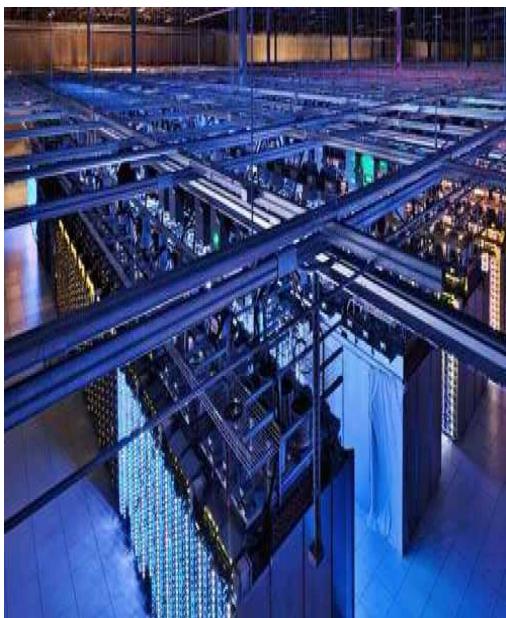




IMMC 2025 Problem E (简体 繁體 English)

## When Watts Meet Bits: The Power-Computing Collaborative Scheduling

### Background



With the rapid development of information technology, especially the widespread use of cloud computing, big data, and artificial intelligence, the demand for computational power is steadily increasing. Data centers (see Figure 1) have become key infrastructure in modern society. However, their high power consumption also leads to rising energy use and carbon emissions. At the same time, global attention to environmental protection has made renewable energy sources (such as solar and wind power) an important solution to the energy challenge.

*Figure 1 Internal layout of Google data center  
(The image is sourced from the internet)*

In this context, balancing the computational power demand of data centers with the pressure of power supply has become an urgent challenge. Specifically, during the global energy transition, effectively integrating renewable energy sources like wind and solar power (as shown in Figure 2) with traditional electricity systems is crucial. The goal is to ensure task scheduling meets service quality requirements while maximizing green energy usage, reducing carbon emissions, and cutting electricity costs.

*Figure 2: Renewable energy for power supply  
(Image sourced from the internet)*



## Tasks

Assume that a certain data center has different types of power supply: traditional electricity and green electricity. The power supply has an upper limit, and the electricity price fluctuates based on supply and demand. Green energy is given priority, but when green energy is insufficient, traditional electricity must be used. The data center has multiple computational tasks, and the computational power demand for each task changes across different time periods. Each task also has a different priority. Task scheduling must take into account the priority of each task, ensuring that critical tasks (such as urgent computing tasks and real-time tasks) are not affected, while less important tasks can be delayed based on the availability of power. Each server cluster has limited computational capacity, and the power consumption of each cluster is linear during operation. The progress of computational tasks is directly related to the allocated power and computational capacity. You and your team have been assigned to use mathematical modeling to optimize the overall operation of a large data center through reasonable power and computational scheduling to achieve the following objectives:

1. Design an optimization model for the collaborative scheduling of computational power and electricity over a 24-hour period. The model should ensure that the data center can adjust the allocation of computational resources based on real-time task demands, and dynamically adjust power consumption in response to changes in power supply conditions. The goal is to ensure that computational tasks are completed on time, preventing service quality from being affected due to power shortages.
2. Through power scheduling optimization, reasonably adjust the ratio of green electricity to traditional electricity to reduce the data center's electricity costs. At the same time, participants should aim to maximize the use of renewable energy, thus achieving the dual goals of reducing emissions and saving operational costs.
3. Design an efficient scheduling algorithm based on balancing computational power demand and electricity supply, as well as optimizing costs. The algorithm should be capable of quickly responding to and adjusting computational load in situations where there are significant variations in power supply, preventing both excess and shortage of electricity.

## Data Reference

1. Basic Architecture and Operating Principles of Data Centers: <https://www.ibm.com/think/topics/data-centers>.
2. To facilitate scheduling modeling, relevant data for a 24-hour period is provided in the subsequent appendix.
3. Your team may also obtain data through other channels, or use forecasting models to generate predicted data for modeling.

## **Submission**

Your team's solution paper should include a 1-page Summary Sheet. The body cannot exceed 20 pages for a maximum of 21 pages with the Summary Sheet inclusive. The appendices and references should appear at the end of the paper and do not count towards the 21 pages limit.

## **Special Note**

The principles of Honor System of IMMC also applies to the use of LLMs (large language models) or generative AI tools. If a team uses any large language model or generative AI tool in completing the modeling tasks, from problem research, model development, programming to paper/report writing, the team must make honest, open and transparent disclosure, including making in-text citations and detailing relevant content in the "References" section. It should be recognized that although large language models or generative AI have the advantages of productivity tools, they also have obvious shortcomings and pose risks to users (such as AI-generated content containing AI hallucinations or possible plagiarism in the produced content). Whether or not using large language models or generative AI tools itself in the team's work has no impact on judges' evaluation; the judges seriously remind every team that if any AI tool would be used, use it responsibly, correctly, honestly, open and transparently.

## Appendix

Table 1. Task Quantity, Computational Power Demand, and Power Consumption of 24 Hours

Task Quantity, Computational Power Demand, and Power Consumption of 24 Hours			
Time Period	High Urgency Tasks	Medium Urgency Tasks	Low Urgency Tasks
00:00-06:00	0 tasks (0 kWh)	5 tasks (20 kWh)	10 tasks (30 kWh)
06:00-08:00	0 tasks (0 kWh)	5 tasks (20 kWh)	5 tasks (15 kWh)
08:00-12:00	10 tasks (50 kWh)	10 tasks (40 kWh)	0 tasks (0 kWh)
12:00-14:00	5 tasks (25 kWh)	5 tasks (20 kWh)	0 tasks (0 kWh)
14:00-18:00	10 tasks (50 kWh)	10 tasks (40 kWh)	0 tasks (0 kWh)
18:00-22:00	5 tasks (25 kWh)	5 tasks (20 kWh)	10 tasks (30 kWh)
22:00-24:00	0 tasks (0 kWh)	5 tasks (20 kWh)	5 tasks (15 kWh)

Table 2. 24-Hour New Energy Power Generation Supply

24-Hour New Energy Power Generation Supply		
Time hour	New Energy Power Generation Supply	MW
0		0
1		0
2		0
3		0
4		2
5		3
6		5
7		6
8		7
9		8
10		8
11		9
12		9
13		8
14		7
15		6
16		5
17		4
18		3
19		2
20		1
21		0
22		0
23		0

Table 3. 24-Hour Renewable Energy Electricity Price

24-Hour Renewable Energy Electricity Price		
Time (hour)	Renewable Energy Supply (MW)	Renewable Energy Electricity Price (RNB Yuan/kWh)
0	0	0.6
1	0	0.6
2	0	0.6
3	0	0.6
4	2	0.5
5	3	0.5
6	5	0.4
7	6	0.4
8	7	0.4
9	8	0.3
10	8	0.3
11	9	0.3
12	9	0.3
13	8	0.4
14	7	0.5
15	6	0.5
16	5	0.5
17	4	0.5
18	3	0.6
19	2	0.6
20	1	0.6
21	0	0.6
22	0	0.6
23	0	0.6

Table 4. 24-Hour Traditional Electricity Price

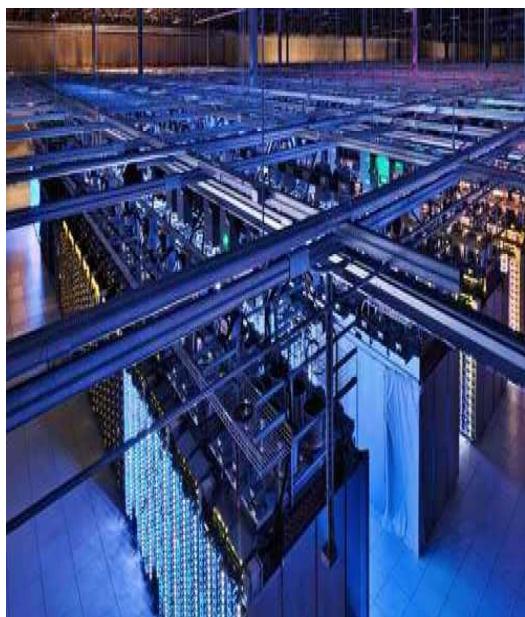
24-Hour Traditional Electricity Price	
Time (hour)	Traditional Electricity Price (RMB Yuan/kWh)
0	0.5
1	0.5
2	0.5
3	0.5
4	0.6
5	0.7
6	0.8
7	0.9
8	1
9	1.2
10	1.3
11	1.3
12	1.2
13	1.1
14	1
15	1
16	1.1
17	1.2
18	1.3
19	1.2
20	1.1
21	1
22	0.8
23	0.6



IMMC 2025 中华赛 E 题 (冬季赛) (简体 繁體 English)

## 当瓦特遇上比特：电力-算力协同调度

### 背景



随着信息技术的飞速发展，尤其是云计算、大数据、人工智能等技术的广泛应用，对算力的需求不断攀升。为了应对日益增加的计算需求，数据中心（见图 1）成为了支撑现代信息社会的核心基础设施。然而，数据中心的高算力需求也伴随着巨大的电力消耗，造成了能源消耗的上升以及碳排放的增加。与此同时，全球对环境保护的关注日益提高，可再生能源（如太阳能、风能等）的使用逐渐成为解决能源问题的重要途径。

图1 谷歌公司数据中心内部  
(图片来自互联网)

在这个背景下，如何平衡数据中心的算力需求与电力供应的压力，成为了一个亟待解决的课题。特别是，在全球能源转型的过程中，如何有效地将绿色能源如风能、太阳能（如图 2 所示）与传统电力系统结合使用，在电力供应不稳定的情况下，使得计算任务的分配和调度既能够满足服务质量要求，又能够最大化利用绿色能源，降低碳排放和电力成本是本题需要解决的关键问题。

图2 新能源进行电力供应  
(图片来自互联网)



## 任务

假设某数据中心电力供应存在不同类型：传统电力和绿色电力。电力供应是有上限的，且电价随着供需波动而变化。电力供应优先考虑绿色能源，但在绿色能源不足时需要使用传统电力。该数据中心有多个计算任务，这些任务的算力需求在不同时间段内变化，并且每个任务的优先级不同。任务调度需要考虑不同任务的优先级，确保重要任务（如紧急计算任务、实时任务）不会受到影响，而不重要的任务则可以根据电力供应情况适当延迟。每个服务器群组的计算能力有限，且每个群组的功耗在运行时是线性的，计算任务的进度与分配的电力和算力直接相关。你和你的团队被指派使用数学建模来对某大型数据中心通过合理的电力和算力调度来优化整体运行，达到以下要求：

1. 设计一个一天（24h）算力与电力协同调度的优化模型，确保数据中心能够根据实时的计算任务需求调整算力资源的分配，并在电力供应条件变化的情况下，动态地调整电力消耗，确保计算任务能够按时完成，避免因电力不足而影响服务质量。
2. 通过电力调度优化，合理调节使用绿色电力和传统电力的比例，降低数据中心的电力成本。同时，团队还需要尽可能提高绿色能源的使用比例，从而达到减排和节省运营成本的双重目标。
3. 在算力需求和电力供应平衡以及成本优化的基础上设计一个高效的调度算法，在电力供应变化较大的情况下，如何快速响应并调整算力负载，避免出现电力过剩或不足的情况。

## 参考数据

1. 数据中心的基本构架与运作原理：<https://www.ibm.com/think/topics/data-centers>
2. 为了便于进行调度建模，将给出 24h 内的相关数据：见英文版附录。
3. 你的团队亦可通过其它渠道获取数据，或者采取预测模型获取预测数据进行建模

## 提交

你的团队所提交的论文应包含 1 页摘要，其正文不可超过 20 页，包括摘要则最多不超过 21 页。附录和参考文献应置于正文之后，不计入 21 页之限。

## 特别说明

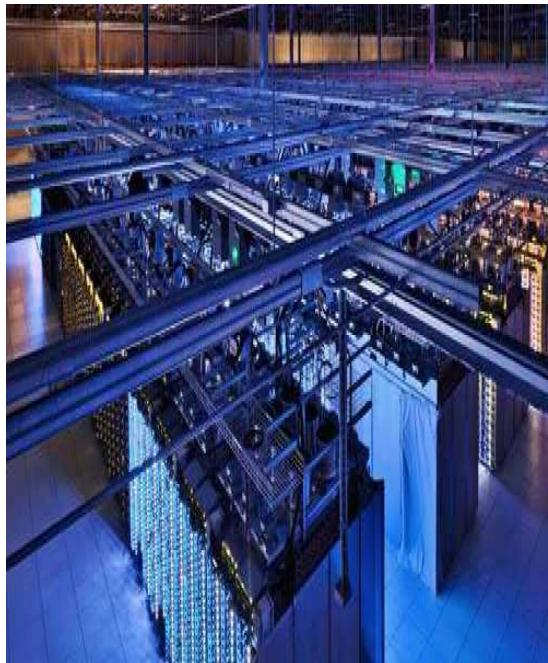
IMMC “诚信赛制”的原则同样适用于大语言模型或生成式 AI 工具的使用。如果团队在完成建模任务过程中有使用任何大语言模型或生成式 AI 工具，从问题研究、模型开发、程序编写到论文写作等建模工作的方方面面，团队必须诚实和公开透明地做披露，包括做出文内标注和在“参考文献”部分详细列出相关内容。应认识到大语言模型或生成式 AI 虽具有生产力工具的优势，亦具有明显的不足，并对使用者构成风险（例如 AI 生成的内容存在 AI 幻觉，也可能构成剽窃）。团队使用或不使用大语言模型或生成式 AI 工具本身，对评审没有影响；评委严肃地提醒团队，若果有任何 AI 工具的使用，都应当是负责任、正确、诚实和公开透明的使用。



IMMC 2025 中華賽 D 題（冬季賽）（簡體 繁體 English）

## 當瓦特遇上比特：電力-算力協同調度

### 背景



隨著資訊技術的飛速發展，尤其是雲計算、大數據、人工智慧等技術的廣泛應用，對算力的需求不斷攀升。為了應對日益增加的計算需求，數據中心（見圖 1）成為了支撐現代資訊社會的核心基礎設施。然而，數據中心的高算力需求也伴隨著巨大的電力消耗，造成了能源消耗的上升以及碳排放的增加。與此同時，全球對環境保護的關注日益提高，可再生能源（如太陽能、風能等）的使用逐漸成為解決能源問題的重要途徑。

**圖 1 Google 公司數據中心內部**  
(圖片來自於互聯網)

在這個背景下，如何平衡數據中心的算力需求與電力供應的壓力，成為了一個亟待解決的課題。特別是，在全球能源轉型的過程中，如何有效地將綠色能源如風能、太陽能（如圖 2 所示）與傳統電力系統結合使用，在電力供應不穩定的情況下，使得計算任務的分配和調度既能夠滿足服務品質要求，又能夠最大化利用綠色能源，降低碳排放和電力成本是本題需要解決的關鍵問題。

**圖 2 新能源進行電力供應**  
(圖片來自於互聯網)



## 任務

假設某數據中心電力供應存在不同類型：傳統電力和綠色電力。電力供應是有上限的，且電價隨著供需波動而變化。電力供應優先考慮綠色能源，但在綠色能源不足時需要使用傳統電力。該數據中心有多個計算任務，這些任務的算力需求在不同時間段內變化，並且每個任務的優先順序不同。任務調度需要考慮不同任務的優先順序，確保重要任務（如緊急計算任務、即時任務）不會受到影響，而不重要的任務則可以根據電力供應情況適當延遲。每個伺服器群組的計算能力有限，且每個群組的功耗在運行時是線性的，計算任務的進度與分配的電力和算力直接相關。你和你的團隊被指派使用數學建模來對某大型數據中心通過合理的電力和算力調度來優化整體運行，達到以下要求：

1. 設計一個一天（24h）算力與電力協同調度的優化模型，確保數據中心能夠根據即時的計算任務需求調整算力資源的分配，並在電力供應條件變化的情況下，動態地調整電力消耗，確保計算任務能夠按時完成，避免因電力不足而影響服務品質。
2. 通過電力調度優化，合理調節使用綠色電力和傳統電力的比例，降低數據中心的電力成本。同時，團隊還需要盡可能提高綠色能源的使用比例，從而達到減排和節省運營成本的雙重目標。
3. 在算力需求和電力供應平衡以及成本優化的基礎上設計一個高效的調度演算法，在電力供應變化較大的情況下，如何快速回應並調整算力負載，避免出現電力過剩或不足的情況。

## 參考數據

1. 數據中心的基本構架與運作原理：<https://www.ibm.com/think/topics/data-centers>
2. 為了便於進行調度建模，將給出 24h 內的相關數據：見英文版附錄。
3. 你的團隊亦可通過其它途徑獲取數據，或者採取預測模型獲取預測數據進行建模

## 提交

你的團隊所提交的論文應包含 1 頁摘要，其正文不可超過 20 頁，包括摘要則最多不超過 21 頁。附錄和參考文獻應置於正文之後，不計入 21 頁之限。

## 特別說明

IMMC “誠信賽制”的原則同樣適用於大語言模型或生成式 AI 工具的使用。如果團隊在完成建模任務過程中有使用任何大語言模型或生成式 AI 工具，從問題研究、模型開發、程式編寫到論文寫作等建模工作的方方面面，團隊必須誠實和公開透明地做披露，包括做出文內標注和在“參考文獻”部分詳細列出相關內容。應認識到大語言模型或生成式 AI 雖具有生產力工具的優勢，亦具有明顯的不足，並對使用者構成風險（例如 AI 生成的內容存在 AI 幻覺，也可能構成剽竊）。團隊使用或不使用大語言模型或生成式 AI 工具本身，對評審沒有影響；評委嚴肅地提醒團隊，若果有任何 AI 工具的使用，都應當是負責任、正確、誠實和公開透明的使用。