

‘Sustainable AI’
พัฒนา AI อย่างไร ให้เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

พฤศจิกายน 2567 วิจัยกรุงศรี

krungsri Research

เครือ MUFG หนึ่งใน สถาบันการเงินที่ใหญ่ที่สุดของโลก

สารบัญ

บทสรุปผู้บริหาร	**3**
ความก้าวล้ำของ AI อาจทำให้โลกร้อนขึ้นจริงหรือ?	**4**
AI ที่ยั่งยืนคืออะไร และทำไมต้องให้ความสำคัญ	**8**
โลกพยายามทำให้ AI เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมมากขึ้นอย่างไร	**12**
กฎระเบียบด้านความยั่งยืนของ AI ไปถึงไหนแล้ว	**14**
มุมมองวิจัยกรุงศรี: อนาคตของการพัฒนา AI อย่างยั่งยืน และนัยต่อประเทศไทย	**16**
แหล่งอ้างอิง	**18**

Subscribe Us

สมัครสมาชิกวิจัยกรุงศรี...

krungsri.research@krungsri.com

คำสงวนสิทธิ์

เนื้อหาและข้อมูลใดๆ ทั้งหมดที่ปรากฏในรายงานฉบับนี้ หากมิได้ระบุไว้เป็นอย่างอื่น ถือเป็นลิขสิทธิ์ของวิจัยกรุงศรี ห้ามมิให้ผู้ใดกระทำการใดๆ เกี่ยวข้องกับเนื้อหา อาทิ นำ หรือดัดแปลงแก่บุคคลอื่นโดยมิได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษรจากวิจัยกรุงศรี รายงานฉบับนี้จัดทำขึ้นโดยอาศัยข้อมูลจากแหล่งที่เชื่อหรือควรเชื่อว่ามีความน่าเชื่อถือ อย่างไรก็ตาม วิจัยกรุงศรีไม่อาจรับรองความครบถ้วนสมบูรณ์หรือความถูกต้องของข้อมูลดังกล่าว อีกทั้งไม่รับผิดชอบต่อความเสียหายที่เกิดขึ้นทั้งทางตรงหรือทางอ้อมจากการใช้รายงานฉบับนี้หรือเนื้อหาในรายงานฉบับนี้ ข้อมูล ความคิดเห็น และการประมาณการที่ปรากฏในรายงานนี้ถือเป็นความคิดเห็นของวิจัยกรุงศรี ไม่จำเป็นต้องสอดคล้องกับ ธนาคารกรุงศรีอยุธยา จำกัด (มหาชน) และบริษัทในเครือ ความคิดเห็นในรายงานฉบับนี้เป็นไปตามสถานการณ์ปัจจุบัน ณ วันที่มีการเผยแพร่รายงาน วิจัยกรุงศรีขอสงวนสิทธิ์ในการเปลี่ยนแปลงโดยมิต้องแจ้งให้ทราบล่วงหน้า

บทสรุปผู้บริหาร

เทคโนโลยี AI ที่ก้าวหน้าอย่างรวดเร็วส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมอย่างมีนัยสำคัญ โดยเฉพาะในแง่ของการใช้พลังงานและทรัพยากรจำนวนมาก ตั้งแต่การผลิตอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับจัดเก็บและประมวลผลข้อมูล การฝึกฝนและใช้งาน AI ตลอดจนกิจกรรมใน Data Center นอกจากนี้ AI ยังส่งผลให้เกิดขยะอิเล็กทรอนิกส์เพิ่มขึ้น ด้วยเหตุนี้อุตสาหกรรม AI จึงมุ่งเน้นการพัฒนาที่คำนึงถึงความยั่งยืนด้วยการใช้ฮาร์ดแวร์ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม การออกแบบและฝึกฝนโมเดล AI ที่ใช้พลังงานลดลง รวมถึงการลดคาร์บอนฟุตพริ้นท์ใน Data Center ผ่านการปรับปรุงประสิทธิภาพพลังงานและการใช้พลังงานหมุนเวียน ดังนั้นแนวคิดการพัฒนา AI อย่างยั่งยืนจึงมาพร้อมกับกระแสการลงทุนใน Data Center สีเขียว ซึ่งขับเคลื่อนด้วยพลังงานหมุนเวียน ส่งผลให้ไทยต้องเร่งเพิ่มสัดส่วนการผลิตไฟฟ้าจากแหล่งพลังงานหมุนเวียนและยกระดับระบบนิเวศด้านพลังงาน เพื่อคว้าโอกาสจากการลงทุนของบริษัทผู้พัฒนาเทคโนโลยี AI ทั่วโลก

ประพันธ์ ลีน้อย

นักวิเคราะห์

prapan.leenoi@krungsri.com

+662 296 6235





ความก้าวล้ำของ AI อาจทำให้โลกร้อนขึ้นจริงหรือ?

เทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence: AI) กำลังพัฒนาอย่างก้าวกระโดดและเข้ามามีบทบาทในภาคธุรกิจตลอดจนชีวิตประจำวันของผู้คนมากขึ้นทั่วโลก อย่างไรก็ดี คุณประโยชน์และความสามารถอันน่าทึ่งของ AI อาจทำให้หลายคนละเลยผลกระทบของ AI ต่อสิ่งแวดล้อม เนื่องจากอุตสาหกรรมเทคโนโลยีถูกมองว่าไม่ได้สร้างผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากเท่ากับภาคพลังงานและการขนส่งที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางตรงอย่างชัดเจน แต่ความจริงแล้วอุตสาหกรรมเทคโนโลยีปล่อยคาร์บอนทางอ้อมในปริมาณมากโดยเฉพาะจากการใช้พลังงานไฟฟ้า โดยรวมแล้ว **อุตสาหกรรมเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร** (ICT) **ปล่อยคาร์บอนเกือบ 4% ของปริมาณการปล่อยทั้งหมดในโลก**[1/] **ซึ่งมากกว่าอุตสาหกรรมการบินที่ปล่อยคาร์บอนเพียง 3% เสียอีก**

AI ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากการใช้ทรัพยากรและพลังงานอย่างมหาศาล **โดยเฉพาะในการดำเนินงานของศูนย์ข้อมูล** (Data Center) ซึ่งมีอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์จำนวนมากที่ต้องการพลังงานไฟฟ้าตลอดจนระบบทำความเย็นที่ใช้น้ำเป็นองค์ประกอบ **ดังนั้น AI จึงส่งผลให้เกิดทั้งคาร์บอนฟุตพริ้นท์** (Carbon Footprint) **และวอเตอร์ฟุตพริ้นท์** (Water Footprint) **นอกจากนี้ความก้าวหน้าของ AI ยังมีส่วนทำให้ปริมาณขยะอิเล็กทรอนิกส์** (e-Waste) **เพิ่มขึ้น** จากการปรับเปลี่ยนอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ ให้ทันสมัยอยู่เสมอ ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

การใช้พลังงานและการปล่อยคาร์บอน

การพัฒนาเทคโนโลยี AI ที่สร้างสรรค์เนื้อหาใหม่ๆ จากข้อมูลที่มีอยู่เดิม (Generative AI หรือ GenAI) ด้วยโมเดลภาษาขนาดใหญ่ (Large Language Model: LLM) จำเป็นต้องใช้พลังงานอย่างเข้มข้น จึงส่งผลให้มีคาร์บอนฟุตพริ้นท์สูงด้วย ตัวอย่างเช่น **การฝึกฝนโมเดล** Generative Pre-trained Transformer 3 (GPT-3) **ซึ่งเป็นโมเดลเบื้องหลัง** ChatGPT **ด้วยฐานข้อมูลขนาดใหญ่จำนวน 5 แสนล้านคำ ต้องใช้พลังงานไฟฟ้าราว 1,300 เมกะวัตต์ชั่วโมง ซึ่งเทียบเท่ากับการใช้ไฟฟ้าตลอดทั้งปีของบ้านเรือนกว่า 120 หลังในสหรัฐฯ** อีกทั้งการฝึกฝนโมเดลดังกล่าวยังปล่อยคาร์บอนกว่า 500 ตัน ซึ่งเทียบเท่ากับการที่ผู้โดยสาร 1 คนเดินทางด้วยเครื่องบินจากนครนิวยอร์กไปยังซานฟรานซิสโกจำนวนกว่า 500 เที่ยว หรือพอๆ กับการใช้รถยนต์ 8 คัน (รวมน้ำมัน) ตลอดอายุการใช้งาน (ภาพที่ 1) อย่างไรก็ดี การฝึกฝนโมเดล GPT-4 ที่ซับซ้อนและมีพารามิเตอร์[2/] มากขึ้น อาจใช้พลังงานไฟฟ้ามากกว่า GPT-3 ถึง 50 เท่า[3/]

ยิ่งไปกว่านั้น งานวิจัยหลายชิ้นสรุปว่า**การใช้พลังงานส่วนใหญ่ของเทคโนโลยี AI เกิดจากการใช้งานหรือที่เรียกว่า 'การอนุมาน (Inference)'**[4/] เนื่องจาก AI ต้องประมวลผลโมเดลที่ซับซ้อนและข้อมูลจำนวนมากแบบเรียลไทม์ **โดยการถาม-ตอบกับ** ChatGPT **1 ครั้ง ใช้พลังงานเทียบเท่ากับการเปิดหลอดไฟ** LED **ขนาด 5 วัตต์เป็นเวลา 1 ชั่วโมง 20 นาที**[5/] อย่างไรก็ดี ความเข้มข้นของพลังงานในขั้นตอนการใช้ AI ขึ้นอยู่กับ **1) ประเภทของงาน** โดยการใช้ AI สร้างภาพ (Image Generation) สิ้นเปลืองพลังงานมากกว่าการใช้ AI เพื่อจำแนกประเภทข้อความ (Text Classification) กว่า 1,000 เท่า (ภาพที่ 2) และ **2) ประเภทของโมเดล** โดยโมเดล AI ที่มีพารามิเตอร์มากกว่าจะใช้พลังงานในการประมวลผลมากกว่า[6/]

1/ Bolón-Canedo et al. (2024)

2/ พารามิเตอร์ (Parameters) หมายถึงตัวแปรหรือค่าสถิติที่ใช้ในการกำหนดและควบคุมพฤติกรรมของโมเดลในการประมวลผลข้อมูลและสร้างผลลัพธ์

3/ WEF, https://www.weforum.org/agenda/2024/07/generative-ai-energy-emissions/

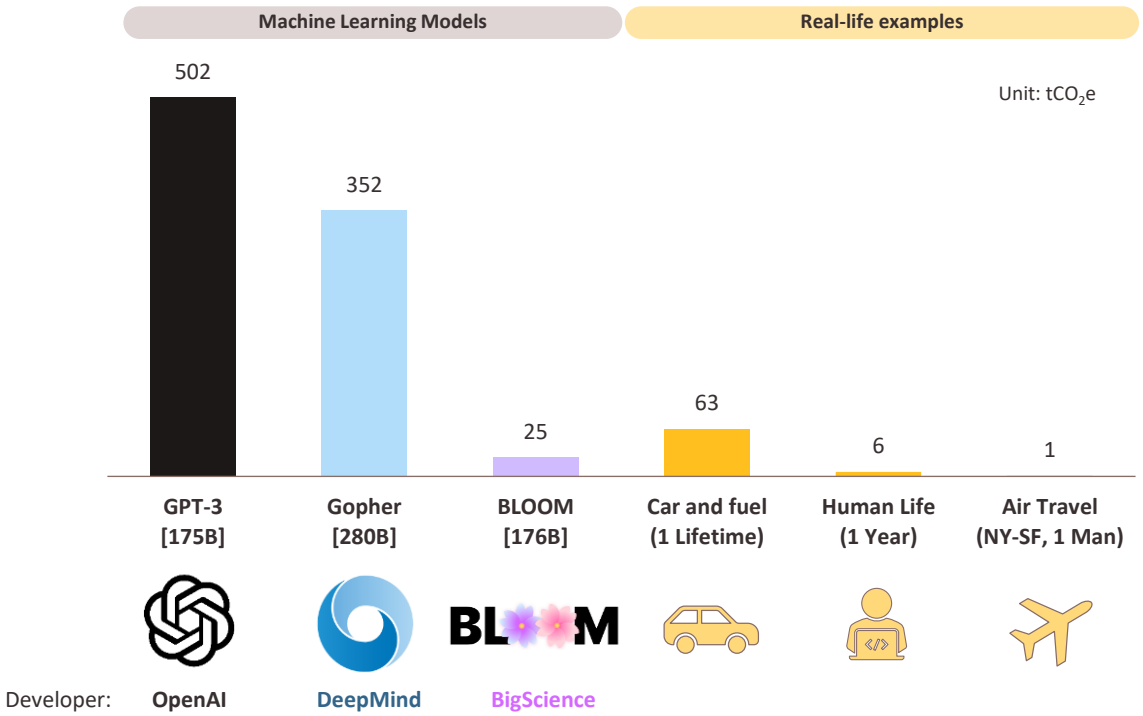
4/ ขั้นตอนการฝึกฝน (Training) ช่วยให้ AI เรียนรู้จากข้อมูลและพัฒนาความสามารถ ส่วนขั้นตอนการอนุมาน (Inference) เป็นการนำความรู้ที่ AI ได้เรียนรู้มาใช้กับข้อมูลใหม่เพื่อให้เกิดประโยชน์ในสถานการณ์จริง (ที่มา: Oracle, https://www.oracle.com/artificial-intelligence/ai-inference/#:~:text=AI%20inference%20is%20when%20an%20AI%20model%20that%20has%20been)

5/ Zodhya, How much energy does ChatGPT consume? | by Zodhya | Medium

6/ Center for Data Innovation, https://www2.datainnovation.org/2024-ai-energy-use.pdf

ภาพที่ 1

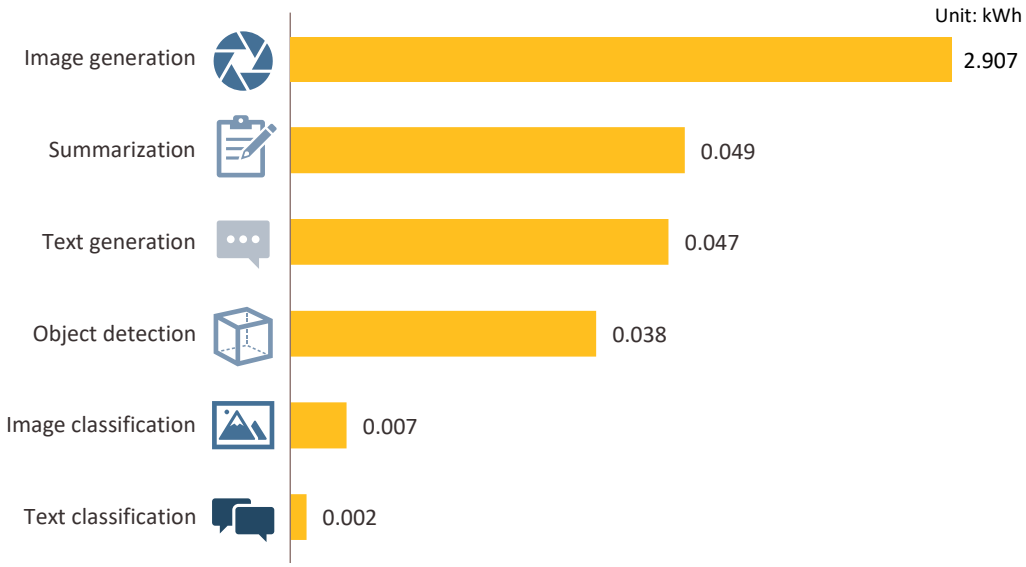
คาร์บอนฟุตพริ้นท์จากการฝึกฝนโมเดล AI เทียบกับกิจกรรมของมนุษย์



Source: Bolón-Canedo et al. (2024), Center for Data Innovation, and Krungsri Research
Note: [ ] displays the number of parameters in billions

ภาพที่ 2

การใช้พลังงานโดยเฉลี่ยต่อการประมวลผล 1,000 ครั้ง จำแนกตามประเภทการใช้งาน AI



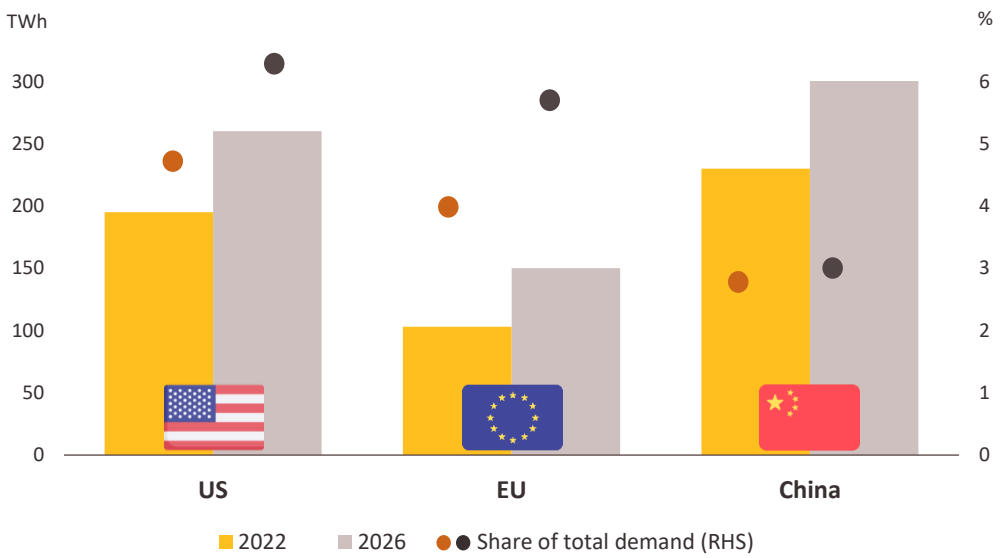
Source: Center for Data Innovation

คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของ AI ส่วนใหญ่เกิดใน Data Center ซึ่งเป็นศูนย์กลางการประมวลผลและจัดเก็บข้อมูลขนาดใหญ่สำหรับการฝึกฝนและใช้งานโมเดล AI **ทั้งนี้** Data Center **เป็นโครงสร้างพื้นฐานที่ใช้พลังงานเข้มข้นกว่าอาคารสำนักงานทั่วไปถึง 10-50 เท่า**[7/] โดยใช้ไฟฟ้าประมาณ 40%-50% เพื่อจ่ายพลังงานให้อุปกรณ์คอมพิวเตอร์ และใช้อีก 30%-40% เพื่อระบายความร้อนให้กับอุปกรณ์ดังกล่าว[8/]

ท่ามกลางกระแสการเติบโตของ AI ทำให้องค์การพลังงานระหว่างประเทศ (International Energy Agency: IEA)[9/] คาดการณ์ไว้ว่า **ภายในปี 2569 ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของ** Data Center **ทั่วโลกอาจอยู่ที่ระดับ 1,000 เทราวัตต์ชั่วโมง** (TWh) **ซึ่งเทียบเท่ากับการใช้ไฟฟ้าของประเทศญี่ปุ่นทั้งประเทศ หรือเพิ่มขึ้นเป็นสองเท่าเมื่อเทียบกับปี 2565** ทั้งนี้ IEA คาดว่า Data Center จะเป็นภาคส่วนสำคัญที่ทำให้การใช้ไฟฟ้าในสหรัฐฯ เพิ่มสูงขึ้น โดยคิดเป็น 1 ใน 3 ของปริมาณไฟฟ้าที่ต้องการเพิ่มขึ้นในช่วงปี 2568-2569 เช่นเดียวกับในสหภาพยุโรปและจีน (ภาพที่ 3)

ภาพที่ 3

ปริมาณการใช้ไฟฟ้าในกิจกรรม Data Center **และสัดส่วนต่อความต้องการไฟฟ้าทั้งหมดของเขตเศรษฐกิจ**



Source: International Energy Agency (IEA) and World Economic Forum (WEF)

7/ Lynne Kiesling, https://reason.org/commentary/data-center-electricity-use-framing-the-problem/

8/ Hugging Face, https://huggingface.co/blog/sasha/ai-environment-primer

9/ IEA, https://www.iea.org/reports/electricity-2024/executive-summary และ MIT Technology Review, https://www.technologyreview.com/2024/05/23/1092777/ai-is-an-energy-hog-this-is-what-it-means-for-climate-change/

การใช้น้ำ

การดำเนินงานของ Data Center **จำเป็นต้องอาศัยน้ำจืดที่สะอาดเพื่อใช้ในระบบทำความเย็นในปริมาณมาก** เพื่อป้องกันไม่ให้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เผชิญความร้อนสูงเกินไป โดยการฝึกฝนโมเดล GPT-3 ใน Data Center ในสหรัฐฯ ใช้น้ำไปประมาณ 5.4 ล้านลิตร **ในขณะที่การถาม-ตอบกับ** ChatGPT (GPT-3) **จำนวน** 10-50 **คำถาม ทำให้สูญเสียน้ำในปริมาณเทียบเท่ากับการดื่มน้ำครึ่งลิตร** และคาดว่า GPT-4 ซึ่งเป็นโมเดลที่ซับซ้อนกว่า จะใช้น้ำในปริมาณมากยิ่งขึ้นอีก[10/]

นอกจากนี้ การพัฒนา AI ต้องอาศัยฮาร์ดแวร์สมรรถนะสูง เช่น เซิร์ฟเวอร์ และอุปกรณ์จัดเก็บข้อมูล ซึ่งส่วนมีชิปเป็นส่วนประกอบสำคัญ ทั้งนี้ น้ำถือเป็นปัจจัยที่ขาดไม่ได้ในกระบวนการผลิตชิป เนื่องจากโรงงานผลิตชิปต้องใช้น้ำเพื่อรักษาความเย็นให้กับเครื่องจักร และทำความสะอาดแผ่นเวเฟอร์ **โดยในปี** 2567 S&P Global **ประมาณการว่าผู้ผลิตชิปทั่วโลกใช้น้ำรวมกันพอ ๆ กับปริมาณการใช้น้ำทั้งหมดในฮ่องกง และโดยเฉลี่ยแล้วโรงงานผลิตชิป** 1 **แห่ง ใช้น้ำบริสุทธิ์ถึง** 10 **ล้านแกลลอนต่อวัน ซึ่งเทียบเท่ากับการใช้น้ำในแต่ละวันของครัวเรือนในสหรัฐฯ** 33,000 **ครัวเรือน**[11/] ยิ่งไปกว่านั้น การผลิตชิปต้องใช้โลหะ เช่น ทองแดง อะลูมิเนียม และลิเธียม ซึ่งกระบวนการทำเหมืองเพื่อขุดและแปรรูปแร่เหล่านี้ อาจสร้างมลพิษต่อแหล่งน้ำและสิ่งแวดล้อมอื่นๆ อีกด้วย

ขยะอิเล็กทรอนิกส์

พัฒนาการของ AI ก้าวหน้าไปอย่างรวดเร็ว ส่งผลให้ต้องมีการปรับปรุงอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์สมรรถนะสูงให้ทันสมัยอยู่เสมอ ฮาร์ดแวร์เหล่านี้จึงมักมีอายุการใช้งานสั้นเพียง 2-5 ปีก่อนจะกลายเป็นขยะอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งมีสารเคมีอันตรายอย่างตะกั่ว ปรอท และแคดเมียม ที่สามารถปนเปื้อนดินและแหล่งน้ำหากไม่ได้รับการจัดการอย่างเหมาะสม จึงเป็นภัยต่อสุขภาพมนุษย์และสิ่งแวดล้อมได้

งานวิจัยที่เผยแพร่ในวารสาร Nature Computational Science เมื่อปลายเดือนตุลาคม 2567 คาดการณ์ไว้ว่า **GenAI จะก่อให้เกิดขยะอิเล็กทรอนิกส์เพิ่มขึ้นถึง** 1.2 – 5 **ล้านตันในช่วงปี** 2566-2573 ซึ่งแม้จะมีสัดส่วนไม่มากเมื่อเทียบกับปริมาณขยะอิเล็กทรอนิกส์ทั่วโลกในปี 2565 จำนวน 62 ล้านตัน แต่**ขยะอิเล็กทรอนิกส์จาก GenAI มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว โดยปริมาณขยะที่เกิดขึ้นใหม่ในปี** 2573 **อาจสูงกว่าในปี** 2566 **เกือบ** 1,000 **เท่า** หรือ**ใกล้เคียงกับปริมาณขยะจาก** iPhone 15 Pro **กว่าหมื่นล้านเครื่อง**[12/]

จะเห็นว่าความก้าวหน้าอย่างรวดเร็วของเทคโนโลยี AI ไม่ได้นำมาซึ่งผลเชิงบวกต่อโลกเท่านั้น แต่ยังมาพร้อมกับผลกระทบด้านพลังงาน ทรัพยากร และสิ่งแวดล้อม ดังนั้น โลกจึงพยายามมุ่งไปสู่ AI ที่ยั่งยืน (Sustainable AI) ซึ่งให้ความสำคัญกับการพัฒนาและใช้เทคโนโลยี AI ให้เกิดประโยชน์สูงสุด ในขณะเดียวกันก็ไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสังคมทั่วทุกมุมโลก

10/ Li et al. (2023)

11/ WEF, https://www.weforum.org/agenda/2024/07/the-water-challenge-for-semiconductor-manufacturing-and-big-tech-what-needs-to-be-done/

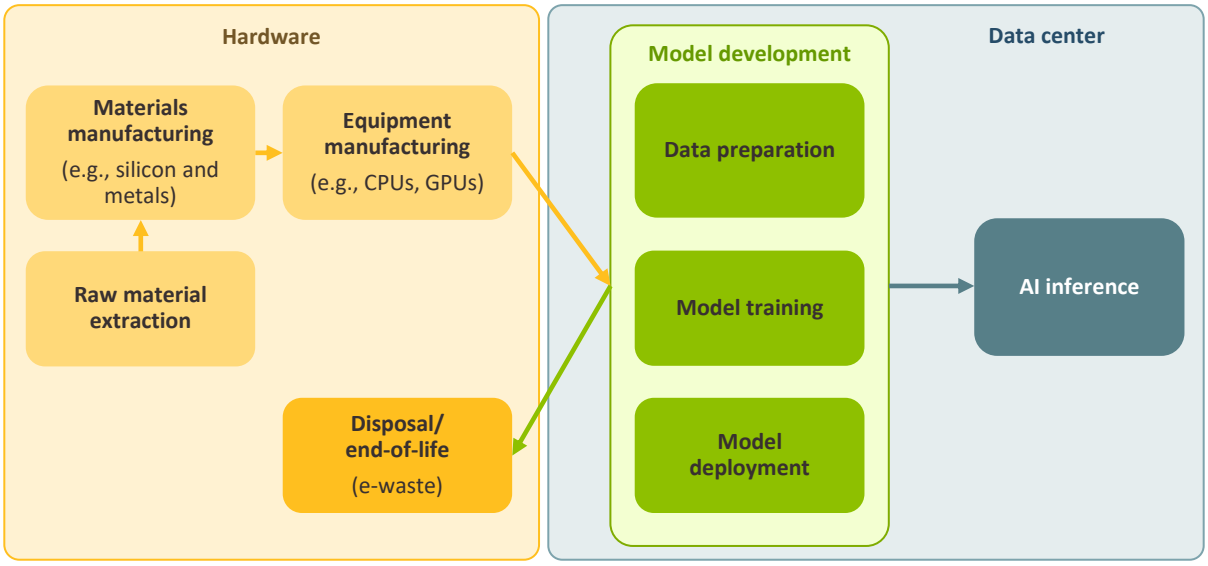
12/ MIT Technology Review, https://www.technologyreview.com/2024/10/28/1106316/ai-e-waste/ และ TechCrunch, https://techcrunch.com/2024/10/28/generative-ai-could-cause-10-billion-iphones-worth-of-e-waste-per-year-by-2030/

AI ที่ยั่งยืนคืออะไร และทำไมต้องให้ความสำคัญ

AI ที่ยั่งยืน (Sustainable AI) **เป็นแนวคิดการพัฒนาเทคโนโลยี AI โดยคำนึงถึงผลกระทบด้านความยั่งยืนตลอดวงจรชีวิตของ AI ตั้งแต่การจัดหาวัสดุอุปกรณ์ทางเทคโนโลยี การพัฒนาโครงสร้างพื้นฐาน** (Data Center) **การจัดเก็บข้อมูล การฝึกฝนและทดสอบโมเดล การใช้งาน ไปจนถึงการกำจัดขยะอิเล็กทรอนิกส์ที่เกิดจาก AI** (ภาพที่ 4) ทั้งนี้ ปัจจุบัน Sustainable AI เน้นลดผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมจากการใช้พลังงานและทรัพยากรมหาศาล ซึ่งสอดรับกับกระแสการเปลี่ยนผ่านไปสู่การปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิเป็นศูนย์ (Net-Zero Emission) ที่ทุกอุตสาหกรรมทั่วโลกให้ความสำคัญ ดังนั้น เราจึงอาจพบเจอคำว่า **AI ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม** (Eco-friendly AI) หรือ **AI สีเขียว** (Green AI) ซึ่งล้วนแล้วแต่มุ่งเน้นไปในทิศทางเดียวกัน

ภาพที่ 4

วงจรชีวิตของเทคโนโลยี AI



Source: Luccioni et al. (2023) and Krungsri Research

การพัฒนาเทคโนโลยี AI อย่างยั่งยืนสามารถดำเนินการผ่านแนวทาง 3 ด้าน ได้แก่ 1) การใช้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมมากขึ้น (Hardware Optimization) 2) การพัฒนาและฝึกฝนโมเดล AI ที่ใช้พลังงานลดลง (Model Optimization) และ 3) การเพิ่มประสิทธิภาพพลังงานและสัดส่วนพลังงานหมุนเวียนใน Data Center (Data Center Optimization) ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

Hardware Optimization: ใช้ฮาร์ดแวร์อย่างมีประสิทธิภาพและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

วงจรชีวิตของการพัฒนา AI เกิดขึ้นตั้งแต่ต้นน้ำของห่วงโซ่อุปทาน (Supply Chain) กล่าวคือ การทำเหมืองแร่เพื่อให้ได้วัตถุดิบในการผลิตชิ้นส่วนและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่เป็นฮาร์ดแวร์สำคัญของ AI เช่น หน่วยประมวลผลกลาง (Central Processing Unit: CPU)[13/] และหน่วยประมวลผลกราฟิก (Graphics Processing Unit: GPU)[14/] ซึ่งส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมตั้งแต่ต้นน้ำ สะท้อน

13/ เป็นหน่วยคำนวณหลักที่เปรียบเสมือนสมองกลของอุปกรณ์

14/ เป็นหน่วยประมวลผลที่เดิมถูกออกแบบมาเพื่อการประมวลผลกราฟิก แต่เหมาะกับการนำไปใช้คำนวณข้อมูลขนาดใหญ่เพื่อฝึกฝนโมเดลการเรียนรู้เชิงลึก (Deep Learning)

จากคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของกระบวนการผลิต GPU ที่คิดเป็น 22% ของการปล่อยคาร์บอนทั้งหมดจากการฝึกฝนโมเดล BLOOM ซึ่งเป็นโมเดลภาษาขนาดใหญ่ที่พัฒนาโดย BigScience[15/] **ดังนั้น แนวคิด AI ที่ยั่งยืนจึงสนับสนุนการใช้วัสดุที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมในการผลิตฮาร์ดแวร์** เช่น เหล็กและอะลูมิเนียมรีไซเคิล พลาสติกชีวภาพ วัสดุทดแทนธาตุหายาก (Rare Earth Alternatives) **อีกทั้งยังสนับสนุนการยืดอายุและปรับปรุงการใช้ฮาร์ดแวร์ที่มีอยู่เดิมให้มีประสิทธิภาพสูงสุด** เพื่อลดความต้องการการผลิตฮาร์ดแวร์ใหม่ๆ รวมถึงลดขยะอิเล็กทรอนิกส์จาก AI

นอกจากนี้ ปัจจุบันมีการพัฒนา**ฮาร์ดแวร์ที่ออกแบบมาโดยเฉพาะเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการประมวลผลและลดการใช้พลังงาน เช่น หน่วยประมวลผลเทนเซอร์ (Tensor Processing Unit: TPU)** ซึ่งเป็นวงจรรวมแบบเฉพาะทาง (Application-Specific Integrated Circuit: ASIC) ที่พัฒนาโดย Google ทั้งนี้ TPU สามารถประมวลผลได้เร็วกว่าและใช้พลังงานน้อยกว่าเมื่อเทียบกับ CPU และ GPU แบบทั่วไป ในขณะเดียวกันก็ยังคงมีความแม่นยำสูง[16/]

Model Optimization: พัฒนาโมเดล AI ให้ใช้พลังงานน้อยลง

การออกแบบ ฝึกฝน และใช้งาน AI จะปล่อยคาร์บอนด้วยความเข้มข้นมากหรือน้อยนั้น ขึ้นอยู่กับขนาดและความซับซ้อนของโมเดล โดยการประมวลผลโมเดลขนาดใหญ่และใช้ข้อมูลมหาศาลต้องการฮาร์ดแวร์ที่มีประสิทธิภาพสูงและการระบายความร้อนที่ดี จึงส่งผลให้ใช้พลังงานเพิ่มขึ้นด้วย ดังนั้น แนวทางหนึ่งที่จะลดคาร์บอนฟุตพริ้นท์จาก AI ได้คือ **การปรับปรุงการออกแบบโมเดล AI เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและลดการใช้พลังงานในการประมวลผล (Algorithm optimization)** ซึ่งในปัจจุบันผู้พัฒนา AI มุ่งเน้นไปที่การลดขนาดหน่วยความจำ (Memory Footprint) และความซับซ้อนในการประมวลผล (Computational Complexity) ด้วยวิธีต่างๆ อาทิ 1) **การตัดส่วนที่ไม่จำเป็น (Pruning)** ในโครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Networks: ANNs) เพื่อลดขนาดโมเดลโดยไม่กระทบกับความสามารถของโมเดล ซึ่งมักทำหลังขั้นตอนการฝึกฝนโมเดล 2) **การลดระดับความแม่นยำ (Quantization)** เช่น เปลี่ยนรูปแบบการเก็บตัวเลขจากที่มีจุดทศนิยมเป็นจำนวนเต็ม เพื่อลดการใช้หน่วยความจำ แต่ยังคงความแม่นยำในระดับที่ยอมรับได้ 3) **การถ่ายทอดความรู้จากโมเดลขนาดใหญ่ไปยังโมเดลขนาดเล็กที่มีประสิทธิภาพใกล้เคียงกัน (Distillation)** และ 4) **การปรับปรุงประสิทธิภาพการคำนวณของกลไกแอตเทนชัน (Flash Attention)** ที่เป็นส่วนสำคัญของโมเดลภาษาขนาดใหญ่ เช่น GPT จึงลดการใช้หน่วยความจำและพลังงานทั้งในขั้นตอนการฝึกฝนและใช้งานโมเดล[17/]

นอกจากนี้ **การพัฒนาโมเดลขนาดเล็ก (Tiny Machine Learning: TinyML)** ได้รับความนิยมมากขึ้น เนื่องจากเป็นโมเดลที่สามารถประมวลผลบนอุปกรณ์ที่มีความจำไม่มาก และลดการใช้พลังงานได้ โดย TinyML มักใช้เทคนิคการลดขนาดและความซับซ้อนของโมเดล (Pruning and Quantization)[18/] จึงเหมาะกับการใช้งานที่เน้นการประหยัดพลังงาน

Data Center Optimization: เพิ่มประสิทธิภาพและสัดส่วนพลังงานหมุนเวียนใน Data Center

Data Center ใช้พลังงานไฟฟ้าในการทำงานของฮาร์ดแวร์สมรรถนะสูง การจัดการข้อมูลขนาดใหญ่ และระบบทำความเย็น ซึ่งล้วนต้องอาศัยพลังงานไฟฟ้าทั้งในขณะที่มีการฝึกฝนและใช้งานโมเดล AI (Dynamic Energy Consumption) และในขณะที่ไม่มีการทำงานของอุปกรณ์ใดๆ (Idle Energy Consumption) **ดังนั้น การลดคาร์บอนฟุตพริ้นท์จาก Data Center สามารถทำได้โดยการปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงาน** ไม่ว่าจะเป็นการปรับปรุงระบบทำความเย็นด้วยเทคโนโลยีที่ใช้อากาศเย็นภายนอกอาคาร (Free Cooling) การใช้เทคโนโลยีเซิร์ฟเวอร์เสมือน (Server Virtualization) เพื่อลดจำนวนเครื่องเซิร์ฟเวอร์ที่ต้องเปิดใช้งาน หรือการติดตั้งระบบบริหารจัดการศูนย์ข้อมูล (Data Center Infrastructure Management: DCIM) เพื่อติดตามการใช้พลังงาน โดยมีเป้าหมายหลักคือการทำให้ค่าประสิทธิภาพการใช้พลังงาน (Power Usage Effectiveness: PUE)[19/] เข้าใกล้ 1 มากที่สุด

15/ Luccioni et al. (2023)

16/ TPU ถูกออกแบบมาเพื่อทำงานร่วมกับ TensorFlow ซึ่งเป็นซอฟต์แวร์ที่ Google พัฒนาขึ้นเพื่อใช้ในการสร้างและพัฒนาโมเดล Machine Learning โดยเฉพาะ Deep Learning (ที่มา: Atichat Auppakansang, https://medium.com/super-ai-engineer/gpu-tpu-คืออะไร-ควรใช้อะไรในการ-train-model-กันแน่-1b652666cbbf)

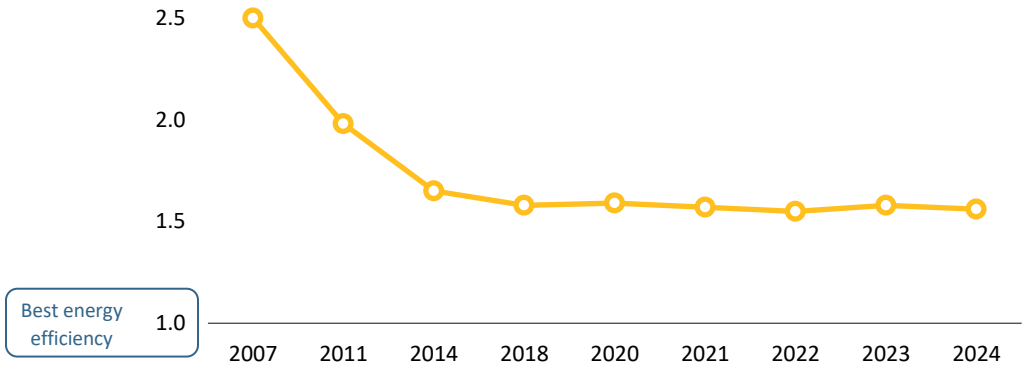
17/ Bolón-Canedo et al. (2024)

18/ The Gradient, https://thegradient.pub/sustainable-ai/

19/ ค่า PUE คำนวณจากพลังงานไฟฟ้าทั้งหมดของอาคาร Data Center หารด้วยพลังงานไฟฟ้าที่ใช้โดยอุปกรณ์เทคโนโลยี โดยค่า PUE ยิ่งต่ำแสดงว่าการใช้ไฟฟ้าใน Data Center ยิ่งมีประสิทธิภาพสูง

ภาพที่ 5

ประสิทธิภาพการใช้พลังงานใน Data Center (Power Usage Effectiveness: PUE) เฉลี่ยทั่วโลก

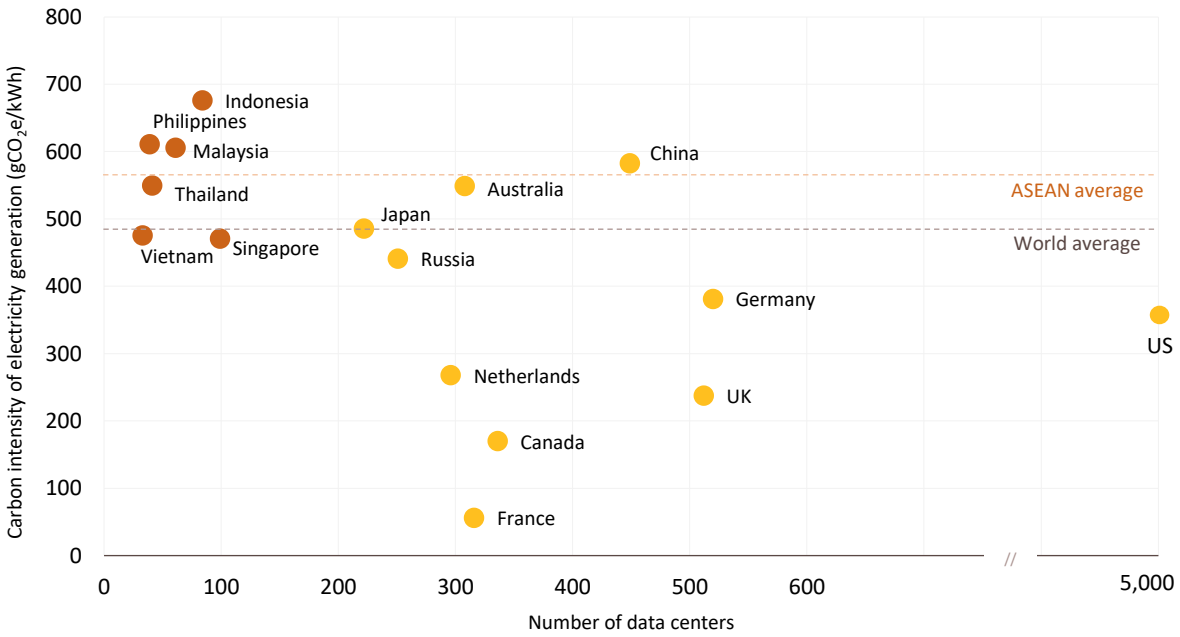


Source: Uptime Institute Global Data Center Survey 2024

อย่างไรก็ดี แม้ประสิทธิภาพการใช้พลังงานของ Data Center โดยเฉลี่ยทั่วโลกจะมีแนวโน้มค่อยๆ ดีขึ้น แต่ในช่วงปี 2563-2567 กลับไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก (ภาพที่ 5) อีกแนวทางหนึ่งที่ผู้พัฒนา Data Center สามารถลดคาร์บอนฟุตพริ้นท์ได้พร้อมกันไปแบบคู่ขนาน คือ**การเพิ่มสัดส่วนการใช้พลังงานหมุนเวียน เช่น พลังงานลมและแสงอาทิตย์** โดยแนวคิด AI ที่ยั่งยืนสนับสนุนการดำเนินงาน Data Center ในเมืองหรือประเทศที่สามารถเข้าถึงไฟฟ้าจากพลังงานสะอาดได้ ทั้งนี้ จากการเก็บข้อมูลโดย Cloudscence ณ ตุลาคม 2567[20/] พบว่าประเทศในทวีปอเมริกาเหนือและยุโรป เป็นผู้นำด้านจำนวน Data Center ซึ่งในประเทศเหล่านี้มีค่าความเข้มข้นของคาร์บอนในการผลิตไฟฟ้าต่ำกว่าค่าเฉลี่ยของโลก ในขณะที่ประเทศแถบเอเชียแปซิฟิกยังพึ่งพาเชื้อเพลิงฟอสซิลในการผลิตไฟฟ้ามากกว่า (ภาพที่ 6)

ภาพที่ 6

จำนวน Data Center และความเข้มข้นของคาร์บอนของการผลิตไฟฟ้าในประเทศต่าง ๆ



Source: Cloudscene, Our World in Data, and Krungsri Research

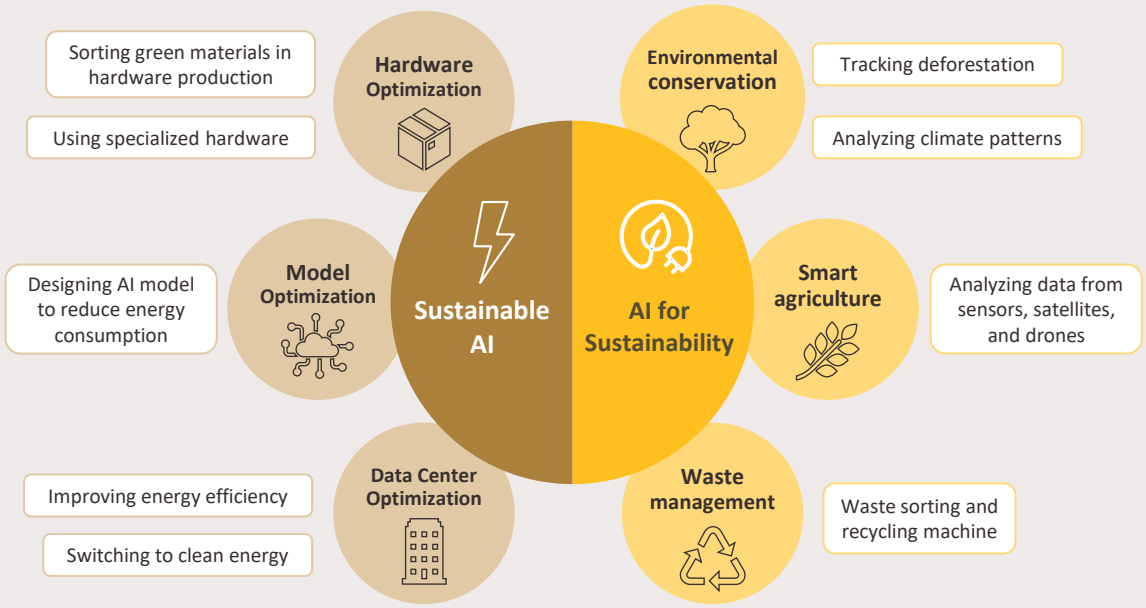
20/ Cloudscene, https://cloudscene.com/region/datacenters-in-asia-pacific

Box 1 Sustainable AI vs. AI for Sustainability

AI ที่ยั่งยืน (Sustainable AI) เป็นแนวคิดที่มุ่งเน้นปรับกระบวนการพัฒนาเทคโนโลยี AI ให้เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมมากขึ้น โดยเน้นการลดผลกระทบจากการใช้พลังงานและทรัพยากร ในขณะที่แนวคิด AI **เพื่อความยั่งยืน** (AI for Sustainability) มุ่งใช้ประโยชน์จากเทคโนโลยี AI เพื่อขับเคลื่อนความยั่งยืนในด้านต่างๆ เช่น การใช้ AI เพื่อติดตามการตัดไม้ทำลายป่า การวิเคราะห์และเตือนภัยสภาพอากาศ การใช้ข้อมูลจากเซ็นเซอร์ ดาวเทียม และโดรนเพื่อลดการใช้น้ำและสารเคมีในภาคเกษตรกรรม การคัดแยกขยะและรีไซเคิลด้วยระบบอัตโนมัติและหุ่นยนต์

ภาพที่ 7

Sustainable AI vs. AI for Sustainability



Source: Bolón-Canedo et al. (2024), KPMG, and Krungsri Research



โลกพยายามทำให้ AI เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมมากขึ้นอย่างไร

บริษัทเทคโนโลยีขนาดใหญ่ซึ่งเป็นผู้เล่นสำคัญในตลาด AI ต่างประกาศเป้าหมายความยั่งยืน และพยายามทำให้การพัฒนาเทคโนโลยี AI เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมยิ่งขึ้น โดยมีตัวอย่างการดำเนินการที่น่าสนใจดังนี้ (ภาพที่ 8)

Google มุ่งลดการใช้พลังงานและคาร์บอนฟุตพริ้นท์ ด้วยแนวทางสำคัญ 4 ประการ[21/] ได้แก่ 1) การใช้ฮาร์ดแวร์ที่ออกแบบมาโดยเฉพาะสำหรับการเรียนรู้เชิงลึก (Deep Learning) เช่น TPU และชิปที่เลียนแบบการทำงานของสมอง (Neuromorphic Chips) ซึ่งช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานได้ 2-5 เท่า 2) การเลือกโมเดลที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น เช่น การใช้เทคนิค Sparse ซึ่งสนใจเฉพาะค่าพารามิเตอร์ที่ไม่เป็นศูนย์ จึงช่วยลดขนาดโมเดลและการใช้หน่วยความจำ 3) การย้ายไปใช้ Data Center บนระบบคลาวด์[22/] ที่สามารถลดการปล่อยคาร์บอนได้ 25%-50% เมื่อเทียบกับ Data Center แบบดั้งเดิม และ 4) การลงทุนในแหล่งพลังงานหมุนเวียนสำหรับใช้ใน Data Center โดยตั้งเป้าใช้พลังงานสะอาดทั้งหมดภายในปี 2573

Microsoft พยายามพัฒนาโมเดล AI ที่ใช้พลังงานลดลง เช่น โมเดลภาษาขนาดใหญ่แบบ 1 บิต อย่าง BitNet b1.58 ซึ่งทำให้การคำนวณของโมเดลง่ายขึ้น ใช้พลังงานน้อยลง แต่ยังสามารถทำงานได้เทียบเท่ากับโมเดลแบบ 16 บิตที่มีความแม่นยำสูง[23/] นอกจากนี้ บริษัทยังสร้าง Data Center ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม เช่น Data Center ในสวีเดนซึ่งเข้าถึงแหล่งพลังงานหมุนเวียนจำนวนมากได้[24/] และโครงการ Data Center ใต้น้ำ (Project Natick)[25/] ที่ใช้น้ำทะเลช่วยในระบบทำความเย็น (Passive Cooling) อีกทั้งยังปรับปรุงประสิทธิภาพพลังงานใน Data Center เช่น การจัดสรรไฟฟ้าส่วนเกินจากอุปกรณ์หนึ่งไปยังอุปกรณ์อื่น[26/] ทั้งนี้ Microsoft มีเป้าหมายที่ท้าทายในการมุ่งสู่การปล่อยคาร์บอนสุทธิเป็นลบ (Carbon Negative) ภายในปี 2573 ซึ่งหมายความว่าบริษัทต้องกำจัดคาร์บอนในปริมาณมากกว่าที่ปล่อยออกมา

Amazon เป็นธุรกิจที่ลงทุนในโครงการพลังงานลมและแสงอาทิตย์มากที่สุดในโลก 4 ปีติดต่อกัน (2563-2566) โดยในปี 2566 บริษัทรายงานว่าได้ใช้พลังงานหมุนเวียนกว่า 90% ของการดำเนินงานทั้งหมด รวมถึงพลังงานที่ใช้ใน Data Center ด้วย[27/] และคาดว่าจะบรรลุเป้าหมายการใช้พลังงานสะอาด 100% ได้ในปี 2568

Meta ให้ความสำคัญกับการใช้น้ำอย่างมีประสิทธิภาพใน Data Center โดยตั้งเป้าหมายการใช้น้ำสุทธิเป็นบวก (Water Positive) ภายในปี 2573 ด้วยการฟื้นฟูแหล่งน้ำในปริมาณที่มากกว่าการใช้น้ำของบริษัท[28/] นอกจากนี้ ยังรายงานว่า Data Center ทั้งหมดของบริษัทได้รับมาตรฐานอาคารสีเขียวซึ่งมีการจัดการพลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ

นอกจากบริษัทข้างต้นแล้ว ผู้นำในอุตสาหกรรมชิปอย่าง **NVIDIA** ได้พยายามออกแบบชิปเพื่อการประมวลผลโมเดลขนาดใหญ่โดยเฉพาะ เช่น Grace Hopper Superchip ซึ่งลดการใช้พลังงานจากการประมวลผลได้มากถึง 10 เท่า[29/] และ Blackwell GPU ซึ่งประหยัดพลังงานมากกว่า CPU ทั่วไปถึง 20 เท่า นอกจากนี้ ในปีงบประมาณ 2567 NVIDIA มีสัดส่วนการใช้ไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียน 76% ซึ่งเข้าใกล้เป้าหมายพลังงานสะอาด 100% ในปี 2568[30/] เช่นเดียวกับ **OpenAI** ที่เน้นการปรับปรุงประสิทธิภาพของการออกแบบและฝึกฝนโมเดล GenAI รวมถึงร่วมกับ Microsoft เพื่อใช้ Data Center ซึ่งขับเคลื่อนด้วยพลังงานหมุนเวียน[31/]

21/ Google, https://research.google/blog/good-news-about-the-carbon-footprint-of-machine-learning-training/

22/ Cloud Data Center คือ Data Center ที่ให้บริการผ่านระบบคลาวด์โดยผู้ให้บริการบุคคลที่สาม เช่น Amazon Web Services (AWS), Google Cloud, Microsoft Azure ซึ่งช่วยลดค่าใช้จ่ายด้านการลงทุนและการดำเนินงาน Data Center เอง (On-premises Data Center) (ที่มา: TRG Datacenters, https://www.trgdatacenters.com/resource/cloud-data-centers-explained/)

23/ Microsoft, The Era of 1-bit LLMs: All Large Language Models are in 1.58 Bits - Microsoft Research

24/ The Register, https://www.theregister.com/2024/06/03/microsoft_spends_32b_on_expanding/

25/ Microsoft, https://natick.research.microsoft.com/

26/ Microsoft, Sustainable by design: Innovating for energy efficiency in AI, part 1 | The Microsoft Cloud Blog

27/ Amazon, https://www.aboutamazon.com/news/sustainability/amazon-renewable-energy-portfolio-january-2024-update

28/ Meta, https://sustainability.atmeta.com/2024-sustainability-report/

29/ NVIDIA, https://blogs.nvidia.com/blog/climate-research-next-wave/

30/ NVIDIA, https://www.nvidia.com/en-us/sustainability/

31/ CyberPeace, https://www.cyberpeace.org/resources/blogs/generative-ai-and-environmental-risks

ภาพที่ 8

ตัวอย่างการดำเนินงานด้าน AI ที่ยั่งยืนของบริษัทเทคโนโลยีขนาดใหญ่

Sustainable AI initiatives	Google	Microsoft	aws	Meta
Hardware	Developing specialized hardware e.g., TPUs, neuromorphic chips	Maximizing hardware utilization through smart workload management		
Model	Efficient model architectures, e.g., sparse models, reducing computation and energy consumption	1-bit LLMs, e.g., BitNet b1.58, consuming lower memory and energy	SageMaker platform, encouraging low-energy model development	• Research on energy-efficient AI • Open-sourcing green AI models, for more sustainable AI
Data center	• Data center cooling optimization • Carbon-intelligent computing	• Green data centers (e.g., in Sweden) • Underwater data center (Project Natick) • Harvesting unused power across our datacenter fleet	• Green data centers and sustainable cloud services	• 100% of data centers are certified LEED Gold or higher
Sustainability target	• Carbon-free energy (2030) • Net zero (2030) • Water positive (2030)	• 100% renewable energy (2025) • carbon negative (2030)	• 100% renewable energy (2025) • Net zero (2040)	• Net zero (2030) • Water positive (2030)
Share of certificate purchases to total renewable energy consumed (reported in 2023)	0%	53%	58% (the largest corporate buyer of renewable energy, investing in wind and solar projects globally)	6%

Source: Financial Times, Center for Data Innovation, Microsoft, Google, Meta, AWS, and Krungsri Research

จะเห็นได้ว่าบริษัทยักษ์ใหญ่ในอุตสาหกรรม AI มีแนวทางคล้ายกันในการมุ่งสู่ความยั่งยืน โดยตั้งเป้าหมายที่ท้าทายทั้งการเข้าสู่ Net Zero ภายในปี 2573-2583 ซึ่งเร็วกว่าค่าเฉลี่ยของโลกในปี 2593 และการใช้พลังงานสะอาด 100% ภายในปี 2568 ดังนั้น บริษัทเหล่านี้จึงมักใช้เครื่องมือทางการเงินและกลไกตลาด เช่น ใบรับรองการผลิตพลังงานหมุนเวียน (Renewable Energy Certificates: RECs) และคาร์บอนเครดิต เพื่อบรรลุเป้าหมายที่ได้ตั้งไว้ อย่างไรก็ดี ในภาพรวมการดำเนินงานด้าน Sustainable AI ยังมีค่อนข้างจำกัด โดยหลายแนวคิดยังอยู่ในขั้นตอนการศึกษาและวิจัย จึงอาจต้องอาศัยกฎระเบียบมาช่วยผลักดัน ซึ่งจะกล่าวถึงในหัวข้อถัดไป



กฎระเบียบด้านความยั่งยืนของ AI ไปถึงไหนแล้ว

แม้ความยั่งยืนกำลังเป็นกระแสการเปลี่ยนแปลงที่สำคัญของโลก แต่กฎระเบียบด้านความยั่งยืนของ AI ยังอยู่ในระหว่างการพัฒนาขั้นเริ่มต้น ทั้งนี้ **สหภาพยุโรปนับว่าเป็นผู้ริเริ่มด้านการพัฒนา AI อย่างยั่งยืน ด้วยการออกกฎหมาย AI (EU AI Act)**[32/] ซึ่งเป็นกฎหมาย AI ฉบับแรกของโลกที่ครอบคลุมประเด็นความยั่งยืน[33/] โดยมีผลบังคับใช้เมื่อวันที่ 1 สิงหาคม 2567 เพื่อควบคุมการพัฒนาและใช้งาน AI ให้คำนึงถึงประสิทธิภาพพลังงาน การใช้ทรัพยากร การคุ้มครองสิทธิมนุษยชน และลดการเลือกปฏิบัติ ทั้งนี้กฎหมายดังกล่าวกำหนดให้ผู้พัฒนา AI ดำเนินการตามความเสี่ยงของ AI (Risk-based Approach)[34/] ซึ่งบริษัทผู้พัฒนา AI ที่ถูกนำไปใช้งานทั่วไปในวงกว้าง (General-purpose AI: GPAI) เช่น ChatGPT ต้องรายงานข้อมูลการใช้พลังงาน รวมถึงประเมินประสิทธิภาพการใช้พลังงานและทรัพยากรต่างๆ ตลอดวงจรชีวิตของ AI ด้วย อย่างไรก็ดี ในภาพรวม EU AI Act ยังเน้นไปที่การคุ้มครองสิทธิขั้นพื้นฐานและความเป็นอยู่ของมนุษย์มากกว่าประเด็นด้านสิ่งแวดล้อม

ภาพที่ 9

ตัวอย่างกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนา AI อย่างยั่งยืน

	European Union	United States
AI Law	**AI Act**	**AI Environmental Impacts Act**
Status	Entry into force (Aug 1, 2024)	Under review
Requirement	• Require disclosure on energy consumption and assessment of energy efficiency • Encourage practices that minimize energy usage and material impact, e.g., optimizing data centers, sustainable hardware	• Mandate a study on the environmental effects of AI technologies • Create a consortium to address impacts of AI • Establish a voluntary system for companies to report environmental data on AI

Source: European Commission, Office of Senator Markey, and Krungsri Research

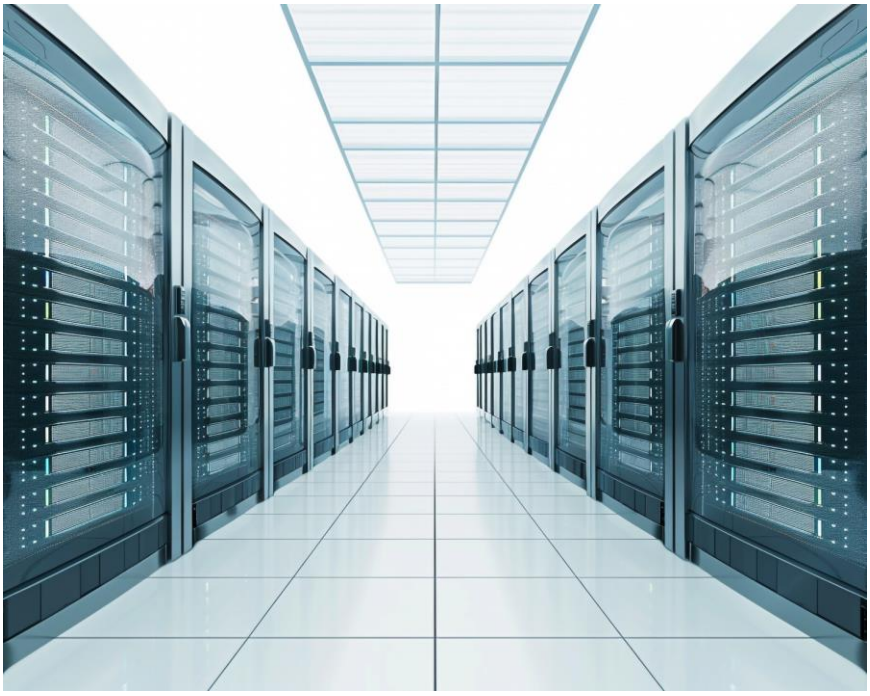
32/ European Parliament, https://www.europarl.europa.eu/topics/en/article/20230601STO93804/eu-ai-act-first-regulation-on-artificial-intelligence

33/ ก่อนหน้านี้ซีลีมีร่างกฎหมาย AI แต่ยังไม่ได้ระบุถึงความสำคัญของผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม

34/ EU AI Act แบ่งระดับความเสี่ยงของ AI ได้ดังนี้ 1) Minimal risk เช่น วิดีโอเกมที่ใช้ AI 2) Specific transparency risk เช่น Chatbot ซึ่งต้องแจ้งผู้ใช้งานว่ากำลังคุยกับเครื่องจักร 3) High risk เช่น ซอฟต์แวร์ทางการแพทย์ และ 4) Unacceptable risk เช่น AI ที่สนับสนุนการกำหนดคะแนนทางสังคม (Social scoring) (ที่มา: European Commission, https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/qanda_21_1683)

ในอีกฝั่งของมหาสมุทรแอตแลนติก แม้**สหรัฐฯ** ซึ่งเป็นผู้นำด้านเทคโนโลยี AI ยังไม่ได้มีการบังคับใช้กฎหมาย AI แต่เมื่อกุมภาพันธ์ ปี 2567 กลุ่มสมาชิกวุฒิสภาและสภาผู้แทนราษฎร[35/] ได้เสนอ**ร่างกฎหมายผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมของ AI (Artificial Intelligence Environmental Impacts Act)** ซึ่งกำหนดให้สำนักงานคุ้มครองสิ่งแวดล้อม (Environmental Protection Agency: EPA) ศึกษาผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมตลอดช่วงอายุการใช้งานของ AI ซึ่งรวมถึงการใช้พลังงาน การปล่อยคาร์บอน และขยะอิเล็กทรอนิกส์ นอกจากนี้ยังเสนอให้มีการจัดตั้งกลุ่มเพื่อกำหนดมาตรฐานการวัดผลกระทบของ AI (AI Environmental Impacts Consortium) รวมถึงพัฒนาระบบรายงานผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมโดยสมัครใจ ส่วนประเทศข้างเคียงอย่าง**แคนาดา** มียุทธศาสตร์ AI ระดับชาติ (Pan-Canadian Artificial Intelligence Strategy) ตั้งแต่ปี 2560 ซึ่งตั้งเป้าพัฒนาระบบนิเวศด้าน AI เพื่อสร้างประโยชน์ต่อสังคมและสิ่งแวดล้อม (AI for Sustainability) อย่างไรก็ตาม ร่างกฎหมาย AI และข้อมูล (Artificial Intelligence and Data Act) ซึ่งมีแนวทางคล้าย EU AI Act ยังไม่ได้มีจุดเน้นด้านผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมของ AI[36/]

เมื่อข้ามมาสำรวจในฝั่งเอเชียจะพบว่า **จีน**อยู่ระหว่างการจัดทำร่างกฎหมาย AI ฉบับใหม่ จึงยังไม่มีข้อบังคับที่ชัดเจนเกี่ยวกับการพัฒนา AI อย่างยั่งยืน ในขณะที่**สิงคโปร์** แม้ไม่ได้มีกฎหมายบังคับด้านความยั่งยืน แต่ได้จัดทำกรอบการกำกับดูแล AI (Model AI Governance Framework) ซึ่งครอบคลุมมาตรฐานด้านจริยธรรม และการใช้ AI อย่างรับผิดชอบ อีกทั้งยังวาง**แนวทางพัฒนา Data Center อย่างยั่งยืน (Green Data Centre Roadmap)** เช่น การตั้งเป้าหมายปรับปรุงประสิทธิภาพพลังงานใน Data Center ให้ค่าเฉลี่ย PUE ไม่เกิน 1.3 ภายในปี 2573[37/] โดยสรุปแล้วแม้กฎระเบียบด้านความยั่งยืนของ AI ในปัจจุบันจะยังไม่เข้มงวดนัก แต่มีแนวโน้มก้าวหน้ามากขึ้นตามระดับการพัฒนาของเทคโนโลยี AI และฉันทามติด้านสิ่งแวดล้อมของโลก



35/ Office of Senator Markey, https://www.markey.senate.gov/news/press-releases/markey-heinrich-eshoo-beyer-introduce-legislation-to-investigate-measure-environmental-impacts-of-artificial-intelligence

36/ Government of Canada, Government of Canada launches public consultation on artificial intelligence computing infrastructure - Canada.ca

37/ Infocomm Media Development Authority, Charting green growth for data centres in SG | IMDA



มุมมองวิจัยกรุงศรี: อนาคตของการพัฒนา AI อย่างยั่งยืน และนัยต่อประเทศไทย

แนวโน้มสำคัญของการพัฒนา AI ในอนาคต

แม้เทคโนโลยี AI มีส่วนช่วยขับเคลื่อนความยั่งยืนของโลก แต่ในขณะเดียวกันการพัฒนาและการใช้งาน AI กลับต้องแลกมาด้วยการใช้ทรัพยากรและพลังงานอย่างมหาศาล จึงสร้างผลกระทบต่อความยั่งยืนของโลกเช่นกัน ดังนั้น ทิศทางการพัฒนา AI ในอนาคตจะให้ความสำคัญกับสิ่งแวดล้อมมากขึ้น เพื่อให้เทคโนโลยีที่ล้ำสมัยนี้สร้างผลบวกมากกว่าผลลบในมิติความยั่งยืน โดยแนวโน้มสำคัญของการพัฒนา AI มีดังนี้

- **การพัฒนา AI ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมตลอดวงจรชีวิต** ได้แก่ 1) **การใช้ฮาร์ดแวร์หรือชิปเฉพาะทาง**ที่มีประสิทธิภาพการคำนวณสูงแต่ใช้ความจำและพลังงานลดลง รวมถึงการพัฒนาอุปกรณ์ AI ที่เก็บเกี่ยวพลังงานจากแสงสว่าง การสั่นสะเทือน และความร้อนที่อยู่รอบๆ ได้ ทำให้ฮาร์ดแวร์เหล่านี้สามารถพึ่งพาตัวเองได้และลดการใช้พลังงานจากแหล่งภายนอก 2) **การออกแบบโมเดลและการประมวลผล AI เพื่อประหยัดพลังงาน** เช่น การใช้เทคนิคลดขนาดโมเดลให้เหมาะกับการใช้งาน และการประมวลผลแบบเอดจ์ (Edge Computing)[38/] ซึ่งประมวลผลใกล้กับแหล่งกำเนิดข้อมูลและผู้ใช้งาน จึงช่วยลดการใช้พลังงานจากการส่งข้อมูลระยะไกลไปยัง Data Center และ 3) **การลดคาร์บอนฟุตพริ้นท์จาก Data Center** เช่น การลงทุนใน Data Center ที่ขับเคลื่อนด้วยพลังงานหมุนเวียน การปรับปรุงประสิทธิภาพระบบทำความเย็นและการจัดสรรพลังงานด้วย AI รวมถึงการใช้ Data Center บนระบบคลาวด์ (Cloud-based Data Center) ทั้งนี้ แม้หลายแนวคิดยังมีข้อจำกัดและอยู่ในระยะการวิจัยและพัฒนา แต่คาดว่าจะเกิดการนำมาใช้มากยิ่งขึ้น ตามแรงกดดันจากภาวะโลกรวนที่ทวีความรุนแรงขึ้นเรื่อยๆ
- **AI ที่อธิบายได้** (Explainable AI: XAI) คือ AI ที่สามารถอธิบายขั้นตอนและกระบวนการคิดวิเคราะห์ของโมเดลที่ซับซ้อนแก่ผู้ใช้งาน[39/] จึงช่วยให้ผู้พัฒนาสามารถวิเคราะห์การใช้พลังงานของโมเดล AI อันจะนำไปสู่การเพิ่มประสิทธิภาพพลังงาน เช่น หาก XAI บอกว่าการเตรียมข้อมูลใช้พลังงานมากเกินไปในบางขั้นตอน ผู้พัฒนาอาจปรับลดองค์ประกอบที่ไม่จำเป็นได้ นอกจากนี้ XAI ยังช่วยให้บริษัทวัดการปล่อยคาร์บอนได้แม่นยำขึ้นและวางแผนลดคาร์บอนฟุตพริ้นท์ได้ดีขึ้น
- **นโยบายและกฎระเบียบ AI ที่ใส่ใจความยั่งยืนมากขึ้น** เช่น กฎหมายของสหภาพยุโรปที่ริเริ่มให้ผู้พัฒนา AI เปิดเผยข้อมูลการใช้พลังงาน และผลักดันให้เกิดการปรับปรุงประสิทธิภาพในขั้นตอนการพัฒนา AI รวมถึงนโยบาย Data Center สีเขียวของสิงคโปร์ ทั้งนี้ คาดว่าประเด็นด้านสิ่งแวดล้อมจะปรากฏในกฎหมายและนโยบาย AI ของประเทศต่างๆ มากขึ้นและมีแนวโน้มเข้มงวดขึ้น เนื่องจากโลกตระหนักถึงผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมยิ่งขึ้น อีกทั้งบริษัทเทคโนโลยียักษ์ใหญ่ต่างตั้งเป้าหมายสิ่งแวดล้อมที่ท้าทาย ดังนั้นประเทศต่างๆ ที่เป็นส่วนหนึ่งในห่วงโซ่มูลค่าของ AI จึงต้องผลักดันนโยบายที่ตอบโจทย์ AI ที่ยั่งยืนเช่นกัน

38/ Edge Computing เป็นแนวคิดการประมวลผลข้อมูลใกล้กับแหล่งกำเนิดข้อมูล อาทิ อุปกรณ์ IoT เซ็นเซอร์ หรือเซิร์ฟเวอร์ในพื้นที่ เพื่อลดเวลาการตอบสนอง ซึ่งเหมาะกับเทคโนโลยีที่ต้องการการประมวลผลแบบเรียลไทม์ เช่น รถยนต์ขับเคลื่อนอัตโนมัติและเทคโนโลยีเสมือนจริง (ที่มา: Amity Solutions, https://www.amitysolutions.com/th/blogs/what-is-datacenter-beginners-guide)

39/ Bangkok Bank InnoHub, ทำความรู้จักเทคโนโลยี Explainable AI (XAI) ปัญญาประดิษฐ์ที่อธิบายได้ - Bangkok Bank Innohub

โอกาสและการเตรียมความพร้อมของไทย

เมื่ออุตสาหกรรมเทคโนโลยีมุ่งไปที่การพัฒนา AI อย่างยั่งยืน ทำให้ไทยต้องเร่งเตรียมความพร้อมเพื่อคว้าโอกาส โดยเฉพาะจากกระแสการลงทุนใน Data Center ที่เป็นหัวใจสำคัญของการพัฒนา AI ซึ่งธุรกิจทั่วโลกกำลังขยายการลงทุนใน **Data Center ที่เป็นมิตรต่อโลก (Green Data Center)** ทั้งนี้ ไทยมีศักยภาพในการเป็นแหล่งที่ตั้ง Data Center โดยมีปัจจัยสนับสนุนหลายประการ อาทิ ตำแหน่งศูนย์กลางของภูมิภาค โครงสร้างพื้นฐานด้านดิจิทัล ความมั่นคงทางพลังงาน ซึ่งสะท้อนจากดัชนีโอกาสเกิดไฟฟ้าดับ (Loss of Load Expectation: LOLE) ที่อยู่ในระดับต่ำ จำนวนผู้ใช้อินเทอร์เน็ตกำลังคนดิจิทัล และนโยบายส่งเสริมการลงทุน[40/] ส่งผลให้เม็ดเงินลงทุนใน Data Center ไหลเข้าไทยอย่างต่อเนื่อง โดย ณ พฤศจิกายน 2567 มีธุรกิจ Data Center และบริการคลาวด์ยื่นขอรับการส่งเสริมการลงทุนกับสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมการลงทุน (BOI) แล้ว 47 โครงการ คิดเป็นมูลค่าการลงทุนเกือบ 2 แสนล้านบาท[41/] อีกทั้งยังมีบริษัทเทคโนโลยีระดับโลกที่ประกาศแผนการลงทุนในไทย เช่น Amazon Web Services (AWS)[42/] Microsoft[43/]และ Google[44/] ซึ่งบริษัทเหล่านี้ให้ความสำคัญกับแหล่งพลังงานสะอาดเพื่อตอบโจทย์เป้าหมายความยั่งยืนขององค์กร จึงเป็นแรงผลักดันให้ไทยต้องเร่งดำเนินการด้านพลังงานหมุนเวียน ดังนี้

- **เพิ่มสัดส่วนการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียน** แม้ปัจจุบันไทยมี Data Center ทั้งหมด 41 แห่ง ซึ่งเป็นอันดับที่ 4 ในอาเซียน รองจากสิงคโปร์ อินโดนีเซีย และมาเลเซีย ตามลำดับ แต่การผลิตไฟฟ้าของไทยยังมีความเข้มข้นของคาร์บอนมากกว่าสิงคโปร์และเวียดนาม ซึ่งอาจกระทบต่อการตัดสินใจเลือกลงทุนได้[45/] ดังนั้นไทยต้องเร่งรัดการดำเนินการตามร่างแผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศ พ.ศ. 2567-2580 (PDP2024) ที่ตั้งเป้าเพิ่มสัดส่วนไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนเป็น 51% ภายในปี 2580[46/] ซึ่งมีความท้าทายขึ้นจากเป้าหมายในแผนฉบับก่อน (2564-2573) ที่อยู่ที่ 36% ทั้งนี้ภายใต้ PDP2024 ไฟฟ้าสะอาดจะมาจากพลังงานแสงอาทิตย์มากที่สุดถึง 16% ของไฟฟ้าทั้งหมด ซึ่งอาจต้องอาศัยมาตรการจูงใจและการอำนวยความสะดวกในการซื้อขายพลังงานแสงอาทิตย์แก่ผู้ผลิตรายย่อย
- **อำนวยความสะดวกในการเข้าถึงไฟฟ้าจากแหล่งพลังงานสะอาด** เนื่องจากปัจจุบันธุรกิจต่างๆ ยังอาจเข้าถึงไฟฟ้าสะอาดได้อย่างจำกัด ส่งผลให้บริษัทที่ต้องการพลังงานสะอาดมักเลือกสร้าง Data Center ในนิคมอุตสาหกรรม หรือติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์เองในบริเวณใกล้เคียง[47/] อย่างไรก็ดี รัฐบาลกำลังผลักดันการทำสัญญาซื้อขายพลังงานไฟฟ้าได้โดยตรง (Direct Power Purchasing Agreement: Direct PPA) ผ่านการขอใช้บริการระบบโครงข่ายไฟฟ้าให้แก่บุคคลที่สาม (Third Party Access: TPA) ซึ่งจะช่วยให้บริษัท Data Center เข้าถึงพลังงานสะอาดจากโรงไฟฟ้าเอกชนได้ง่ายขึ้น นอกจากนี้ ยังมีการพัฒนาอัตราค่าบริการไฟฟ้าสีเขียว (Utility Green Tariff: UGT) ที่มาพร้อมกับใบรับรองพลังงานหมุนเวียน (REC) ซึ่งจะช่วยให้ธุรกิจอ้างการใช้พลังงานหมุนเวียนเพื่อตอบโจทย์ความยั่งยืนได้[48/]

ท้ายที่สุด การมาบรรจบกันระหว่างกระแสการเปลี่ยนแปลงสำคัญ (Megatrend) 2 ด้าน ได้แก่ ความก้าวหน้าของเทคโนโลยี AI และความตระหนักถึงความยั่งยืน ส่งผลให้เกิดแนวคิดการพัฒนา AI โดยคำนึงถึงสิ่งแวดล้อมมากขึ้น ซึ่งไทยในฐานะที่อยู่ในห่วงโซ่มูลค่าของอุตสาหกรรมเทคโนโลยีโลก มีโอกาสมหาศาลจากกระแสการพัฒนา AI อย่างยั่งยืน อย่างไรก็ดี ไทยจำเป็นต้องเตรียมความพร้อม โดยเฉพาะการยกระดับระบบนิเวศด้านพลังงานสะอาด เพื่อสร้างความได้เปรียบในการดึงดูดการลงทุนจากบริษัทเทคโนโลยีชั้นนำทั่วโลก ซึ่งมีทิศทางเติบโตอย่างต่อเนื่อง

40/ Thansettakij, เปิดโลก Data Center ทำไม "ไทย" ดึงดูดการลงทุนจากบริษัทเทคระดับโลก (thansettakij.com)

41/ BOI, https://www.boi.go.th/index.php?page=press_releases_detail&topic_id=136139&_module=news&from_page=press_releases2

42/ AWS คาดว่าจะตั้ง AWS Asia Pacific (Bangkok) Region ในช่วงต้นปี 2568 (ที่มา: The Standard, https://thestandard.co/aws-invest-on-datacenter-thailand/)

43/ Thansettakij, https://www.thansettakij.com/business/economy/594967

44/ Google มีแผนลงทุนจำนวน 1 พันล้านดอลลาร์สหรัฐ หรือ 35,000 ล้านบาทเพื่อสร้าง Data Center ในนิคมอุตสาหกรรม WHA ชลบุรี และ Cloud Region ในกรุงเทพฯ ซึ่งคาดว่าจะสร้างมูลค่าทางเศรษฐกิจประมาณ 4 พันล้านดอลลาร์สหรัฐ ภายในปี 2572 (ที่มา: Techsauce, https://techsauce.co/news/google-announce-investment-data-center-thailand-2024#:~:text=โดยครั้งนี้%20Google%20ได้ประกาศแผนการลงทุนกว่า%203,6)

45/ Thai PBS, https://policywatch.thaipbs.or.th/article/economy-77

46/ Prachachat, 5 เรื่องใหม่ใน PDP 2024 เขย่าโครงสร้างพลังงานฟอสซิล-หมุนเวียน

47/ Bangkok Post, https://www.bangkokpost.com/thailand/pr/2817324/pioneering-sustainable-data-centres-in-thailand

48/ Thansettakij, https://www.thansettakij.com/climatecenter/net-zero/611523

References

Bolón-Canedo, Verónica et al. (2024). “A review of green artificial intelligence: Towards a more sustainable future” Retrieved from https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925231224008671#fn20

Castro, Daniel. (2024). “Rethinking Concerns About AI’s Energy Use”. Retrieved from https://www2.datainnovation.org/2024-ai-energy-use.pdf

International Energy Agency. (2024). “Electricity 2024: Analysis and forecast to 2026.” Retrieved from https://iea.blob.core.windows.net/assets/18f3ed24-4b26-4c83-a3d2-8a1be51c8cc8/Electricity2024-Analysisandforecastto2026.pdf

Li, Pengfei et al. (2023). "Making ai less" thirsty: Uncovering and addressing the secret water footprint of ai models." Retrieved from 2304.03271 (arxiv.org)

Luccioni, Alexandra Sasha et al. (2023). "Estimating the carbon footprint of bloom, a 176b parameter language model." Retrieved from https://jmlr.org/papers/volume24/23-0069/23-0069.pdf

Patterson, David et al. (2021). "Carbon emissions and large neural network training." Retrieved from https://arxiv.org/abs/2104.10350

Wang, Peng et al. (2024). “E-waste challenges of generative artificial intelligence.” Retrieved from https://doi.org/10.1038/s43588-024-00712-6

World Economic Forum. (2024). “AI and energy: Will AI help reduce emissions or increase demand? Here's what to know.” Retrieved from https://www.weforum.org/agenda/2024/07/generative-ai-energy-emissions/

วิจัยกรุงศรี

ดร.พิมพ์นารา หิรัญกสิ

ผู้บริหารสายงานวิจัยและหัวหน้าทีมวิจัยเศรษฐกิจ

ทีมวิจัยเศรษฐกิจ

สุจิต ชัยวิชญชาติ

ผู้บริหารทีมวิจัยเศรษฐกิจมหภาค

วนิชา ดิเรกอุดมศักดิ์

นักเศรษฐศาสตร์อาวุโส

จุไรลักษณ์ พลศรี

นักเศรษฐศาสตร์อาวุโส (พยากรณ์ตัวเลขเศรษฐกิจ)

ทรรศิน กลิ่นถนอม

นักเศรษฐศาสตร์

กฤตพร ศิริใจชิงกุล

นักเศรษฐศาสตร์

ศุภสิน อิทธิพัทธ์วงศ์

นักเศรษฐศาสตร์

ทีมวิเคราะห์และพัฒนางานวิจัย

ดร.พิมพ์นารา หิรัญกสิ

รักษาการผู้บริหารทีมวิเคราะห์และพัฒนางานวิจัย

ณธัญอร รัตนาธรรมวัฒน์

นักวิจัยอาวุโส

นฤชยา สาตแฟง

นักวิจัย

ปริญญา มิ่งสกุล

นักวิจัย

ชณัฐฐา ธาระรส

นักวิจัย

ทีมบริหารระบบข้อมูลวิจัย

ธมณ เสริญสุขสกุล

เจ้าหน้าที่วิเคราะห์ข้อมูล

เชิดศักดิ์ ศรีชัยตัน

เจ้าหน้าที่วิเคราะห์ข้อมูล

วงศกร แก้วอุดทัง

เจ้าหน้าที่วิเคราะห์ข้อมูล

ทีมวิจัยอุตสาหกรรม

ธเนศ มหัทธนาลัย

ผู้บริหารทีมวิจัยอุตสาหกรรม

พูลสุข นิลกิจศรานนท์

นักวิเคราะห์อาวุโส (Healthcare, Mobile Operators)

ปิยะนุช สถาพงศ์ภักดี

นักวิเคราะห์อาวุโส (Transport & Logistics)

นรินทร์ ตันไพบูลย์

นักวิเคราะห์อาวุโส (Power Generation, Modern Trade, Chemicals, Medical Devices)

เฑียร เทียมศักดิ์

นักวิเคราะห์อาวุโส (Energy, Petrochemicals)

พุทธชาด ลุนคำ

นักวิเคราะห์อาวุโส (Construction Contractors, Construction Materials, Hotels, Industrial Estate)

พัชรา กลิ่นชวนชื่น

นักวิเคราะห์อาวุโส (Real Estate)

ชัยวัช โชวเจริญสุข

นักวิเคราะห์อาวุโส (Agriculture)

ประพันธ์ ลีน้อย

นักวิเคราะห์ (ESG)

ศุภวัฒน์ โชคสวัสดิ์ไพศาล

นักวิเคราะห์ (Automobile, Electronics & Electrical Appliances)

รพีภูมิ ลาภมาก

นักวิเคราะห์ (Agriculture, Food & Beverages)