2024 ICM

Problem D: 五大湖水问题

背景

美国和加拿大的五大湖是世界上最大的淡水湖群。 这五个湖泊和连接的水道构成了一个巨大的流域，其中包含这两个国家的许多大城市地区，气候和局部天气条件各不相同。

湖泊的水有多种用途（渔业、娱乐、发电、饮用、航运、动物和鱼类栖息地、建筑、灌溉等）。 因此，众多利益相关者都对流入和流出湖泊的水的管理感兴趣。 特别是，如果湖泊中的水排出或蒸发太少，则可能会发生洪水，沿岸的家庭和企业都会遭受损失； 如果排水过多，大型船只就无法通过水道运送物资并支持当地经济。 主要问题是调节水位，使所有利益相关者都能受益。

每个湖泊的水位取决于进出湖泊的水量。 这些水平是温度、风、潮汐、降水、蒸发、测深（湖底形状）、河流流量和径流、水库政策、

季节周期和长期气候变化。 五大湖系统的水流有两个主要控制机制——苏圣玛丽苏水闸补偿工程。 如附录所示，位于康沃尔郡的摩西-桑德斯大坝（三个水电站、五个船闸和急流源头的一个闸门大坝）和康沃尔郡的摩西-桑德斯大坝。

虽然两座控制水坝、许多渠道和运河以及流域水库可以由人类控制，但降雨、蒸发、侵蚀、冰塞和其他水流现象的速度超出了人类的控制范围。 地方管辖区的政策可能会产生与预期不同的影响，流域的季节和环境变化也是如此。 这些变化反过来影响该地区的生态系统，从而影响湖泊及其周围的动植物群以及居住在水盆中的居民的健康。 尽管五大湖似乎有规律的年度模式，但与正常水平两到三英尺的水位差异可能会极大地影响一些利益相关者。

这种动态网络流量问题是“棘手的”——解决起来非常困难，因为相互依赖性、复杂的要求和固有的不确定性。 对于湖区来说问题，我们有不断变化的动力和利益相关者的利益冲突。

要求

国际联合委员会 (IJC) 请求贵公司国际网络控制建模者 – ICM 的支持，以协助控制机制的管理和模型（两个大坝 – 补偿工程和摩西-桑德斯大坝，如附录所示）， 影响五大湖水流网络的水位。 您的 ICM 主管已让您的团队领导开发模型和实施该模型的管理计划。 您的主管指出，有几个考虑因素可能有助于实现这一目标，首先是为五大湖建立网络模型，然后将苏必利尔湖与大西洋的河流连接起来。 您的主管提到的其他一些可选注意事项或问题是：

• 确定五大湖一年中任何时间的最佳水位，同时考虑到各个利益相关者的愿望（每个利益相关者的成本和收益可能不同）。

• 建立算法，根据湖泊的流入和流出数据维持五个湖泊的最佳水位。

• 了解控制算法对两个控制坝出流的敏感性。 根据 2017 年的数据，您的新控制措施是否会令各利益相关者满意或优于该年实际记录的水位？

• 您的算法对环境条件变化（例如降水、冬季积雪、冰塞）的敏感度如何？

• 仅将广泛分析的重点放在影响安大略湖的利益相关者和因素上，因为最近人们越来越关注该湖水位的管理。

IJC 还对您使用哪些历史数据来为模型提供信息并建立参数感兴趣，因为他们很好奇将您的管理和控制策略与以前的模型进行比较。 向 IJC 领导层提供一页备忘录，传达模型的主要特征，以说服他们选择您的模型。

您的 PDF 解决方案总页数不超过 25 页，应包括：

• 一页摘要表，清楚地描述您解决问题的方法以及您最关心的问题。

根据您对问题的分析得出的重要结论。

• 目录。

• 您的完整解决方案。

• 一页备忘录。

• 参考文献列表。

• AI 使用报告（如果使用）。

注意：对于完整的 ICM 提交，没有具体要求的最小页面长度。 您最多可以使用 25 页来完成您的所有解决方案工作以及您想要包含的任何附加信息（例如：绘图、图表、计算、表格）。 部分解决方案被接受。 我们允许谨慎使用 ChatGPT 等人工智能，尽管没有必要为此问题创建解决方案。 如果您选择使用生成式 AI，则必须遵循 COMAP AI 使用政策。 这将导致额外的 AI 使用报告，您必须将其添加到 PDF 解决方案文件的末尾，并且不计入解决方案的 25 页总页数限制。

提供的文件：

• 问题D 附录——附加背景信息。

• 数据示例——这些是可能的数据来源。 其中一些用于填充 Problem\_D\_Great\_Lakes.xlsx 数据集。 这些示例可以在问题 D 附录的第 4 页找到。 注意：成功制定解决方案并不需要这些示例。

• Problem\_D\_Great\_Lakes.xlsx – 流入、流出和水位的数据那个湖

References (in addition to the included background data file):

1. Explanation of the IJC’s Efforts to Manage the Great Lakes Basin: National Research Council; The Royal Society of Canada. (2006). Review of Lake Ontario-St. Lawrence River Studies. Washington D.C.: National Research Council of the National Academies. Retrieved from https://nap.nationalacademies.org/catalog/11481/review-ofthe-lake-ontario-st-lawrence-river-studies

2. Description of the Great Lakes Navigation Systems: Great Lakes Seaway Navigation System. (2023). Retrieved from American Great Lakes Ports Association: https://www.greatlakesports.org/industry-overview/the-great-lakes-seaway-navigationsystem/#:~:text=Lake%20Erie%20drains%20into%20Lake,in%20elevation%20approxim ately%20600%20fee