

单元 10 BCCVL 案例研究

欢迎来到物种分布模型在线开放课程的最后一个单元。在本单元中，我将向你讲解 4 种不同的案例研究来说明可用物种分布模型来解决的多种研究问题 and 应用。我还将向你展示如何在 BCCVL，即生物多样性和气候变化虚拟实验室中运行这些模型，这是一个你用几个简单步骤就可以运行物种分布模型的在线工具。

在这个单元中，首先我解释一下 BCCVL 是什么，以及如何使用 BCCVL 运行物种分布模型和气候变化预测。我会通过 4 个物种分布模型和气候变化预测的不同案例来帮助了解其不同方面的应用。

生物多样性与气候变化虚拟实验室是一个使生物多样性和气候变化建模过程变简单的决策支持和情景规划工具。它将生物、环境和气候变化多个数据集、算法和实验集成为一个方便易用的在线工具。

BCCVL 提供了物种分布模型的 17 种不同算法，包含了我们在本课程中讲到的 4 类。这个工具的突出特点之一是具备同时运行所有 17 种算法的能力，并且可以一键比较算法的运行结果。

一旦运行了你的物种分布模型，你可以将运行结果放入多个具有不同全球变暖情景、大洋环流模型和年份的气候变化实验。

案例研究 1: 科罗澳拟蟾

我们先来研究第一个案例。这是科罗澳拟蟾，澳大利亚最受威胁的一类脊椎动物。它们只分布在新南威尔士州南部和维多利亚南部约 400 平方公里的小块区域中。该物种是 IUCN 红色名录中的极危物种，近年来，在野外观测到该物种的次数不到 100 人次。科罗澳拟蟾的减少由多种威胁造成的，如栖息地消失、疾病传染、野生动物捕食和气候变化。

这是 Peter，我们的生态学家，他决定阻止科罗澳拟蟾的灭绝。所以他想要运行结合气候变化预测和物种分布模型来预测这个物种当前和未来的分布，这样他可以评估如果要维护该物种的种群，哪一个地区需要保护。

正如我们在之前的单元中所知道的，要先对物种进行一些研究，这样你可以选择适当的环境变量输入模型。Peter 搜索了科学文献，发现了以下事实：这个极危的物种要在湿草地和荒地中的浅池里进行繁殖，因此受气候变化的影响。特别澳大利亚经常发生的长期干旱影响这些繁殖水塘的产生，这会导致卵和蝌蚪的死亡。科罗澳拟蟾的持续减少，再加上种群较小，该物种很有可能在不久的将来灭绝。

记住这些，Peter 开始搜索运行物种分布模型所需的分布数据和环境数据。他在澳大利亚信息网站 (ALA) 上发现一个只有 24 个唯一分布位点的数据集。虽然数据集不大，但因为该物种仅局限于小区域，这些记录很有可能仍然很好地代表了适合该物种生存的环境条件。因为 Peter 没有任何的分布无数据，他在 BCCVL 中生成伪分布无数据。对于环境数据，Peter 使用了澳大利亚的现代气候数据集，并且选择了最能影响科罗澳拟蟾适宜分布地点的生物气候变量。

我现在向你展示 Peter 如何在 BCCVL 中运行模型。

登录 BCCVL 后，Peter 首先看看已有的数据集。对于物种数据，他可以从 ALA 导入数据或上传自己的数据集。然后这里有各种各样的气候数据和其他环境变量数据，如水供给量、土地覆盖和土壤类型。

Peter 从 ALA 导入数据集来选择物种数据。输入物种名称，然后可以在 ALA 网站查看分布数据或将其直接导入 BCCVL。导入完成后，可以查看具有分布位点的地图。为了检查所有数据点是否准确，他下载了分布数据集，然后如我们在单元 3 中所讲的那样进行数据清理。然后将清理后的数据集上传到 BCCVL 中，图中所示数据集的每个位置只有一个分布位点。

下一步是设计实验。在 BCCVL 中，你可以运行被分为初级和中级的五个不同实验。Peter 选择了物种分布模型实验，然后进入了一个有 7 个不同标签的页面，他可以选择模型的各个选项。

在第一个选项中，可以给实验一个标题和描述。

在下一个选项中，需要选择分布数据集。可以用左侧的关键字来搜索数据集。

Peter 选择了清理过的科罗澳拟蟾数据集，可以在地图上再次查看物种分布位点。

下一步是选择分布无数据。Peter 没有任何真实的分布无数据，所以选择了生成伪分布无位点的选项。

在下一个选项卡中，Peter 为模型选择环境变量。在左侧的菜单中，他可以通过数据类型、分辨率、数据来源和数据集进行数据选择。之后在右侧显示了符合条件的数据集，Peter 选择了现代澳大利亚气候数据集。他可以在地图中查看此数据集中每一个图层，然后选择他想要用在模型中的环境变量。在他的研究中，Peter 知道科罗澳拟蟾受到降雨和温度的影响，于是为他的模型选择了 6 个不同的变量。

在“约束”选项卡下，Peter 可以将他的模型限制在特定的地理区域，在这个案例中则是整个澳大利亚大陆地区。

最后一步是为模型选择算法。目前在 BCCVL 中有 17 种不同的算法，涵盖了我们在单元 5、6、7 中讨论过的四个不同类别。你可以针对选择的每个算法，设置配置选项。这里有指导每个选项选择的信息。如果你没有更改选项的值，该模型使用算法包的默认配置选项。

在最后一个标签下，你可以运行实验。你可以看到现在有 6 个模型在运行，每个模型对应着 Peter 选择的每个算法。你可以关掉电脑，然后去拿一杯咖啡，一旦实验完成，你会收到一封电子邮件，然后你就可以回去查看结果。

Peter 在 BCCVL 中运行了六种不同的算法，他想要看科罗澳拟蟾在地图中的现有分布。这些是结果。如你所见，不同算法的结果存在微小差异，但科罗澳拟蟾的核心分布区域是一样的。Peter 核查了所有模型的性能指标，发现人工神经网络表现最好，他为想要运行的气候变化预测选择了该算法。

他也检查了响应曲线来看环境变量对科罗澳拟蟾分布概率的影响。我在这里强调两个环境变量：这个地点的左侧曲线是年平均气温的响应，表明高温导致了科罗澳拟

蟾的分布概率为零。右侧的区域表明年度降雨的响应，确实表明降雨量高时分布的概率也高。

Peter 不仅想知道科罗澳拟蟾目前的分布情况和哪些地区现在适合这个物种生存，也想看看它们未来的分布情况，看看气候变化如何影响这个物种，以及哪些地区在将来仍然适合该物种分布，这样他可以优先考虑保护这些区域。所以，下一步是对一种算法的预测分布结果进行预测，在这个案例中，用人工神经网络用来进行未来预测模型。他用了澳大利亚未来气候数据集和澳大利亚的 CSIRO 研发的大洋环流模型。选择了两种不同的全球变暖情景：中度排放情景，RCP4.5 和基准排放情景，RCP8.5，并预测了在 2045 年和 2085 年的分布。

让我们回到 BCCVL，我会告诉你如何进行气候变化的实验。

回到 BCCVL，Peter 再次到实验页面，现在选择运行一个气候变化实验。

这使他再次到具有不同选项卡的页面来选择模型的每个选项。首先给实验一个标题和描述。

在第二个选项卡中，可以选择他想使用的物种分布模型来进行预测。选好实验后，列出了所有运行过的不同算法。因为 ANN 表现最好，他选择这个算法进行预测。

下一个标签是选择未来气候数据。在左边，Peter 可以选择他想用的排放情景和预测的未来年份，大洋环流模型和数据集的分辨率。Peter 选择 2 不同年份的两种不同情景，并使用 CSIRO MK3 大洋环流模型。符合这些要求的数据集显示在右边，他选择这四个来运行他的模型。

检查完模型的各个方面，Peter 在最后一个标签中开始实验，我们可以看到现在有 4 种不同的模型正在运行。我们来看看结果。

看看科罗澳拟蟾的未来分布情况。左边是 Peter 用于气候变化预测的人工神经网络算法的预测出来的现有分布。他运行了两个不同的全球变暖情景，RCP4.5 和 RCP8.5。RCP4.5 代表了一种中度排放情景，我们使用一些技术手段来限制碳排放，但到 2100 年，地球仍然预计会升高约 2.4 摄氏度。在这种情况下，我们看到适合科罗澳拟蟾生存的区域已经在减少，在 2045 年还有相当一部分地区，但到 2085 年则大幅减少。RCP8.5 的情景是“基准情景”，我们继续保持现状，并不限制我们的碳排放量。这种情况显示出科罗澳拟蟾的适宜区域在加速减少，到 2085 年，当前合适的区域只剩下一小部分。

所以很明显，科罗澳拟蟾的未来并不乐观。但是在物种分布模型结合未来气候变化预测的帮助下，类似 Peter 这样的生态学家和管理人员可以决定他们优先考虑保护区域。即使最悲观的情况下，但很可能发生的全球变暖情景中，有一小部分区域仍然适合这个物种生存，而我们可以确保尽可能减少其他影响，如栖息地破碎和破坏，这可能是避免这一脆弱物种灭绝的良好开端。

案例研究 2：马樱丹

我们的第二个案例研究是马樱丹，它被认为是澳大利亚最严重的杂草之一。在 1841 年，澳大利亚将其作为观赏花园植物引入，但它很快扩散到野外，现在已经蔓延到

东澳大利亚海岸线的大部分区域。造成了对本地植物物种的威胁，例如与桉树秧苗竞争营养和光。这也减少了牧场的生产力，据估计这些杂草造成了每年超过 2000 万美元的管理费用。

Hazel，我们的入侵物种专家，想要通过探究将来气候如何影响马樱丹，来了解这个物种的影响是否会恶化。像 Peter 一样，她运行了 BCCVL 中结合气候变化预测的物种分布模型。

我们再次核查 Hazel 发现的有关马樱丹的事实。这种毒物大多出现在澳大利亚的沿海和亚海岸地区，并在高温多雨的气候下蓬勃生长，因此受到低温和少雨的负面影响。Hazel 选择她模型的环境数据时，会考虑到这些情况。

Hazel 使用 BCCVL 来导入 ALA 的分布数据。整理数据后，她有超过 10,000 条记录的分布数据集。她选择 BCCVL 中的选项来随机生成遍布澳大利亚的 10,000 个伪分布数据集。对于她的环境数据集，她选择了一套来自澳大利亚当前气候数据集的 1 公里分辨率的环境变量。

让我们来看看 Hazel 得到的结果。Hazel 在 BCCVL 中运行的所有六种算法都显示马樱丹相似的当前分布，即广泛地分布在澳大利亚东海岸。这里显示的 ROC 曲线和评估指标是广义相加模型的结果。这是 Hazel 选择用于气候变化预测的算法。

这些是 Hazel 输入模型的温度变量的三个响应曲线。下面的 2 个图表显示，马樱丹受到寒冷气温的负面影响，但上面的 2 个图表显示，当达到最高温度时，马樱丹可能到达最佳状态，而分布概率降低的温度大约是 30 摄氏度。

Hazel 在 BCCVL 中运行了下一步的气候变化实验，使用广义相加模型的结果进行气候变化预测，她选择了澳大利亚大洋环流模型，CSIRO Mark 3。她想看到最优情景下的预测结果，即 RCP2.6，预测地球到 2100 年时约增温 1.5 摄氏度。她也选择了最糟糕的情景，RCP8.5，这是基准情景。Hazel 预测了未来 2 个不同年份两种情景下的广义相加模型的结果，2045 年和 2085 年。

这些是她得到的结果。在左侧，我们仍然是显示在目前的气候条件下的物种分布图。我们先看看 RCP2.6 情景。即使在这相对乐观，但非常明显的全球变暖情景下，我们仍然看到杂草的扩散有可能增加。如果我们看一下基准情景，我们发现到 2085 年，杂草在澳大利亚北部有大量的扩散，还有进一步向内陆东部扩散。

所以，对 Hazel 来说，不幸的是，她努力消除该杂草的未来看起来并不乐观。很明显，这种杂草在澳大利亚的广泛分布表明，其能够在一定范围内的气候条件下生存。所有未来的气候变化情景都表明了杂草的扩散。但请记住，在这种情况下，我们只是模拟了与气候变量相关的物种分布。为了继续她的研究，Hazel 可以调查哪些非气候变量会影响马樱丹，如土壤条件。无论怎样，显而易见的是，需要在全国范围内采取管理行动来控制将来这种杂草的扩散。

案例研究 3：亨德拉病毒

我们的第三个案例研究是灰头狐蝠，更确切得说是它们所携带的疾病：亨德拉病毒。灰头狐蝠自身携带不会出现任何疾病迹象，但这种疾病会传染给马和人类，而造成的感染可能危及生命。

让我向你介绍 Linus。他是拜伦湾附近的养马人，去年因为亨德拉病毒，他失去了 2 匹马。他正着手将他的马棚搬迁到没有飞狐的地方。他在寻找一个长期的解决方案。想搬到一个现在没有将来也没有飞狐的地区。

Linus 要求他的数据分析师查询灰头狐蝠的信息，并向他提供一些这种物种当前和未来分布的地图。数据分析师发现，灰头狐蝠是澳大利亚最大的蝙蝠种。它们生活在各种栖息地中，从热带雨林到林地和沼泽。它们在白天栖息，傍晚的时候去觅食。虽然它们不是迁徙物种，灰头狐蝠的种群随着各种植物的生长旺期从一个地方迁徙到另一个地方。这些蝙蝠携带着亨德拉病毒，并在 2010 年造成了许多马的死亡。研究表明，灰头狐蝠受到极端温度事件和降雨量降低的负面影响。

下一步是导入澳大利亚生物信息网站已有的分布数据到 BCCVL 中。在清理数据之后，Linus 的数据分析师发现了一个数据集超过 5,000 个分布位点，他在 BCCVL 中生成了 10,000 个伪分布无位点。他从澳大利亚当前气候数据库中选出 8 个气候变量来运行物种分布模型。要运行 6 种不同的算法，包括机器学习算法以及统计回归算法。

这些是这六种算法得到的分布图。它们整体上都遵循出现数据的分布模式。数据分析师核查了性能指标，决定使用广义线性模型的结果进行气候变化预测。

他也查看了这三个和出现概率相关的温度和降雨量的响应曲线。我们看到事实证明，灰头狐蝠对极热事件敏感，这点反映在最热月份的最高温度的响应曲线中。它们似乎受到最低温度的影响较小，因为它与最冷月份的最低温度的关系响应曲线是平坦的。在底部图表中显示的是降雨的影响，降水量减少带来负面影响。

像 Hazel 和 Peter 一样，他也决定使用澳大利亚的 CSIRO 研发的大洋环流模型，他选择了两个不同的温室气体排放浓和未来的两个不同年份。

气候变化预测的结果表明，中度排放情景 RCP4.5 的结果相对于目前灰头狐蝠的分布，没有显示出很大的变化。这意味着如果我们采取措施来阻止碳排放的增加和限制全球变暖，这种物种的分布将和目前的分布相似。但如果我们看看基于 RCP8.5 情景的预测分布，我们可以看到到 2085 年，灰头狐蝠向更南的地区转移。

那么数据分析师会为 Linus 提供什么建议呢？很明显，在每一个气候变化情景中，他目前所在拜伦湾的地方在未来多年中都仍然是一个适合灰头狐蝠的区域。只有最严苛的“基准情景”的全球变暖情景中显示，未来灰头狐蝠会向南迁移。如果 Linus 要迁移他的马厩，往南走可能不是一个好主意，但他可以决定进一步向内陆移动，移动到昆士兰州或新南威尔士州的更西部地区。

案例研究 4：葡萄酒行业

我们的最后一个案例研究强调了农业也受益于物种分布模型。在这种案例中，我们关注葡萄酒行业，特别是适合葡萄藤生长的环境条件。

Verona 和 Ben 在格兰纳特贝尔，澳大利亚的昆士兰州的葡糖酒产区，经营着家族的葡萄酒酿造厂和酒窖。Verona 和 Ben 要为将来打算，更好地了解气候变化如何影响葡萄藤的增长。

我们再来一次核对实际情况。气候对葡萄藤的生长有重大影响，长时间的高温可能会对葡萄质量产生负面影响，也影响葡萄酒的颜色和味道。但这不是唯一一个重要的环境因素。看起来气候和土壤条件之间的相互作用也非常重要。Verona 和 Ben 核查是否有已有的环境数据集和土壤数据可用于运行他们的物种分布模型。

他们先看看澳大利亚生物信息网站中的已有数据，但结果是有不到 200 条记录，不具有澳大利亚葡萄酒产区的显著代表性。因此，他们在 Google 地球上搜索澳大利亚葡萄园，并使用这些葡萄园的坐标作为补充记录，这给他们总共近 700 条记录。他们仔细核查这些分布记录点是否代表该国主要的葡萄酒产区，并在 BCCVL 中产生伪分布无位点。

因为他们知道气候和土壤都是限制葡萄种植区域适宜性的重要因素，他们选择的环境数据包含澳大利亚当前气候数据集的气候变量，以及 4 个来自国家土壤数据集的不同土壤变量。

这些是六种不同算法的预测分布图。明显的是，变量和响应之间存在复杂交互的算法，如随机森林和多变量自适应回归样条算法的预测概率略低，但一般来说，他们预测分布概率的区域和其他算法一样。基于性能指标值，Verona 和 Ben 选择 Maxent，最大熵模型算法进行气候变化预测。

和其他案例研究一样，Verona 和 Ben 选择了一个大洋环流模型，两个不同的全球变暖情景或 RCPs 以及两个不同的未来时间，来对物种分布模型的结果进行未来预测。

结果表明，对于中度排放情景 RCP6 以及基准情景的 RCP8.5 情景，预测的分布在第一个 30 年不会受到严重影响。2085 年，这两种情景都显示，在葡萄酒产区的最北端，分布概率略有下降，澳大利亚西部的适宜面积减少。

那么它对 Verona 和 Ben 而言怎样？看起来他们可以在所在区域安全地继续葡萄种植，但在严酷的 global 变暖情景下，他们不得不寻找缓解策略。因为他们位于物种适宜区域的北部，他们可以研究改变葡萄品种来耐受更高温度的可能性。

我们已经到了这个物种分布模型在线开放课程的最后阶段。非常感谢观看，更希望本课程能够使你学会有关物种分布模型的要点。不要忘记这些模型复杂，它们需要也值得花费时间和精力来充分领会和理解。希望你去探索已有的物种数据，环境数据和不同的算法，可以用来预测你感兴趣的物种在现在和未来的分布。不要忘了，你可以在生物多样性和气候变化虚拟实验室中运行这些模型！