



113年度綠色數位行為淨零發展計畫 第4次專案會議簡報

2024年6月25日

1-1-1 AI對碳排放影響的構面

AI對全球實現淨零排放的影響-BCG研究(1/2)

■運用AI減少碳排放和成本的3個方法

- **監測排放**：使用AIoT驅動的資料工程，自動追蹤整個碳足跡的排放量。
- **預測排放**：AI可以根據當前的減排努力、新的碳減排方法和未來需求預測公司碳足跡未來的排放量，使企業可以更準確地設定、調整和實現減排目標。
- **減少排放**：透過提供對價值鏈各個方面的詳細洞察，引導式AI和優化可以提高生產、運輸和其他方面的效率，從而減少碳排放並降低成本。

至2030年，使用AI可以減少5%~10%的溫室氣體排放。

In 2030, using AI for climate control could help reduce

2.6 to 5.3
gigatons

of GHG emissions,
or 5% to 10% of
the total

and could provide

\$1 trillion
to
\$3 trillion

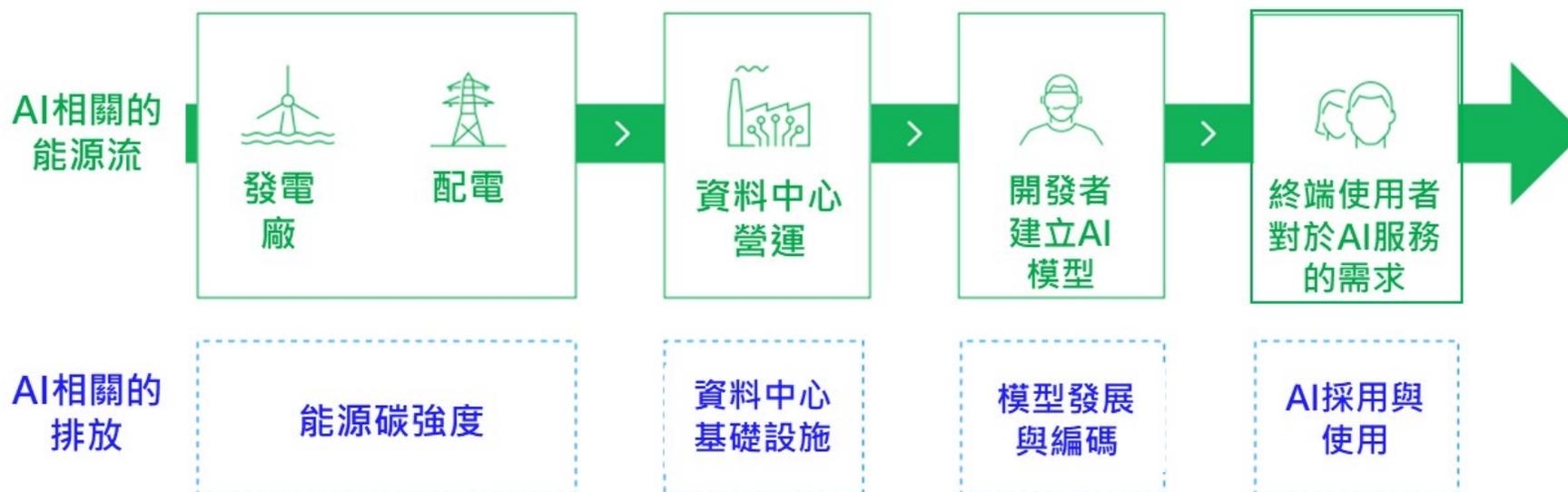
in value added when
applied to corporate
sustainability generally

Source: BCG analysis.

AI對全球實現淨零排放的影響-BCG研究(2/2)

- 2022年，全球資料中心用電量占全球最終電力需求的**1.0%至 1.3%**。
- 雲端和超大規模資料中心的溫室氣體排放量佔全球溫室氣體排放量的**0.1%至 0.2%**，其中約**25%資料中心的工作負載與機器學習(ML)相關**。而更新、更複雜的人工智慧模型可能需要更多的能源。
- 人工智慧可以幫助減少人類的碳足跡。但**不能忽視人工智慧本身所產生的溫室氣體排放**。

決定人工智慧排放足跡的關鍵因素



人工智慧AI的能源消耗與碳排

- 2023年安裝的人工智慧處理器每年消耗70~110億度的電力，約佔全球用電量的0.04%。據國際能源總署資料，這低於加密貨幣挖礦(1000~1500億度的電力)和傳統資料中心加資料傳輸網路(5000-7000億度的電力)，後者合計佔2022年全球電力需求的2.4-3.3%。
- 就全球溫室氣體排放總量而言，根據IEA評估人工智慧約佔0.01%，資料中心和傳輸網路合計約佔0.6%。

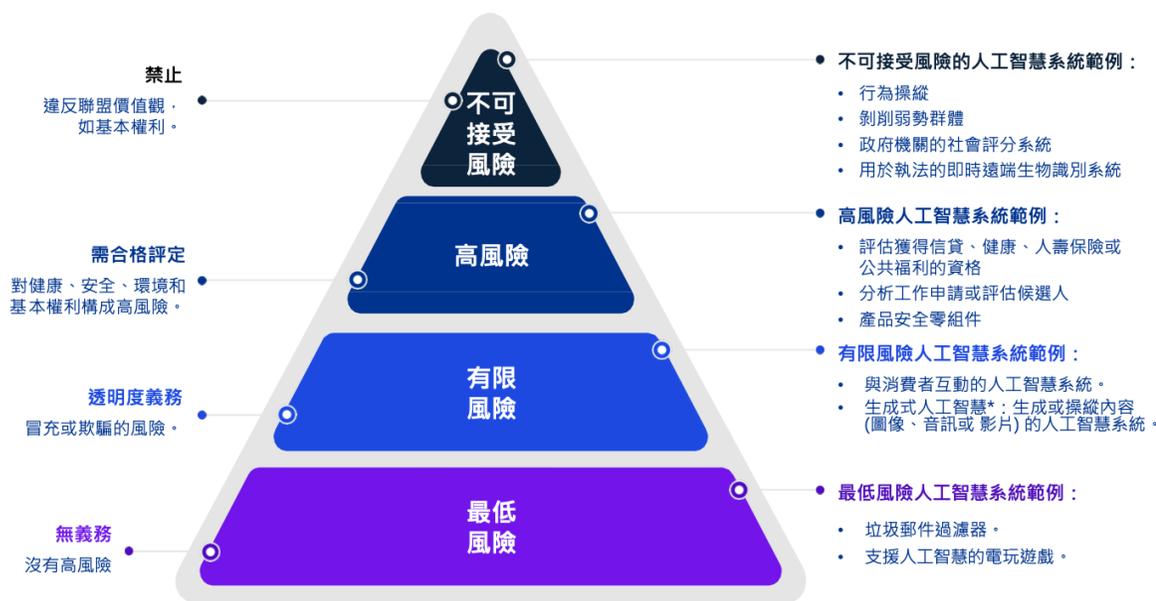
《 ChatGPT 耗能與排碳比較 》

	ChatGPT-2	ChatGPT-3	ChatGPT-4
推出時間	2019年	2020年	2024年
參數規模	15億個	1,750億個	1.76兆個
模型大小 以ChatGPT-2為基準	1倍	100倍	1000倍
耗電量	7.28萬度	128.7萬度	?
排碳量	28.4公噸	502公噸	?
等同	駕駛1輛汽油小客車6個月	駕駛112輛汽油小客車1年	?

從規範資料中心能耗報告來促進AI能耗報告的發展

歐盟近期的立法如《AI法案》和《歐洲能源效率指令》，這些法規並未直接要求針對AI能源消耗進行具體報告，但可透過對「資料中心」透明度和效率來促進AI能耗報告標準的發展。

《AI法案》採用風險管理為導向的方法



《歐洲能源效率指令》定義資料中心的組成模型

Layer	Function
(6) Software	Applications
(5) Platform	Binaries, libraries
(4) Virtualisation	Containers, hypervisor, operating system
(3) ICT equipment	Network, servers, storage
(2) Infrastructure	Power, cooling, space, security equipment
(1) Location	Site selection, climate, land, power source, water source, heat re-use feasibility

AI對碳排放的影響-Google研究

Google 傑出工程師David Patterson與多位Google工程師及加州柏克萊大學學者2022年於IEEE計算機協會發表的一篇研究：

- 機器學習(Machine Learning, ML)訓練的碳排放可以分為：
 - 營運(Operational)排放：包括運行機器學習硬體的能耗及資料中心的管理費用。
 - 全生命周期(Lifecycle)排放，包括從晶片到資料中心建築的所有零組件製造過程中的隱含碳(embedded carbon)排放。
- 透過4個最佳實踐(best practices)(簡稱4M)，能減少最多100倍的能耗和最多1,000倍的碳排放：

4個最佳實踐	說明
模型(Model)	選擇有效率的ML模型架構同時提高ML品質，例如稀疏模型(sparse models)相對於密集模型，可減少約5至10倍的計算量。
機器(Machine)	使用針對ML訓練優化的處理器，如TPU或最新的GPU（如V100或A100），相對於通用處理器，可提高每瓦性能2至5倍。
機制(Mechanization)	在雲端而不是本地伺服器計算可提高資料中心的能效，能耗減少1.4至2倍。
位置(Map)	雲計算使ML業者可以選擇使用最清潔能源的地點，進一步將總碳足跡減少5至10倍。

AI對全球實現淨零排放的影響-Microsoft研究

- AI的運行需要資源，可能會對溫室氣體排放產生影響，但也能加速全球的永續性。
- Microsoft(2023)指出，無法透過「訓練一個AI模型消耗了多少能源」等簡單問題來評估AI對實現淨零排放的影響。但可以透過以下問題了解AI的成長在未來幾年將如何影響全球排放量：

關鍵問題	Microsoft提供的說明
全球AI計算擴展可能消耗多少能源？	<ul style="list-style-type: none">➢ AI計算僅占數據中心電力使用的一小部分，而數據中心共計使用了全球電力供應的約1%。➢ AI相關的效率提高仍有很大潛力，例如更高效的算法、簡化的訓練過程、冷卻系統設計的創新、AI專用的圖形處理單元（GPU）及其他AI加速器，以及量子和光學計算等處理技術的突破。➢ AI能量使用的增長將取決於從每項創新中實現的效率提高及其之間的權衡。
全球電網去碳化的速度有多快？	<ul style="list-style-type: none">➢ AI的排放足跡取決於為其提供電力的電力的碳強度以及基礎設施中隱含的碳足跡。若資料中心（及其供應鏈）由無碳能源供電，即使AI增長推動了能量需求的大幅增加，其對全球碳排放的影響也將有限。➢ 資料庫伺服器 and 處理器製造過程中隱含的大部分碳也可以透過去碳化能源來減緩。
AI在多大程度上能夠實現永續性解決方案？	<ul style="list-style-type: none">➢ 企業、政府和民間社會必須共同努力創造有利條件，同時不斷監視決定AI對全球實現淨零排放影響的因素。➢ 以倫理和負責任的方式使用AI時，它可以成為加速實現永續性進展的重要工具。

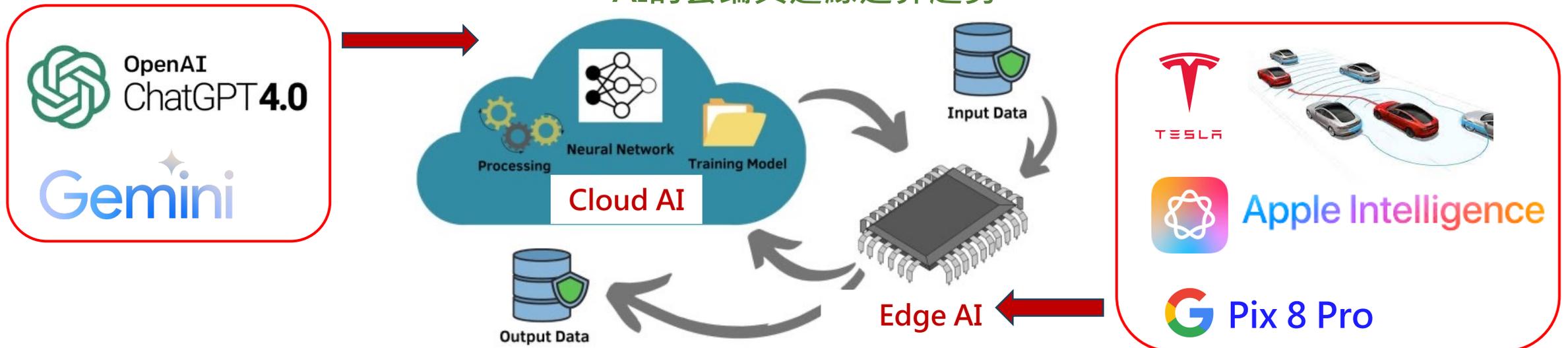
資料來源：Microsoft, 2023. Accelerating Sustainability with AI: A Playbook.

https://blogs.microsoft.com/wp-content/uploads/prod/sites/5/2023/11/Microsoft_Accelerating-Sustainability-with-AI-A-Playbook-1.pdf

AI的訓練和推論哪一個消耗更多能量？

- 依據東北大學和麻省理工學院的研究，在專為推論設計的模型中推論比訓練消耗更多的能量。
- 谷歌估計人工智慧用於訓練和推論的能源中，60%用於推論，40%用於訓練。
- 以1億輛汽車進行自動駕駛的AI推論案例中，超過70%到80%的能量將消耗在推論。
- 以2023年APPLE銷售了超過2.346億部iPhone推估，2025年將有超過2億部以上的iPhone將使用Apple Intelligence (ChapGPT-4) 進行推論。
- 因此可以理解隨著邊緣運算普及，推論會比訓練消耗更多能量。

AI的雲端與邊緣運算趨勢



1-1-2 評估AI對達成淨零影響的方法與條件

使用AI是增碳還是減碳_寫作 (1/2)

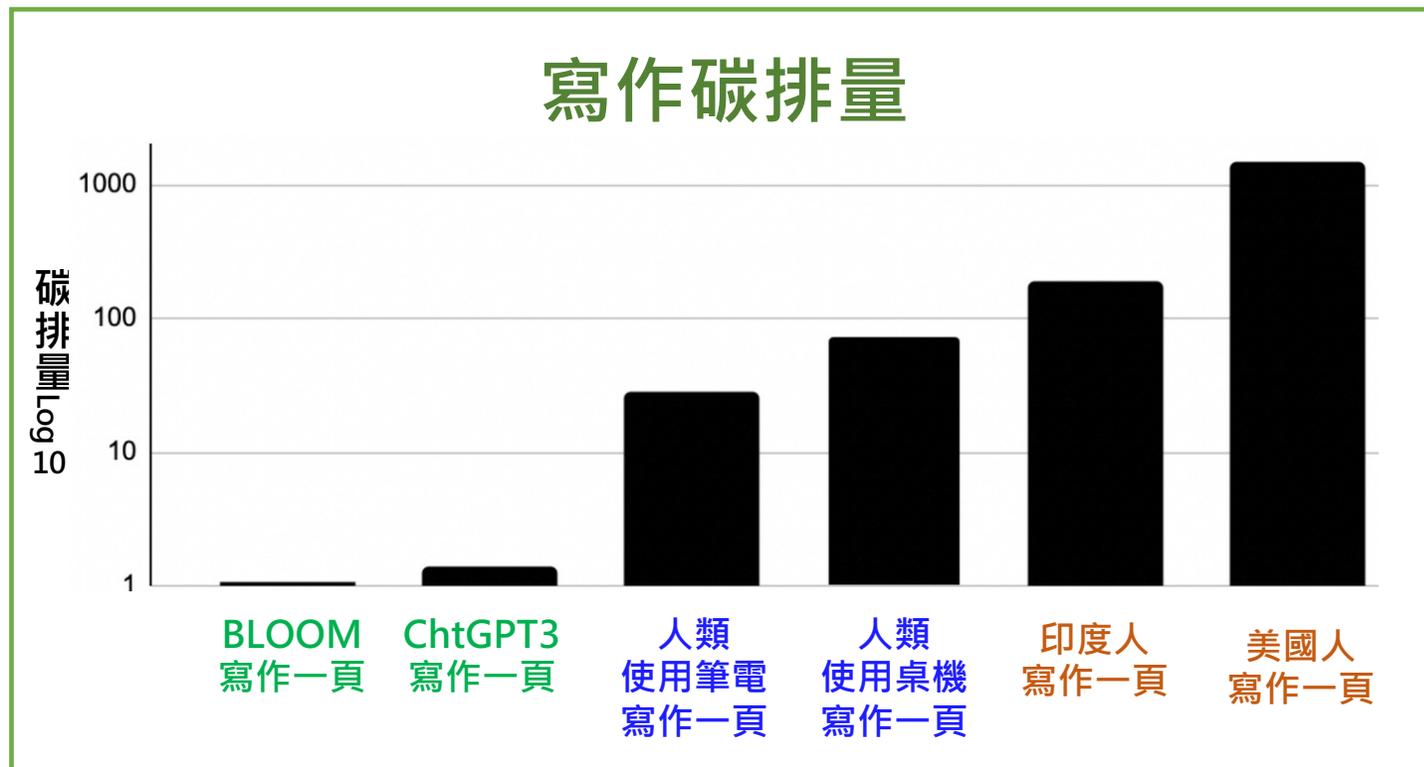
■ 使用AI寫作 (透過 BLOOM 或 ChatGPT3) 每頁250字產生的二氧化碳排放量比人類作者少 130-1500 倍。人工智慧產生的二氧化碳排放量也比人類使用電腦進行寫作少很多。

■ 馬克吐溫的寫作速度約為每小時300字。

■ 估計美國民眾寫一頁250字的碳足跡約為1400g，印度民眾為180g。

■ ChatGPT3訓練和推論的碳足跡約為每次查詢2.2g，BLOOM每次為1.6g。

■ ChatGPT查詢每頁文字大約需要3.8秒，查詢伺服器的碳足跡為0.03g。



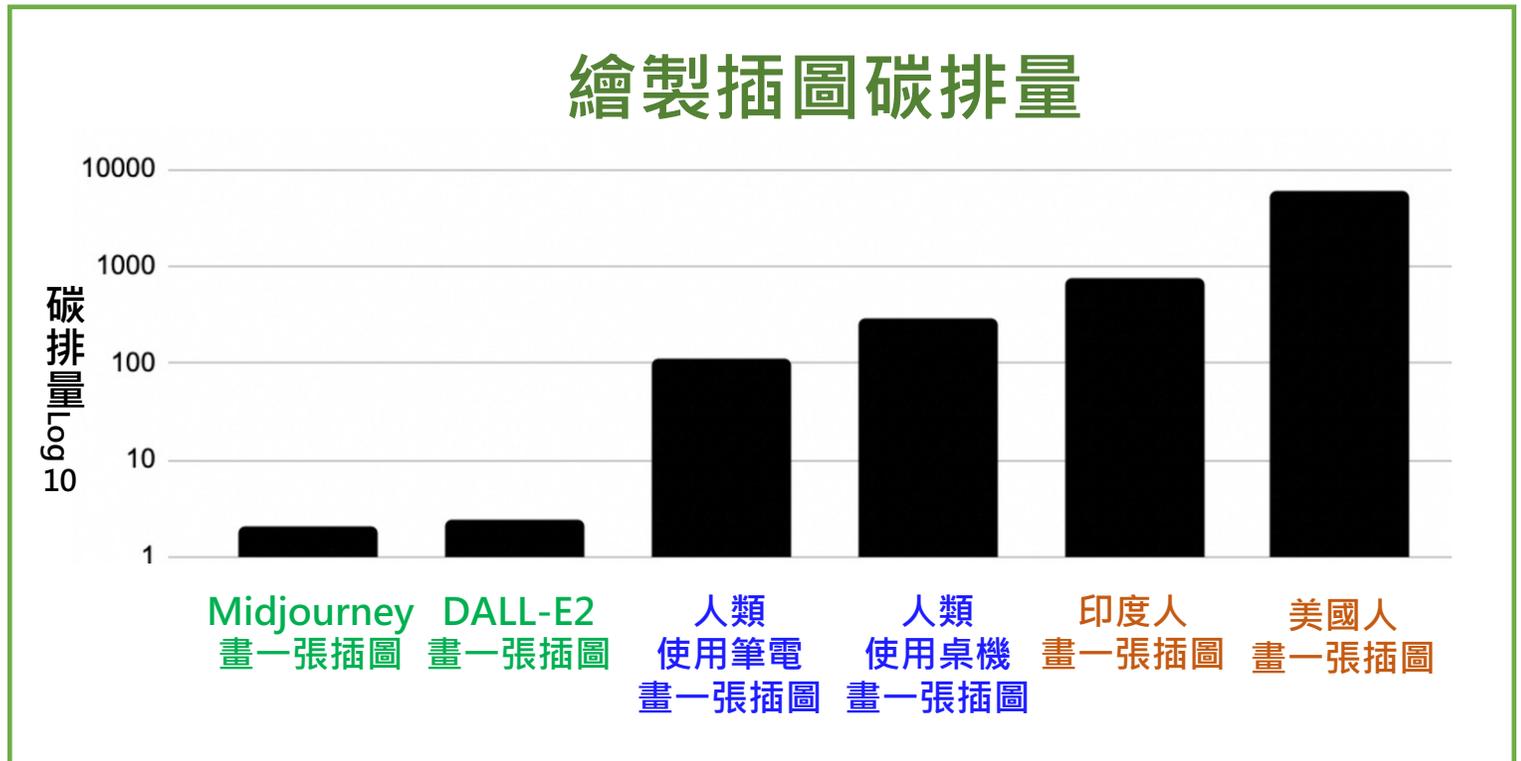
使用AI是增碳還是減碳_繪製插圖 (2/2)

■ 利用AI 插圖創建 (透過 DALL-E2 或 Midjourney) 每張影像產生的二氧化碳排放量比人類創建者少 310-2900倍。人工智慧產生的二氧化碳排放量比使用電腦支援人類製作插畫的二氧化碳排放量少很多倍。

■ 插畫平均成本 (200美元) 和插畫家的平均每小時工資 (62.50 美元/小時)，估計每個插圖需 3.2小時。

■ 估計美國插畫家寫一張插畫的碳足跡約為5500g，印度插畫家為690g。

■ 在人類插畫家創建圖像期間(3.2 小時)，筆記型電腦的碳足跡為 100g，桌上型電腦為280g。



歐洲綠色數位聯盟評估 ICT 方案 對達成淨零的影響評估方法

1. 定義評估

評估目的	解決方案與邊界	功能單元	評估界限	參考場景定義
------	---------	------	------	--------

2. 識別效應

識別一階效應	確解決方案實施相關的潛在影響	將效果映射到結果樹	辨識二階和高階效應
--------	----------------	-----------	-----------

3. 計算效應

估計效應的相對規模	數據採集	<u>一階效應</u>	<u>二階效應</u>	<u>高階效應</u>	淨碳影響計算
-----------	------	-------------	-------------	-------------	--------

4. 分析結果及其他環境影響

不確定性和敏感度分析	批判性評論	重新計算	考慮其他環境影響
------------	-------	------	----------

ICT方案對達成淨零影響的評估案例

■ 以停車場車牌辨識系統 (AI&ICT解決方案) 為例

	一階效應 (First order effects)	二階效應 (2 nd order effects)	高階效應 (Higher order effects)	反彈效應
說明	<ul style="list-style-type: none"> ■ 使用AI解決方案對環境的直接影響。 ■ 此方法量化的唯一影響是溫室氣體排放。 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 使用AI解決方案所產生的間接影響。這些影響是由於實施AI解決方案所產生的附加活動或替換原本方案而產生的。 ■ 影響可以是正面的(減排)或負面的(增排) 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 由於二階效應而發生的間接影響，通常發生在行為或結構變化之後，例如對消費方式、生活型態和價值體系的變化。 	<ul style="list-style-type: none"> ■ AI解決方案導致了由於資源利用效率提高而導致的資源消耗增加。 ■ 反彈效應有進一步的分類，但該方法通常將它們視為反彈效應以保持簡單性。
範例	<ul style="list-style-type: none"> ■ 攝影機的碳排放量。 ■ AI影像辨識的訓練與推論之碳排放量。 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 減少停車感應卡、停車單的碳排放量。 ■ 減少遺失感應卡與停車單例外處理。 ■ 增加車牌辨識不佳的例外處理。 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 減少客戶停車與遙下車窗取票的時間。 ■ 加快車輛進場與離場的速度。 ■ 便利警政、稅務、金融機關的作業。 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 停車場不塞車，導致停車車輛增加。

能確實評估利用AI對排放影響的5個條件

- 人們很容易簡單地推斷過去的人工智慧用電趨勢到未來，但忽略社會、經濟和技術因素往往會導致巨大的預測錯誤。
- 對間接排放影響的過於簡單化的看法，可能會低估人工智慧在加快重要氣候解決方案突破方面的潛力。

1.與現有氣候情境進行連結	2.開發定量分析架構	3.共享數據	4.快速發布更新	5.建立國際聯盟
<ul style="list-style-type: none">■ 氣候界已經使用綜合評估模型IAM根據有關潛在社會經濟、人口、政策、技術和治理成果的定性敘述來定量評估未來的溫室氣體排放。	<ul style="list-style-type: none">■ 開發定量分析架構。開發IAM來探索人工智慧的影響並改進直接和間接影響的數據和分析框架。■ 最大挑戰將是量化由AI驅動數位轉型所帶來的各種間接效應與創新技術對氣候的影響。	<ul style="list-style-type: none">■ 分享人工智慧的工作負載、電力和碳強度以及建構和使用人工智慧模型的效率趨勢的數據。	<ul style="list-style-type: none">■ 人工智慧技術發展很快，場景每1年至少需要更新1~2次。	<ul style="list-style-type: none">■ 成立一個國際聯盟來開發人工智慧驅動的排放場景。

人工智慧帶來的是增碳？還是減碳？

■ 人工智慧技術協助環境永續的10種方式

1. 氣候建模和預測
2. 再生能源
3. 建築物的能源效率
4. 精密農業
5. 野生動物保護和監測
6. 空氣和水質監測
7. 廢物管理和回收
8. 海洋生態系統保護
9. 備災和救災
10. 碳捕獲和封存CCS

- 善用人工智慧可帶來醫學效益也可改善人類教育系統，同時與現有氣候情境進行連結，使用AIoT技術進行「監測排放」並應用新的減碳技術來「預測排放」進而達成「減少排放」並降低成本。



- 2023年共發布了149個AI基礎模型，是2022年發布數量的兩倍多。
- GitHub上人工智慧相關專案的總數，從2022年的400萬增加到2023年的1,220萬。

- 2027年全球人工智慧對電力的年需求可能會從85.4TWh增加到134TWh。
- ChatGPT-4的運算規模是ChatGPT-3的10倍，ChatGPT-3的每日碳足跡估計相當於一年8.4噸二氧化碳。
- ChatGPT-4估計訓練成本為7,800萬美元，Gemini Ultra的訓練成本為1.91億美元。
- 谷歌估計在人工智慧用於培訓和推理的能量中60%用於推論40%用於訓練，自動駕駛與智慧手機將導致AI的邊緣推論耗能遠超過AI的訓練。