标进行权衡的关键。最后，我们提出了统计容量指标的源数据维度⁹⁸获取旨在设计、实现和评估旨在实现可持续发展目标的政策的关键数据的可用性。

基于当前的示例应用程序 场景

为了显示目标的相关性，我们使用目标空间来评估所谓的SSP2场景中的预测趋势，即前面提到的SSPs集合的中间路径，它描述了社会经济发展的不同轨迹和对地球系统的后果。³⁴ SSP2代表了一个描述人口和经济增长、技术、生活方式和集合内其他变量的中位数趋势的场景。在这里，我们使用SSP2场景来说明如何在其他ssp的更广泛的值范围内使用目标空间（关于所使用的信息的简要描述，见注释S3）。SSP2场景已经在多个研究中由不同的模型详细阐述，但使用了相同的故事线和关键假设。SSP值是说明性的，因为它们不是基于单一的模型，而是从一些详细阐述这些场景的出版物中衍生出来的。

结果（表3和图3）突出显示了SSP2场景描述了大多数目标随着时间的推移而进行的一些改进。然而，这些改进不足以满足为2030年或2050年设定的所有目标。对于许多环境目标来说，事态发展继续朝着错误的方向发展。e., 远离目标），即使是在朝着可持续发展方向发展的ssp的情景中（SSP1）。我们的结论是，需要在整个社会经济和环境领域显著加强可持续发展政策的实施，以实现可持续发展目标。定量情景文献并没有真正包括能够满足所有可持续发展目标的可持续发展途径。因此，ssp可以作为一个有用的起点，可以通过额外的要素进行扩展，以覆盖整个目标空间，从而实现可持续发展目标的相互作用和长期可持续性的全面评估。⁹⁹ 这样的情况可以显示出……的影响

表3. 使用各种研究中为SSP场景发布的数据使用目标空间的示例

	2030			2050			
	目标2050	2015	SSP2	SSP范围	SSP2	SSP范围	参考文献
可持续发展目标1: #处于绝对贫困中的人数百万	0 886 441 ⁽⁰⁾	286 – 655		119 ⁽⁰⁾	Rao等人。 ¹⁰⁰		
可持续发展目标2: #人们遭受着数百万人的痛苦饥饿感	0 837 295 ⁽⁰⁾	188 – 560		92 ⁽⁰⁾	长谷川等人。 ¹⁰¹		
可持续发展目标3: <5死亡率每1,000	12 43 45 ⁽⁰⁾	31 – 71		32 ⁽⁰⁾	Lucas等人。 ¹⁰²		
可持续发展目标4: 没有中学的人教育	0 1,687 2,396 ^(—)	1,839 – 3,826		2,108 ^(—)	1607–4875Kc和Lutz ¹⁰³		
可持续发展目标5: 学校教育性别差距年	0 1 0.5 ⁽⁰⁾	0.5 – 0.7		0.3 ⁽⁰⁾	0.2–—0.6kc和Lutz ¹⁰³		
第6组: 水 强调	% 地区 0	7	7.0 ^(—)	7 – 7.1	8.3 ^(—)	7 – 8	拜尔斯地貌名称 等 al. ¹⁰⁴
可持续发展目标6: #没有卫生设施的人/数百万人	0 4,127 3,636 ⁽⁰⁾	79 – 4,251		2,199 ⁽⁰⁾	帕金森病等人。 ¹⁰⁵		
清洁水							
可持续发展目标7: #无法获得清洁服务的人数百万	0 2,590 3,240 ⁽⁺⁾	1,232 – 3,742		2,323 ⁽⁰⁾	范维伦等人。 ¹⁰⁶	做饭	
可持续发展目标7: #人们无法访问数百万人电	0 1,810 845 ⁽⁰⁾	144 – 1,080		471 ⁽⁰⁾	范维伦等人。 ¹⁰⁶		
第10条: # 人在亲戚 贫穷 数百万	0	2,232	2,621 ^(—)	2,326 – 2,909	2,816 ^(—)	2,055 – 3,621	饶 等 al. ¹⁰⁰
可持续发展目标11: # 不良空气 有质量的人	数百万 0	4,684	4,825 ^(—)	4,683 – 5,184	4,966 ^(—)	4,683 – 5,685	饶等人。 ¹⁰⁷
第13条: 哥伦比亚 ₂ 排放物	GtCO ₂ /y 18	42	47 ^(—)	42 – 55	57 ^(—)	42 – 64	里亚希 等 al. ³⁴
可持续发展目标15: 森林覆盖损失Mkm ²	1,500	2,206	2,232 ^(—)	2,211 – 2,332	2,253 ^(—)	2,122–2,429Popp等。 ¹⁰⁸	

这些符号表示针对目标值的场景评估: ⁽⁻⁾ 与2015年相比, 情况变得更糟; ⁽⁰⁾, 情况有所改善, 但目标没有实现; ⁽⁺⁾, 目标满足。SSP2方案目前只提供了目标空间的一个指标子集的信息。

实现所有（或一套全面的）可持续发展目标，并强调与具体应对战略、关键选择相关的协同效应和权衡，以及在不同假设下实现可持续发展目标的协同效应和（im）可能性。Soergel等人提供了第一个例子。¹⁹

前进的道路

上述目标空间公式对于为向可持续发展所需过渡的定量分析提供一致的分析框架至关重要。它提供了一个初步框架来指导如何同时实现可持续发展目标的分析。使用一个共同的、透明的、基于科学的目标定义，使科学界能够共同努力，并从一套可比较的和内部一致的假设开始。在许多方面，可持续发展目标方案类似于气候研究界制定实现《巴黎协定》目标的途径，该协定随后被用于政府间气候变化专门委员会的科学评估，为决策者制定一致的信息。开发一套可持续发展路径需要组织一个全面的基于模型的场景分析程序，重点是将系统向目标空间的定量目标进行的转换。这反过来又需要追求模式的改进，以更好地处理可持续发展的需要。¹⁰⁹ 目前目标空间的制定应被理解为世界科学界、对这些途径有兴趣的决策者和其他利益相关者之间迭代过程的第一步。应用程序中的一个挑战代表了规模。原则上，这里所选择的目标也应适用于区域或区域或

国家范围（而不是全球范围）。然而，这有时会涉及到特定的选择。转移到次国家的规模更大。这种选择可能与分配问题、当地情况（甚至包括对可持续发展问题的理解）和当地能力和数据可用性有关。这对当地社区和小企业来说会变得更加强大。Moallemi等。

¹¹⁰ 将更详细地讨论其中的一些问题。可伸缩性本身是一个非常可取的特征，因为它可以将全球规模的问题与国家或地方规模的行动联系起来。为了说明其中一些问题，在国家范围内看待气候变化确实需要将全球范围内的排放预算分配到国家一级。类似的问题与流入海洋的总磷流量有关。正如我们在气候辩论中已经看到的那样，关于单个国家能够和将实现多少以及赔偿支付问题的政治讨论是相关的。另一个例子涉及没有极端贫困或饥饿的目标，这严重依赖于当地环境。总而言之，这意味着需要进一步注意目标空间在地方层面的适用性和所涉及的方法。

需要进一步细化的其他关键问题包括评价指标和目标值、目标空间发展到2050年及以后的非线性和相互依赖关系的处理，以及不同地理尺度下指标的一致使用。⁴⁰ 在一些情况下，我们还没有制定出具体的目标。在其他情况下，我们表示，我们目前的初步建议可以得到改进，例如，由于数据和建模能力的限制。所有这些改进都需要在可持续发展科学界之间进行更多的跨学科参与。特别是对建模感兴趣的社会科学社区需要进行建模

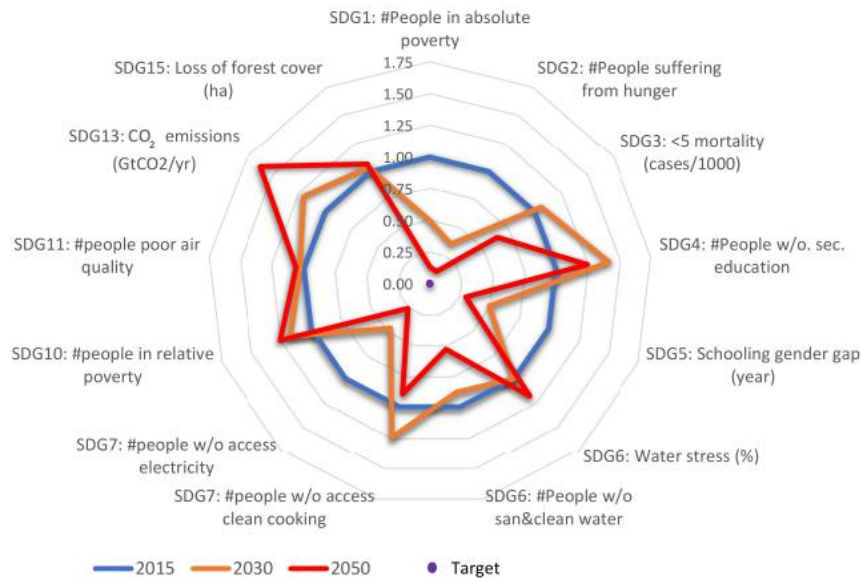


图3. 使用目标空间的示例，使用中为SSP2场景发布的数据
各种研究
1 = 2015, 0 = 目标值(值大于1
表明与2015年相比有所恶化; 在这两者之间
0和1表示改进, 但目标是
不满足)。

参与其中, 以进一步推进目标空间。我们认为有必要建立一个以可持续发展目标为重点的科学政策网络, 促进定期召开会议, 以比较结果, 并与目标空间框架交流经验。最终, 将由社会行动者、决策者和科学家通过制定一套易于处理的指标和目标来完善这个目标空间, 这些指标和目标可根据最初的2030年议程的精神和目标实际用于综合政策和影响评估。

补充信息

补充信息可以在<https://doi.org/10.1016/j.oneear.2022.01.003>网站上找到。

确认

The target space development benefited from consultations during the TWI2050年度会议和后续咨询。作者要特别感谢以下专家在这个过程中提出的建议和反馈: 卡尔海因茨厄尔布、尼克拉斯·福塞尔、佩特哈夫利克、弗朗西斯科·布尔奇、大卫霍尔、沃尔夫冈·卢茨、萨米尔KC、西蒙根、莱因哈德·梅克勒、弗兰克内赫、奥伯斯泰纳、阿奥、长谷川、威尔·斯蒂芬、安妮古扬、比拉尔巴拉卡特、西蒙帕金森、埃德拜尔斯和安特纳·达格纳休。科学界被邀请与作者和TWI2050倡议参与, 并分享相关的概念和分析论文, 有助于开发知识库和使用这里提出的目标空间。该论文还受益于欧洲研究理事会的资助。ERC-2016-ADG 743080 (J. R. and S. E. C.) 和ERC-CG 819566 (D. v. V.) 和形状项目的支持(形状是AXIS的一部分, 这是一个ERA-NET, 由JPI气候公司发起, 由FORMAS (SE), FFG/BMWF (AT), DLR/BMBF (DE), 拨款号资助。01LS1907A)、NWO (NL) 和RCN (NO), 由欧盟共同资助。776608)。

作者贡献

D. v. V. 协调论文的撰写。C. Z. 协调示例应用程序的数据收集。所有作者都对论文的分析 and 写作都有贡献。

参考文献

- UN (2015). 《改变我们的世界: 《2030年可持续发展议程》。在联合国(联合国大会)中, A/RES/70/1。
- UNFCCC (2015)。2015年11月30日至12月13日在巴黎举行的缔约方会议的第二十一次会议的报告。21 决定1/CP. (联合国气候变化框架公约)。
- CBD (2010年)。《2011-2020年生物多样性战略计划》和《爱知生物多样性目标》(《生物多样性公约》), 联合国环境规划署/CBD/COP/DEC/X/2。
- 斯塔福德-史密斯, M., 格里格斯, D., 加夫尼, 乌拉, 赖尔斯, B., 卡妮, N., Stigson, B., 斯里瓦斯塔瓦, 里奇, 米, 和奥康奈尔, D. (2017)。英特尔谷物: 实现可持续发展目标的关键。维持。科学。12, 911 - 919. <https://doi.org/10.1007/s11625-016-0383-3>。
- TWI2050 (2018)。2050年的世界。转型以实现可持续发展的目标。世界2050年倡议编写的报告(国际应用系统分析研究所(IIASA))。
- 范维伦, D. P., Kok, M., 卢卡斯, P. L., Prins, G., 阿尔克梅德, 范登伯格, 布曼, 范德埃施, 杰肯, 克拉姆, 和斯特菲斯特。(2015)。到2050年实现一系列雄心勃勃的全球可持续性目标的途径: 使用图像综合评估模型进行探索。技术。预测。社会改变98, 303-323。
<https://doi.org/10.1016/j.techfore.2015.03.005>
- 萨克斯, J. D., 施密特-特劳布, 马祖卡托, M., 梅斯纳, D., 纳基切诺维奇, N., 和罗克斯特姆, J. (2019)。实现可持续发展目标的六项转型。Nat。维持。2, 805 - 814. <https://doi.org/10.1038/s41893-019-0352-9>。
- 刘, 穆尼, 赫尔, V., 戴维斯, S. J., 盖斯凯尔, 赫特尔, 卢布琴科, J., 塞托, K. C., 格莱克, 克里曼, C., 和李, S. (2015)。为实现全球可持续性而进行的系统集成。科学347, 1258832。
<https://doi.org/10.1126/science.1258832>
- 长者, 本特森, M和阿肯基, L. (2016)。对可持续发展目标的实施手段的乐观分析: 将目标视为手段。可持续发展8962。
<https://doi.org/10.3390/su8090962>。
- 尼尔森, 格里格斯博士和维斯贝克斯博士。(2016)。政策: 绘制可持续发展目标之间的相互作用。自然534, 320-322。
<https://doi.org/10.1038/534320a>。
- 布罗伊尔 A., 詹妮切克和马勒巴, D. (2019)。将可持续发展目标的相互依赖关系转化为政策建议。可持续性11, 1-20。
- 普拉丹, 科斯塔, 雷布斯基, 卢赫特, W., 和克罗斯, J. P. (2017)。可持续发展目标(SDG)相互作用的系统研究。地球的未来。
<https://doi.org/10.1002/2017EF000632>。
- 艾伦, 梅特涅特, 威德曼, T.和佩奇尼, M. (2019)。通过解决所有可持续发展目标, 澳大利亚取得更大的进展, 但最后一步将

2022年2月18日

- [illegible]

34. 里亚希, K., 范维伦, D. P., 克里格勒, E., 埃德蒙兹, J., 奥尼尔, B. C., 藤森, S., 鲍尔, N., 卡尔文, K., 德林克, R., 弗里科, O. 等。(2017). 共享的社会经济途径及其能源、土地利用和温室气体排放的影响: 概述。一滴环境。改变42、153-168。
<https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2016.05.009>
35. Moallemi, E. A., 埃克, s., 高, 高, 高, 高, 高, 高, 高, 高, 高, 里德, P. M., 奥伯斯坦纳, M., 和布莱恩, B. A. (2020). 到2030年及以后实现可持续发展的全球途径。<https://arxiv.org/abs/2012.04333>.
36. 史蒂芬, 理查森, 罗克斯特姆, 康奈尔大学。D. E., 费泽尔, 我, 贝内特, E. M., 比格斯, R., 卡彭特, S. R., 德弗里斯, W., 德维特, C. A., 以及其他 人 (2015). 行星的边界: 指导人类在一个不断变化的星球上的发展。科学347、1259855。<https://doi.org/10.1126/科学.1259855>.
37. IIASA (2017)。在2050年的世界项目。(IIASA) <http://www.iiasa.ac.at/web/home/research/researchPrograms/TransitionstoNewTechnologies/170403-TWI2050.html>.
38. 萨克斯, 施密特-特劳布, G., 克罗尔, C., 杜兰, D., 和Teksoz, K. (2017). 2017年可持续发展目标指数和仪表板报告(贝塔斯曼基金会和可持续发展解决方案网络(SDSN))。
39. 拉万恩、富勒、莫雷诺、施密特-特劳布和克罗尔、C。(2018)。可持续发展目标指数和仪表板: 详细的方法学论文。可持续发展解决方案网络(SDSN)。
<https://github.com/sdsna/2018GlobalIndex/raw/master/2018GlobalIndexMethodology.pdf>.
40. 阿比迪, T., 卢卡斯, P. L., van Vuuren, D. P., 康奈尔, S. E., 霍夫, H。(2016)。从行星边界到全球安全运营空间的国家公平份额——如何跨越规模? 一滴环境。改变40, 60-72。<https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2016.06.008>
41. 世界银行 (2019)。世界发展指标(世界银行)。
42. UN (2016)。《2016年可持续发展目标报告》(联合国经济和社会事务部(DESA))。
43. Bodirsky, B., 迪特里希, 马蒂内利, 加布里施, 米什拉, 米什拉, A., 温德尔, 我, 以及其他 人 (2020)。持续的营养转型阻碍了粮食安全、公共卫生和环境保护的长期目标。科学。棱镜平布10 (19778)。<https://doi.org/10.1038/s41598-020-75213-3>.
44. NCD-RisC (2017)。1975年至2016年, 全球体重指数、体重不足、超重和肥胖的趋势: 对2416项基于人口的测量研究进行了汇总分析, 涉及1.28, 9亿美元的儿童、青少年和成人。柳叶刀390, 2627-2642。
45. GBD (2017)。2017年, 全球疾病负担。<http://www.healthdata.org/node/835>.
46. 世卫组织 (2019年)。全球妇女、儿童和青少年健康全球战略(2016-2030年)(世界卫生组织)、5岁以下儿童死亡率[可持续发展目标3.2.1]。
47. 卢茨, 穆塔拉克, R和斯特里斯尼格。(2014)。普及教育是加强气候适应的关键。科学346、1061-1062。
<https://doi.org/10.1126/science.1257975>
48. WEF (2016)。2016年全球性别差距报告(世界经济论坛)。
49. 布瑞克, 萨托, 费舍尔, G., 卡希尔, M. T., 舍尔泽, A., 特朗普, S., 纳瓦, L. F. 艾斯纳, S., 弗莱克, M., 等。(2016)。水期货和解决方案(国际应用系统分析研究所)。
50. IEA (2017)。《2017年世界能源展望》(IEA)。<https://www.iea.org/2017年世界能源展望>。
51. 联合国教科文组织统计局 (2019年)。全球研发投入(联合国教科文组织统计研究所)。
52. 欧洲委员会 (2010年)。欧洲2020: 智能、可持续和包容性增长战略, COM (2010) 2020最终版(欧盟出版物办公室)。
53. 国际电联 (2019)。统计量ICT数据的时间序列(国际电信联盟(ITU))。
54. ÜçDemirg-Kunt, A., 克拉珀, L., 歌手, D., 安萨尔, S., 和赫斯, J。(2018)。2017年全球Findex数据库: 衡量金融包容性和金融科技革命(世界银行)。
55. 韦斯, D. J., Nelson, A., 吉布森, H. S., 坦波利, W., 皮德尔, S., 利伯, 汉彻, M., 波亚特, 贝尔奇尔, 富尔曼, N. 等。(2018)。2015年绘制的全球城市旅行时间地图, 以评估无障碍设施方面的不平等现象。自然553、333-336。
56. 经合组织 (2018年)。贫困率(指标)(经合组织)。<https://doi.org/10.1787/0fe1315d-en>。
57. 世界卫生组织 (2018年)。空气污染情况表。[https://www.who.int/en/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/en/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health).

58. 古斯塔夫森, 塞德伯格, C., 美国, 范奥蒂迪克和梅贝克, A. (2011). 全球粮食损失和食物浪费。范围、原因和预防 (粮农组织)。
<http://www.fao.org/3/a-i2697e.pdf>.
59. 经合组织 (2017)。2017年绿色增长指标 (经合组织)。
<https://doi.org/10.1787/9789264268586-en>.
60. 政府间气候变化专门委员会 (2018)。全球变暖1.5°C (政府间气候变化专门委员会)。
61. FAO (2020)。在生物可持续水平内的鱼类资源的指标比例。(联合国粮食及农业组织)。
<http://www.fao.org/sustainable-development-goals/indicators/1441/en/>.
62. OHI (2019)。目标: 生物多样性。支持健康的海洋生态系统 (海洋健康指数)。 <http://www.oceanhealthindex.org/methodology/goals/biodiversity/>.
63. 基南, R. J., Reams, G. A., 阿查德, 德弗雷塔斯, J. V., 固安格, A., 和林德奎斯特, E. (2015)。全球森林面积动态: 来自粮农组织2015年全球森林资源评估的结果。为了协议。马纳格。352, 9 - 20. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2015.06.014>.
64. 阿兰森, 梅兰德, E., 和他们的人, L. (2017)。有组织暴力, 1989-2016年。UCDP与战斗相关的死亡数据集, 版本号: 17.1。
J. 和平Res. 54, 574 - 587. <https://doi.org/10.1177/0022343317718773>.
65. 科佩奇, 格林, 林德伯格, S. -I., 斯卡宁, SE., 特奥雷尔, J., 奥尔特曼, D., 安德森, 伯恩哈德, 菲什, 格林, A., 以及其他 (2017)。Vdem代码本v7.1。SSRN电子。J. 民主的多样性 (V-dem) 项目。
<https://doi.org/10.2139/ssrn.2968274>
66. 世界银行 (2018年)。统计能力评分。源数据 (统计容量指标的第二个维度)。
<http://datatopics.worldbank.org/statisticalcapacity/>.
67. ictd/unu- 更广泛 (2018)。政府收入数据集。 <https://www.宽的unu.edu/项目/政府收入数据集>.
68. UIA (2018)。国际组织年鉴, 2018/2019年 (国际协会联盟)。
<https://uia.org/yearbook>.
69. 开发计划署 (2018年)。人类发展报告- 2018年统计更新 (联合国开发计划署)。
70. 世界银行 (2015年)。政策研究说明No.3: 结束极端贫困和分享繁荣: 进步和政策 (世界银行)。
71. 布伦德公司, B., 和Hoie, B. (2015)。实现2030年基于证据的定量可持续发展目标。柳叶刀385, 206-208. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(14\)61654-8](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(14)61654-8).
72. 卢茨, W., 卡雷斯玛, J. C., 和桑德森, W. (2008)。经济学: 受教育成就和经济增长的人口统计学。科学319, 1047-1048。
<https://doi.org/10.1126/science.1151753>
73. 琼斯, C. I. 和Klenow, P. J. (2016)。GDP之外? 享受跨国家和跨时间的福利。是电子。发动机的旋转106, 2426 - 2457.
74. 芬斯特拉, R. C., 英克拉尔, R., 和蒂默, M. P. (2015)。宾夕法尼亚大学世界表的下一代。是电子。发动机的旋转105, 3150 - 3182.
75. 德林克, 城堡, 兰齐, 和马恩, B. (2017)。共享社会经济路径中的长期经济增长预测。一滴环境。改变42, 200-214。
<https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.06.2015.004>
76. 谢长廷, CT., 赫斯特, E., 琼斯, C. -I. 和Klenow, P. J. (2019)。人才的分配和美国大学的分配。S. 经济增长。Econometrica 87, 1439 - 1474.
77. 弗雷, C. B., 奥斯本, M. (2013)。就业的未来: 工作对计算机化的影响有多大? 工作论文 (牛津马丁学院, 牛津大学)。
78. EEA (2019)。超过城市地区的空气质量标准 (欧洲环境局)。
<https://www.eea.欧洲.eu/data-andmaps/indicators/exceedance-of-air-quality-limit-3/assessment-5>.
79. 罗克斯特姆, 斯蒂芬, W., 无人, 佩尔松, 查平, F. ÖS., III, Lambin, E., Lenton, T. M., 谢弗, 福尔克, 谢尔恩胡伯, H. J. 等人。
(2009)。行星边界: 探索人类的安全运行空间。协议。社会14, 32.
80. 环境规划署 (2020年)。沿海富营养化指数: 和(b)塑料碎片密度 (联合国环境规划署)。
https://environmentlive.unep.org/indicator/index/14_1_1.
81. 佩雷拉, H. M., 费里尔, S., 沃尔特斯, M., 盖勒, G. N., Jongman, R. H. G., 斯科尔斯, J., Bruford, M. W., 布鲁米特, N., 布查特, S. H. M., 卡多佐, C., 以及其他 (2013)。基本的生物多样性变量。科学339, 277-278. <https://doi.org/10.1126/science.1229931>
82. 斯科尔斯, J. 和Biggs, R. (2005)。生物多样性完整性指数。自然434年, 45 -49. <https://doi.org/10.1038/nature03289>.
83. Conijn, J. G., Bindraban, P. S., Schrder, J. ÖJ. 和Jongschaap, R. E. E. (2018)。我们的全球粮食体系能否满足全球内的粮食需求

分界线农业。生态心理学家。环境。251, 244 - 256. <https://doi.org/10.1016/j.半开地.2017.06.001>

84. 斯普林曼, 克拉克, 梅森-德克罗茨, D., 威比, k., 博迪斯基, B.L., 拉萨莱塔, L., 德弗里斯, W., 维默伦, S. J., 埃雷罗, M., 卡尔森, K. M. 以及其他 (2018). 保持食品系统在环境范围内的选择。自然562, 519-525。
<https://doi.org/10.1038/s41586-0180594-0>.
85. Bijl, D. L., Bogaart, P. W., 德克, S. C., 还有范维伦, D. P. (2018). 解开联系: 水、食物和能量的不同空间尺度。一滴环境。改变48, 22-31。
<https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2017.11.005>.
86. 长谷川, 藤森, 哈尔夫克, 瓦林, H., 博迪斯基, B. L., Doelman, J. C., 费尔曼, 凯尔, 库普曼, J. F. L., Lotze-Campen, H., 等人。(2018). 在严格的全球气候变化缓解政策下, 粮食不安全状况增加的风险。Nat. 客户端。改变8699-703。
<https://doi.org/10.1038/s41558-018-0230-x>.
87. 威利特, 罗克斯特姆, 洛肯, B., 斯普林曼, M., 朗, 维默伦, 加内特, 蒂尔曼, D., DeClerck, F., 伍德, A., 以及其他 (2019). 人类世中的食物: 可持续食物系统健康饮食的柳叶刀委员会。柳叶刀393, 447-492。
[https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(18\)31788-4](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(18)31788-4).
88. 劳埃德, S. J., 班加罗尔, M., 沙拉比, Z., 科瓦茨, R. S., 哈勒加特, S., 罗森伯格, J., 瓦林, H., 和哈尔夫克, P. (2018). 一个关于2030年气候变化通过收入和食品价格对儿童发育迟缓的潜在影响的全球层面的模型。健康方面。126. <https://doi.org/10.1289/EHP2916>.
89. 斯普林曼, M., 威比, 梅森-德克罗茨, D., 苏尔瑟, 雷纳, 斯卡伯勒, P. (2018). 可持续饮食策略的健康和营养方面及其与环境影响的关联: 具有国家一级细节的全球建模分析。柳叶刀星球。健康2451-461。
90. 格莱克, P. H. (1996). 人类活动的基本用水要求: 满足基本需求。水Int. 21, 83 - 92. <https://doi.org/10.1080/02508069608686494>.
91. Grubler, A., 威尔逊威尔逊云室 C., 便当, N., Boza-Kiss, B., 克里, 许, 麦科勒姆, D. L., 拉奥, N. D., Riahi, K., 罗杰, J., 德斯特克, S. 等。(2018). 满足1.5标准的低能源需求情景⁰C目标和可持续发展目标, 没有负排放技术。Nat. 能源3515-527。
<https://doi.org/10.1038/s41560-018-0172-6>.
92. 比尔曼, 卡尼, N. 和金, R. E. (2017). 通过设定目标来实现的全球治理: 联合国可持续发展目标的新方法。柯尔。打开。环境。维持。26-27, 26 - 31. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2017.01.010>
93. 托孙和莱宁格。(2018). 管理可持续发展目标之间的相互联系: 实现政策一体化的办法。一滴挑战13。
<https://doi.org/10.1002/gch1002.201700036>.
94. 盖茨, *, 赫格里, *, 尼加, *. M. 和Strand, H. (2012). 武装冲突的发展后果。世界开发。40, 1713 - 1722. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2012.04.031>
95. 赫格里, 布豪格, 加尔文, K. V., Nordkvelle, J., Waldhoff, S. T. 和Gilmore. (2016). 沿着共同的社会经济路径预测国内冲突。环境。物品拉脱维亚的11, 054002. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/11/5/054002>.
96. 国际协会联盟 (2019年)。国际组织年鉴: 全球公民社会网络指南 (布里尔/马提纳斯尼jhoff出版社)。
97. 施密特-特劳布和萨克斯。(2015). 为可持续发展融资: 通过有效的投资战略和伙伴关系实现可持续发展目标 (联合国可持续发展解决方案网络)。
98. 世界银行 (2018年)。世界发展指标。
<https://datacatalog.worldbank.组织/数据集/世界发展指标>。
99. 范索斯特, H. L., van Vuuren, D. P., Hilaire, J., Minx, J. C., 哈姆森, J. H. M., Krey, V., Riahi, K., 卢德尔, G. (2019). 分析可持续发展目标与综合目标之间的相互作用评估模型。一滴运输。1, 210 - 225. <https://doi.org/10.1016/j.glt.2019.10.004>
100. 饶, N., 绍尔, P., 吉登, M., 和里亚希, K. (2018). 对共享社会经济路径 (SSPs) 的收入不平等预测。期货。
<https://doi.org/10.1016/j.期货.2018.07.001>.
101. 长谷川, 藤森, 高桥, 和梅主。(2015). 21世纪使用共享的社会经济途径出现的饥饿风险的情景。环境。物品拉脱维亚的10, 014010. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/10/1/014010>.

102. 卢卡斯, P. L., Hilderink, H. B. M., 詹森, P. H. M., Kc, 范维伦, D. P. 和 Niessen, L. (2019). 环境因素对未来的影响

一个地球5, 2022年155年2月18日

- 实现可持续发展目标制定的儿童死亡率目标——一项协同评估。一滴环境。改变57、101925。 <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2019.05.009>
103. Kc和卢茨。(2017). 共享社会经济路径的人类核心：所有国家按年龄、性别和教育水平划分的人口情景。一滴环境。改变42、181-192。 <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2014.06.004>
 104. 拜尔斯, E., 吉登, M., 莱克莱尔, D., 巴尔科维奇, J., 布雷克, 埃比, K., 格里夫, P., 灰色, D., 哈夫利克, 希勒斯, A., 以及其他(2018). 对多部门发展和气候变化热点地区的全球暴露和脆弱性。环境。物品拉脱维亚的13, 055012. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aabf45>.
 105. 帕金森, 凯瑞, 诉, 哈普曼, D., 卡希尔, T., 麦科勒姆, D., 弗里科, O., 拜尔斯, E., 吉登, M. J., 市长, B., Khan, Z., 等人。(2019). 平衡清洁的水和减缓气候变化的权衡。环境。物品拉脱维亚的14, 014009. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aaf2a3>.
 106. 范维伦, D. P., Stehfest, E., Gernaat, D. E. H. J., Doelman, J. C., 范登伯格, 哈姆森, 德波尔, H. S., 布曼, L. F., Daioglou, V., Edelenbosch, O. Y. 等人。(2017). 能源、土地利用和温室气体排放系统-它们在绿色生长范式下的运动轨迹。一滴环境。改变42、237-250。 <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2016.05.008>
 107. 拉奥, S., 克里蒙特, Z., 里亚希, K., 阿曼, M., 弗里科, O., 哈夫利克, P., 和海耶斯, C. (2017). 未来的空气污染将在共享的社会经济途径中出现。一滴环境。改变42、346-358。 <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2016.05.012>.
 108. 波普, 加尔文, 藤森, 哈夫利克, 幽默, F., 斯特, E., Bodirsky, B. L., 迪特里希, J. P., Doelmann, J. C., Gusti, M., 等人。(2017). 在共享的社会经济途径中, 土地利用的未来。一滴环境。改变42、331-345。 <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2016.10.002>
 109. 齐姆, 斯珀林, F., 和布希, S. (2018). 确定可持续发展目标的`社会经济路径的可持续性和知识差距。经济6、6。 <https://doi.org/10.3390/economies6020020>.
 110. Moallemi, E. A., 马勒克普尔, 哈吉卡库, M., 雷文, 瑞., 谢泰, 宁格鲁姆, D., Dhiaulhaq, A., 和布莱恩, B. A. (2020). 实现可持续发展目标需要地方规模的跨学科创新。一个地球3300-313。 <https://doi.org/10.1016/j.oneear.2020.08.006>.

2022年2月18日