PyPSA

PyPSA是一个开源的Python工具包，用于模拟和优化现代能源系统，支持多种功能，如常规发电机组、可再生能源发电、储能系统、多能源耦合（电力、交通、供热、工业）以及能源载体转换等。

它能够处理大规模网络和长时间序列数据，适用于电力市场建模、长期投资规划、输电网络扩展规划等问题。

（一）基本结构与组件

Network：所有组件的容器。

Bus：节点，其他组件（如发电机、负荷）连接到此处。

Carrier：能源载体或技术（如电力、氢能、天然气等）。

Load：能源消费者（如电力需求）。

Generator：发电机（如电厂、风机、光伏板）。

Link：连接两个节点的可控能量流（如输电线路、能源转换设备）。

GlobalConstraint：全局约束（如排放限制）。

（二）优化问题

PyPSA通过构建优化问题来最小化总成本，同时满足发电限制、输电限制、节点能量平衡等约束条件。

优化变量包括发电机调度、输电线路功率流、储能充放电等。

（三）实际应用案例

最小调度问题：演示如何构建一个简单的电力市场模型，包括发电机、负荷和优化调度。

参考电网：介绍了如何构建电力（AC/DC）和氢能（H2管道）的参考电网，包括数据加载、网络构建和结果分析。

可视化：使用PyPSA内置的绘图功能展示电网结构和优化结果。

### PyPSA模型：PyPSANetwork对象包含：数据（存储为PandasDataFrames），方法（用于模拟、优化等），约束（定义系统行为），以及求解器选项（用于控制优化设置）。

Linopy

Linopy是一个用于建模和求解电力系统优化问题的Python库。它基于Pyomo，提供了一种面向对象的建模方法，使电力系统优化问题的建模过程更加简洁、清晰和高效。不同于直接使用Pyomo的复杂性，Linopy通过抽象电力系统组件（如发电机、负荷、线路）和约束条件（如功率平衡、电压限制）为Python对象，从而极大地简化了建模工作。

（一）核心优势：

简化建模：Linopy将复杂的电力系统问题转化为易于理解和操作的Python对象。用户无需深入理解Pyomo的底层细节，只需关注电力系统组件的属性和约束条件即可构建模型。

面向对象设计：通过将电力系统组件封装成对象（如Generator、Load、Line），Linopy促进了代码的组织和可读性。不同组件之间的关系和约束条件可以通过对象间的交互来定义，使模型结构清晰，维护方便。

强大的约束支持：Linopy内置了电力系统常见的约束，例如功率平衡、电压限制、发电机出力限制、线路输送能力限制等。这些约束以简洁的Python代码形式表达，无需编写繁琐的数学公式，大大简化了建模过程。

高效求解：Linopy利用Pyomo的求解器接口，支持多种优化算法（如CPLEX、Gurobi等），确保了优化问题的有效求解。

（二）适用场景：

经济调度：优化发电机出力，最小化运行成本。

潮流优化：优化电力系统潮流，确保电压稳定。

储能管理：优化储能系统运行，提高电力系统灵活性。

分布式能源管理：优化分布式能源的调度和控制。

Pyomo

Pyomo是一个用于建模和求解优化问题的Python库。它提供了一个面向对象的框架，允许用户以清晰、简洁的方式定义优化问题，并利用各种求解器（如CPLEX、Gurobi、SCIP等）来解决这些问题。

（一）核心功能和优势：

面向对象建模：Pyomo使用Python对象来表示优化问题的各个组成部分，例如变量、参数、约束和目标函数。这种面向对象的方法使得模型的定义更加直观和易于理解，也提升了代码的可维护性和可重用性。用户可以定义模型组件，并通过它们之间的关系来构建复杂的优化模型。

广泛的求解器支持：Pyomo支持多种商业和开源求解器，包括但不限于CPLEX、Gurobi、CBC、IPOPT、SCIP等。这使得用户能够根据问题的特性和计算资源选择合适的求解器。通过Pyomo，用户只需定义模型，而无需关注求解器的细节。

丰富的建模功能：Pyomo提供了各种建模元素，包括连续变量、离散变量、线性约束、非线性约束、目标函数等。这些功能覆盖了各种优化问题的建模需求，从线性规划到非线性规划、整数规划等。

灵活的建模语言：Pyomo的建模语言基于Python，利用Python的强大功能和可读性来创建复杂的优化模型。用户可以利用Python的语法和控制流语句来定义模型。

可扩展性：Pyomo的设计鼓励用户扩展其功能。用户可以通过编写自定义组件、求解器接口以及其他工具来定制Pyomo，以适应特殊的需求。

（二）适用场景：

线性规划(LP)：资源分配、运输问题等。

非线性规划(NLP)：工程设计、过程优化等。

整数规划(IP)：组合优化问题、调度问题等。

混合整数规划(MIP)：包含连续和离散变量的优化问题。

其他优化问题：例如，网络优化、金融优化、供应链优化等。

（三）与Linopy的关系：

Linopy基于Pyomo，它提供了一个更便捷、更专注于电力系统优化的接口。Linopy通过抽象电力系统组件和约束，简化了建模过程，而Pyomo提供了更底层的建模能力和更大的灵活性，允许用户构建更复杂的电力系统优化模型。

[procurement-metastudy](https://github.com/open-energy-transition/procurement-metastudy)

[procurement-metastudy](https://github.com/open-energy-transition/procurement-metastudy)旨在对全球能源转型背景下的能源采购策略进行全面的元分析。它并非仅仅考察单个采购项目，而是试图整合来自多个现有研究的成果。这能提供更广阔的视角，并可能得出更具说服力的结论，相较于单一案例研究而言更具优势。

以下是该项目潜在范围和方法论的更详细说明：

（一）范围：该项目的范围至关重要。它必须明确界定“能源采购”的范畴。这应当包括但不限于：

能源类型：是否涵盖了可再生能源（太阳能、风能、水能、生物质能、地热能）以及化石燃料（煤炭、石油、天然气）、核能以及其他新兴技术？每个类别内的具体技术（例如聚光太阳能发电、不同类型的风力涡轮机）也应予以考虑。重要的是，该项目应明确说明不同能源的采购方式（例如直接采购、电力购买协议、虚拟电力购买协议）。

地理位置：该分析是否会仅限于特定区域（例如发达国家、发展中国家、特定国家）？还是会涵盖全球视角？不同地区的不同法规和市场结构会影响采购策略。

采购类型：是否包括公共部门采购、私营部门采购，还是两者皆有？是否包含特定的采购方法（例如竞争性招标、谈判、拍卖）？

时间范围：将涵盖哪些历史时期？该项目需要考虑能源采购策略随时间的演变情况，尤其是在全球能源转型的背景下。

利益相关者视角：该分析是否会考虑参与能源采购的各类利益相关者的观点（例如政府、公用事业公司、企业、消费者）？纳入多样化的视角将使研究结果更具深度和丰富性。

指标与评估标准：不同采购策略的有效性将如何进行衡量？会考虑哪些具体的指标（例如成本、环境影响、社会影响、可靠性）？

（二）方法论：

文献检索：需要进行全面的文献检索以确定相关研究。应利用诸如JSTOR、ScienceDirect、IEEEXplore等数据库以及灰色文献来源等资源。

数据提取：需要制定标准化的数据提取表格，以便系统地从已确定的研究中收集信息。这将确保不同研究之间的一致性和可比性。

数据质量评估：对纳入研究的质量进行评估（例如，依据预设的标准对研究方法、样本规模和数据可靠性进行考量）这一过程至关重要。

统计分析：为了整合来自多项研究的结果，将需要运用荟萃分析技术。这将包括进行适当的统计测试，以识别能源采购策略中的模式和趋势。

综合与解读：基于荟萃分析得出的结论需要在全球能源转型的背景下进行综合与解读。该项目应当考虑研究结果可能存在的局限性和影响。

传播：该荟萃分析的结果应通过出版物、报告以及其他渠道进行传播，以促进对能源采购策略的更广泛理解。

PyPSA-Earth

该项目致力于使用Python的PyPSA库来模拟和分析全球能源转型。具体而言，它提供了基于地理空间的能源系统模型，用于模拟和评估不同能源技术（例如可再生能源、化石燃料、储能等）在全球范围内的部署和整合。

地理空间建模：PyPSA-Earth重点在于将能源系统模型与地球空间联系起来。这意味着它能够考虑不同地区（如国家、州、省份甚至更小的区域）的地理位置、资源分布、能源需求等因素，从而构建更精确的能源系统模型。这与传统的，仅考虑单个地点或区域的能源模型相比，具有显著的优势。

能源转型模拟：项目的目标是模拟能源转型的过程，包括从化石燃料向可再生能源的过渡。通过模拟，可以评估不同政策、技术和市场机制对能源转型的影响，例如可再生能源的渗透率、电力系统稳定性、碳排放量等。

Python PyPSA库的应用：该项目的核心技术是利用Python的PyPSA库。PyPSA是一个强大的开源工具，专门用于构建和分析电力系统模型。PyPSA-Earth利用PyPSA提供的功能，并对其进行扩展，使其能够处理地理空间数据和全球能源系统模型。

总而言之，PyPSA-Earth项目利用PyPSA库，构建了一个基于地理空间的能源系统模型，旨在模拟和分析全球能源转型。它提供了模拟不同情景、评估政策影响、支持决策的工具，以及促进社区协作的平台。通过对不同地区、能源技术和政策的综合考虑，该项目能够提供更全面的能源转型分析，并为更有效的能源政策制定提供支持。

PyPSA-Eur：欧洲能源系统的部门耦合开放优化模型

PyPSA-Eur是一个基于Python的开源项目，用于构建和分析欧洲能源系统的部门耦合优化模型。它利用PyPSA提供的框架，将电力、热力、交通、工业等能源系统部门紧密联系起来，考虑它们之间的相互作用。这意味着它不仅仅关注电力系统，而是模拟整个能源系统，包括能源流、资源竞争、部门耦合的优化等方面。它利用优化算法找到在特定约束条件下（如减排目标、成本限制等）最优的能源转型方案。

（一）核心功能是：

部门耦合：模拟不同能源部门之间的相互作用，例如工业余热用于供暖，交通系统使用电力或生物燃料。

开放优化：允许用户灵活地定义模型参数，包括技术选择、能源政策、能源需求等。

数据驱动：模型依赖于各种数据源，包括能源需求预测、技术参数、政策法规等。

可视化和分析：提供工具用于分析模拟结果，包括成本效益分析、排放量评估等。

（二）优势：

部门耦合分析：能够提供对整个能源系统进行更全面的评估，而非仅仅关注电力系统。这对于理解不同部门之间的相互作用和优化能源效率至关重要。

可扩展性：模型可以扩展到包括更多的能源部门和技术。

（三）试用场景：

能源转型规划：模拟不同能源转型方案，评估其经济效益和环境影响，为政策制定提供依据。

可再生能源整合：分析可再生能源在不同部门的整合潜力，并优化其与现有能源系统的兼容性。

能源效率提升：评估不同能源效率提升措施的效益，并找出最优的组合方案。

碳减排策略：模拟不同碳减排策略（如碳税、碳捕获利用与封存）的效果，并评估其对不同部门的影响。

区域能源规划：用于模拟特定地区（如欧洲）的能源系统，并评估不同政策选项在该区域的适用性。

技术评估：评估新兴能源技术（如新型储能、氢能）在能源系统中的应用潜力。

能源价格预测：模拟不同能源价格情景，并评估其对能源系统的影响。

能源安全评估：模拟不同能源供应中断情景，评估能源系统的弹性，并提出应对策略。

PyPSA-USA 是美国大规模输电系统的开源电力系统模型。该工作流程借鉴了PyPSA-Eur的工作，构建了一个高度可配置的电力系统模型，可用于容量扩展建模、生产成本模拟和潮流分析。

开放能源建模工具追踪器（openmod-tracker）

使用Git和其他公开数据，分析开源能源系统建模(ESM)工具的成熟度和采用情况的存储库。

特征：

合并并过滤来自各种库存的ESM工具：[LF能源格局](https://github.com/lf-energy/lfenergy-landscape)、[GPST开放工具](https://api.github.com/repos/G-PST/opentools)、[开放可持续技术](https://github.com/protontypes/open-sustainable-technology)、[开放能源建模倡议](https://wiki.openmod-initiative.org/wiki/Open_Models)

[通过ecosyste.ms](https://ecosyste.ms/) API获取每个工具的源代码存储库和包统计信息：创建存储库、存储库上次更改、星与叉、贡献者数量、依赖存储库、下载、发育分布评分（DDS）

[使用GitHubRESTAPI](https://docs.github.com/en/rest)获取存储库交互和交互用户数据，并根据字符串匹配对用户进行分类。

DemandCast

DemandCast是一个基于Python的项目，专注于收集、处理和预测每小时电力需求数据。该项目旨在通过使用机器学习模型生成未来电力需求的每小时时间序列，为缺乏可用数据的国家/地区提供能源规划研究支持。

特征：

从公共来源检索开放的每小时和每小时以下电力需求数据（[ETL](https://github.com/open-energy-transition/demandcast/tree/main/ETL)）。

检索天气和社会经济数据（[ETL](https://github.com/open-energy-transition/demandcast/tree/main/ETL)）。

使用机器学习模型（[模型](https://github.com/open-energy-transition/demandcast/tree/main/models/)）进行预测。

用于添加新国家或数据源的模块化设计。

支持可重复的容器化开发。

Game of Grids

“Game of Grids”的目标是提供一个交互式平台，让用户可以探索和模拟能源转型中的各种策略、挑战和机遇。它并非简单的游戏，而是一个基于物理模型的模拟环境，旨在让参与者体验能源系统演变的复杂性，并对政策和投资决策进行实验。它强调了可再生能源、能源效率和能源储存等在能源转型中的关键作用，并鼓励用户思考能源系统如何适应气候变化和人口增长等外部压力。项目强调了参与、互动和学习的重要性，希望让用户能够理解能源转型不仅仅是技术问题，更是社会和经济问题。

开放能源系统规划

能源系统规划是指对一个国家、地区或特定区域的能源系统进行长期（通常为 10-30 年）的战略性规划，以满足未来能源需求，并尽可能地实现经济、环境和社会效益最大化。 它涵盖了能源供给、转换、输送和消费的各个环节，并考虑了各种因素。

开放能源系统规划是一种能源系统规划方法，它强调 透明度、参与度、灵活性和可扩展性，以应对复杂且不断变化的能源需求。

与传统的能源系统规划方法不同，它不局限于由少数大型机构主导，而是鼓励更广泛的利益相关者参与，包括：

消费者：鼓励消费者参与，例如通过灵活负荷管理、分布式能源资源 (DER) 等。

分布式能源资源 (DER) 所有者：包括太阳能、风能、储能等小型发电设施的所有者。

社区：支持社区参与，例如通过社区能源项目。

技术供应商：鼓励各种新兴能源技术和解决方案的开发和部署。

开放能源系统规划的关键特征包括：开放数据和平台、分散决策、 灵活性和适应性、 透明度和可追溯性、利益相关者参与

开放能源系统规划的优势：

更有效的资源配置：利用分散的知识和资源，使规划更有效。

更快的部署速度：促进能源技术的快速部署。

更高的可持续性：支持更可持续的能源系统。

增强韧性：应对电力系统中断和极端天气事件的能力增强。

更强的适应性：适应技术进步、政策变化和市场动态。

ENTSO-E模型

ENTSO-E 模型指的是欧洲输电系统运营商协会 (ENTSO-E) 开发的电力系统模型。它并非单一模型，而是一个框架，涵盖了各种不同的模型和工具，用于模拟和分析欧洲电力系统的运行。

关键在于：

模拟欧洲电力系统：ENTSO-E模型旨在模拟整个欧洲的电力系统，包括发电厂、输电线路、变电站以及消费终端。这包括对电力供应、需求、流动、以及电力市场进行建模。

预测和分析：通过模拟，ENTSO-E模型可以预测未来电力需求、发电量以及系统运行状态，从而帮助预测潜在的电力短缺或过剩，并评估不同政策和措施的影响。

系统稳定性评估：模型可以用来评估电力系统的稳定性，识别可能导致系统崩溃或中断的潜在风险。

不是单一模型，而是框架：ENTSO-E模型不是一个单一的、封闭的模型，而是由多个模块和工具组成的框架。不同的模块可以针对不同的目的进行开发和应用，例如：

潮流分析模型：用于模拟电力在输电线路中的流动，评估线路的负荷能力。

经济调度模型：用于优化电力系统的运行，最小化运行成本。

稳定性分析模型：用于评估系统稳定性，识别和评估潜在的故障风险。

市场模型：用于模拟电力市场交易，评估市场参与者的行为。

可再生能源整合模型： 针对可再生能源发电的特性进行建模，分析其对系统的影响。

数据驱动：ENTSO-E模型的准确性高度依赖于输入数据，这些数据需要精确反映欧洲电力系统的实际情况。

Open-TYNDP

TYNDP指的是Yearly Network Dispatch Problem (年度网络调度问题)。它是一个用于电力系统长期规划和调度的数学模型。它模拟了在一年中的不同时间段，电力系统如何根据各种约束条件（例如发电厂的可用性、负荷需求、输电线路的容量等）进行最优的电力调度，以满足电力需求，并最大限度地降低成本。

TYNDP考虑了以下因素：

发电厂：不同类型发电厂的成本、出力、可用性等。

负荷：不同时间段的负荷需求。

输电线路：输电线路的容量限制。

市场机制：可能包括电力市场价格、排放标准等。

可再生能源：如果模型包含可再生能源，则需要考虑其出力不确定性。

TYNDP模型通常使用优化算法，例如线性规划或混合整数规划，来找到满足所有约束条件下，总成本最低的调度方案。

结果通常包括：

发电厂的出力计划：在不同时间段，每个发电厂需要输出多少电力。

输电线路的流量：在不同时间段，电力在输电线路上的流动情况。

总运行成本：整个调度方案的总成本。

TYNDP的用途包括：

电力系统长期规划：帮助电力系统运营商规划未来电力系统的容量和布局。

电力市场分析：分析电力市场价格和调度方案之间的关系。

政策分析：评估不同政策（例如可再生能源补贴）对电力系统的影响。

Open-TYNDP 的目标是将开放能源系统规划方法的优势与 ENTSO-E 模型的精确性相结合，从而改进 TYNDP 模型。

TYNDP是一种长期调度的模型，通常用于预测一年内的电力需求和供给。短期调度（例如实时调度）通常使用不同的模型。

Open-TYNDP是一个开放源代码的电力系统短期调度 (Short-Term Dispatch, STD) 模型。

传统 TYNDP 模型通常是封闭的，定制性较差，且可能难以适应新的电力系统技术和市场机制。Open-TYNDP的开放性使得它更具适应性和灵活性。

Open-TYNDP主要用于：

电力系统短期调度：为电力系统运营商提供最优的调度方案，以满足电力需求，并最大限度地降低运行成本。

研究和开发：用于研究不同电力系统技术和政策对调度结果的影响，例如可再生能源的整合、储能的应用、需求响应的引入等。

atlite

atlite是一款基于[xarray的](http://xarray.pydata.org/en/stable/)[免费](http://www.gnu.org/philosophy/free-sw.en.html)Python 库，用于将天气数据（例如风速、太阳辐射）转换为能源系统数据。它设计轻量级，可降低计算资源（CPU、RAM）占用率。因此，它非常适合处理大型天气数据集。

atlite可以处理以下天气数据字段，并可以将它们转换为完整天气数据库的任何子集的以下电力系统相关时间序列。

