

单元 9 SDMs 和气候变化预测

欢迎来到这个物种分布模型在线开放课程的第 9 单元。在本课程的前 8 个单元中，我们已经了解了设计物种分布模型需要的各个方面：包括可以用来预测物种分布的数据和不同的算法，以及如何评估你的模型结果。有了这些知识，我们现在可以看一下物种分布模型的重要应用：未来气候变化预测中的物种分布预测。

我们都知道，由于人为的影响，我们的气候正在变化，这会影响到所有生态系统和生活在其中的物种。正如我们之前在这个课程中学到的那样，一个物种的分布很大程度上受到它们所在地区的环境条件的影响。我们也知道，我们可以利用相关物种分布模型中一个物种分布地点及其环境条件之间的关系，来预测哪些地区适合一个物种分布。这意味着如果环境条件发生了变化，一个物种的分布也很有可能发生变化。因此，物种分布模型是预测气候变化会如何影响物种的分布和生存状况的好工具。

我们先来看看物种如何受到气候变化的影响。首先是直接的影响：即当环境变化超过了物种的耐受范围。例如，温度的升高会抑制不耐受更高温度的物种的生存。即使一个物种能够在新的条件下生存，环境的变化也可能带来间接的影响。例如，一个温暖干燥的气候会改变地区的植被，可能会导致某个物种必需食物的减少。

物种可以通过多种方式应对气候变化。它们可以改变行为。例如，植物可以跟随季节变化改变其开花和结果的时间，动物可以改变它们的迁徙时间或白天活动的时间。行为变化是适应环境的一种形式，物种也具有演变的适应能力，以便在新的环境条件下生存。另一个响应方式是迁移到其他条件适宜的地方。不幸的是，如果这些响应方式都无效，物种很可能会灭绝。物种分布模型大多用于研究后两种响应方式：物种迁移到新地区的可能性，或适宜栖息地减少导致的物种灭绝。

那么我们如何结合物种分布模型与气候变化预测呢？首先建立一个物种分布模型，如我们在以前的单元中所见：选择物种数据和环境数据并输入到一个或多个算法中。输出结果会给出当前气候条件下的预测分布。给模型添加一个新的步骤，即你将当前气候条件下的物种分布模型结果与未来气候数据集一起进行预测，来预测在特定的气候变化情景下物种的分布地点。记住当前气候下的物种分布与气候变量之间的相关性不一定会适用于未来的情况。

让我们看看这些气候变化预测的细节。在世界各地，有成千上万个记录站来测量每日温度和降雨量。通过这些测量结果，我们非常了解气候随着时间的变化。但是，我们怎么知道这些趋势在未来几年会持续下去？基于我们对物理和化学过程，以及大气圈，生物圈，陆地和海洋之间相互作用的了解，科学家们建立了说明地球气候系统的模型，如图所示。这些模型包括自然过程，例如地球接收的太阳辐射，还包括人为影响，如人为温室气体的排放。通过模拟不同的情景，例如人类活动排放不同浓度的二氧化碳，我们可以预测气候将如何变化，并估计未来变量如温度、降雨和可能轨迹范围内的海平面等的值。

1988 年，IPCC，联合国政府间气候变化专门委员会成立，以评估人为引起的气候变化带来的风险和影响的科学信息。IPCC 由数千名科学家和专家提供建议，迄今

已发表了五次评估报告。2000年，他们出版了一份通常称为“排放情景特别报告”被通称为 SRES 情景。这些情景假定不采取任何措施来限制温室气体排放，并用第三次和第四次评估报告中。2010年发布了预测不同情景的新方法，并提出了新的情景，有代表性的浓度路径或 RCPs，被 IPCC 第五次评估报告采纳。我会更详细地说明 RCPs。

有四种不同的 RCP 情景：RCP2.6,4.5,6 和 8.5。这些数字是指到 2100 年，以瓦特每平方米来计算的辐射强度。代表全球能量平衡，即地球吸收的太阳能量与辐射返回大气的能量之间的差异。如果有更多的能量吸收而不是辐射返回大气，地球就会变暖。每个 RCP 定义一个特定的轨迹，来描述在 2100 年地球增温多少和温室气体浓度的预测结果。那么，我们如何得到这些特定的预测呢？

我们先来看看与这些路径相符的年度碳排放情景。这个图表示每年碳的十亿吨排放量。目前我们每年的排放量是 10 亿吨左右。温室气体排放量最高情景 RCP8.5 预测到 2100 年碳排放量是我们当前排放量的三倍。RCP6 显示了碳排放量在接下来的 60-70 年增加，之后有一个下降趋势。RCP4.5 则显示在下降之前有一个短期的增加，温室气体排放量最低的情景，RCP2.6，显示了很快开始下降。这些预测只是说明了可能的情景，并且是取决于我们所采取的减少碳排放行动的可能发生情况。

这些情景是基于一系列影响地球气候因素的假设，如经济活动、能源利用、人口增长等社会经济因素。为了突出其中一些因素，对于人口增长而言，很明显地球人数的不断增加将导致温室气体排放量最高情景，RCP8.5，而其他情景描述了更稳定的世界人口。如果我们看看主要使用的能源的不同，所有情景都期望能源利用的显著增长，但要遵循 2.6,4.5 或 6 的情景，我们需要增加生物能源和绿色能源的使用，限制化石燃料的使用。另一个影响气候系统的重要因素是土地利用，这个图表显示了每个路径中草原的用地公顷数。RCP8.5 表示草地使用量的增加，这主要是由世界人口的增加造成的。对于 RCP2.6，草原的使用相对稳定，这是从粗放经营转向集约经营的结果，而对于温室气体排放量适中的情景，4.5 和 6，土地利用变化较大，而草地使用量下降。有三个例子表明如何在代表性的情景中考虑各种因素。

总而言之，RCP8.5 说明如果我们继续现在的做法，即“基准情景”时，我们可能会遵循的情景。这意味着我们不会采取任何措施来减少碳排放，到 2100 年世界人口将继续增长到约 120 亿，我们将严重依赖化石燃料，并持续使用更多的农田和草原。很明显，这是一个非常不可持续的发展道路，但是如果我们要确保趋势遵循其他情景，我们必须采取行动。RCP6 和 4.5 说明了排放量适中的情景，即我们应用了一系列的技术和策略来减少碳排放的情景，如减少草地和化石燃料的使用。RCP2.6 说明了碳排放量最少的情景，减少石油的使用，稳定世界人口增长，并增加我们生物能源的制造。这是唯一一个相对前工业时期，温度增加不超过 1.5 度的情景，这是 2015 年在巴黎举行的国家气候变化大会的商定限额。

因此，RCPs 告诉我们行动可能产生的结果，并展示与全球变暖有关的不同情景。这些和大气环流模型/全球气候模型组合起来可以预测未来气候，因此我们可以得到特定地区的温度和降雨量。

在世界各地，有 27 个不同的研究小组构建了一个或多个通大气环流模式。你可能会问为什么有这么多不同的模型，我们是否可以只使用一个？这些模型的基本结构是一样的，但是每个研究小组选择了不同的子模型以及要强调的地球系统过程。例如这可以是基于当地的条件。当然，这些研究小组公开了他们的模型，并设立了一个工作组来比较不同模型。这就是耦合模型比较项目（CMIP），建立于 1995 年并持续至今。当你运行一个物种分布模型，想将结果应用到未来，你必须选择要使用的大气环流模型。如果你要对分布在某一个国家/大陆的物种进行建模，你可以选择位于那个区域的研究组开发的模型。

所以，我们回顾一下如何结合气候变化预测来运行物种分布模型，我希望你们清楚的是，预测气候变化时，要考虑两件事：排放浓度情景和大气环流模型或全球气候模型。

当我们谈论当前的气候时，我们通常指的是近 30-50 年的时间段内的气候。例如，WorldClim 数据的当前气候是基于 1950 年至 2000 年测量的气候数据，而目前澳大利亚气候数据是指从 1976 年到 2005 年这一时期。明智的做法是检查你的分布数据是否和你要使用的气候数据时间范围一致，如果必要，清理分布数据集以剔除在气候数据的时间范围很久之前收集的历史记录。通常由某一年份来表示未来的气候数据，但它代表了某一年份前后的多年平均值。例如，WorldClim 提供了 2050 年和 2070 年的未来气候预测，其中 2050 年的预测是 2041 年和 2060 年之间的平均值；而 2070 年的预测是指 2061 年至 2080 年的平均值。澳大利亚未来气候预测是从 2025 年到 2085 年，每 10 年为一个间隔，如 2025 年是指 2020 年至 2029 年的时期等。

将物种分布模型与气候变化预测相结合的方法已经广泛应用于各种物种，结果相当令人震惊。我们看到的通用模式是由于低海拔地区的温度高，物种向山地高处移动，或者物种向极地移动来寻求更冷的气候。例如，许多种类的山区青蛙都受到气候变化的影响，因为温度增高和变干减少了适宜的栖息地。这已经导致了在哥斯达黎加的云杉森林中生活的金蟾蜍的灭绝。研究也显示，超过 50% 的欧洲蝴蝶和鸟类在向北移动，有些移动距离它们的原始出现地点远达 240 公里。

在你去探究气候变化可能如何影响兴趣物种之前，我想给你一些思考并简要讨论在未来气候变化预测下的物种分布模型的不确定性。正如我在这个课程中之前提到过，模型只是代表了基于我们对物种及其环境的理解的现实世界。因为我们是根据当前分布地点做出的假设 我们没有关于每个物种对不同环境变量耐受性的详细信息。然而，我们于对动植物如何适应气候和环境变化，以及能否迁移到环境适宜的新地区的问题理解有限。另外要注意的是，物种分布模型往往侧重于预测一个或几个物种在目前和未来的分布模型，没有考虑到物种间的相互作用。虽然一些物种可能能够适应气候变化，他们的食物来源灭绝或扩散到其他地区可能会间接影响到该物种。正如我在课程第 3 单元中所解释的，尺度是用于物种分布模型的物种数据和环境数据的重要因素。气候变量通常分辨率较大，如 10 公里网格建模，而物种可能在小得多的空间尺度上作出响应，例如如果它们的本土分布范围小于气候数据分辨率。最后，当然气候变化并不是影响物种分布的唯一因素。如土地利用变化等其他影响也可能使得物种灭绝或迁移到其他地区，例如，由于森林采伐或者城市化造成的重要栖息地消失。

我希望我在本单元中向你说明了通常不单独使用物种分布模型，而是与气候变化预测等其他模型结合。这些组合方法非常强大，可以预测物种分布如何受到我们活动的影响。下一个单元是该物种分布模型课程的最后一个单元。我们会看一些案例研究，我会向你介绍 **BCCVL**，它是一个简单在线工具，可以用来运行这些模型，无需自己编写代码！到时见！