AI กับการวัด Carbon Footprint: จากความซับซ้อนสู่ระบบอัตโนมัติ

ในช่วงไม่กี่ปีที่ผ่านมา การวัดคาร์บอนฟุตพริ้นท์ (Carbon Footprint) ได้เปลี่ยนจากเรื่องของสิ่งแวดล้อมไปสู่ข้อกำหนดทางธุรกิจที่มีผลโดยตรงต่อความสามารถในการแข่งขันขององค์กร โดยเฉพาะภายใต้แรงกดดันจากมาตรการระหว่างประเทศ เช่น Carbon Border Adjustment Mechanism (CBAM) ของสหภาพยุโรป และกรอบ ESG ที่นักลงทุนให้ความสำคัญมากขึ้น องค์กรจึงจำเป็นต้องสามารถ “วัด–รายงาน–ลด” การปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้อย่างเป็นระบบ อย่างไรก็ตาม ความท้าทายสำคัญอยู่ที่ความซับซ้อนของกระบวนการวัด ซึ่งเกี่ยวข้องกับข้อมูลจำนวนมหาศาลและหลากหลายแหล่ง

การคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ต้องอ้างอิงมาตรฐานสากล เช่น Greenhouse Gas Protocol และ ISO 14064 ซึ่งกำหนดให้การปล่อยก๊าซเรือนกระจกแบ่งออกเป็น 3 ขอบเขต ได้แก่ Scope 1, Scope 2 และ Scope 3 โดยเฉพาะ Scope 3 มีความซับซ้อนสูงที่สุด เนื่องจากเกี่ยวข้องกับห่วงโซ่อุปทานทั้งหมด ตั้งแต่วัตถุดิบ การขนส่ง ไปจนถึงการใช้งานของลูกค้า ข้อมูลเหล่านี้มักกระจัดกระจาย ไม่เป็นมาตรฐาน และยากต่อการรวบรวม

ในอดีต การวัดคาร์บอนฟุตพริ้นท์มักใช้วิธี manual เช่น การกรอกข้อมูลใน spreadsheet การใช้ emission factor แบบเฉลี่ย และการรวบรวมข้อมูลจากแบบสอบถาม วิธีการเหล่านี้มีข้อจำกัดสำคัญ ได้แก่

- ความคลาดเคลื่อนของข้อมูล (Accuracy Issue)
- ความล่าช้าในการจัดทำรายงาน (Time Lag)
- ขาดความสามารถในการตรวจสอบย้อนกลับ (Traceability)
- ต้นทุนสูง โดยเฉพาะสำหรับ SMEs

ส่งผลให้องค์กรจำนวนมากมองการวัดคาร์บอนเป็นภาระมากกว่าเครื่องมือเชิงกลยุทธ์

AI: ตัวเปลี่ยนเกมของการวัด Carbon Footprint

การนำ AI เข้ามาประยุกต์ใช้ช่วยเปลี่ยนกระบวนการทั้งหมดจาก manual ไปสู่ automation โดย AI สามารถทำงานได้ในหลายขั้นตอนสำคัญ ได้แก่

1. <u>Data Collection อัตโนมัติ</u>

การรวบรวมข้อมูล (Data Collection) ถือเป็น “คอขวด” ที่สำคัญที่สุดของการวัด Carbon Footprint ในระบบดั้งเดิม เนื่องจากข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการปล่อยก๊าซเรือนกระจกไม่ได้อยู่ในระบบเดียว แต่กระจายอยู่ในหลายหน่วยงาน เช่น ฝ่ายผลิต ฝ่ายจัดซื้อ ฝ่ายโลจิสติกส์ และซัพพลายเออร์ภายนอก การนำ AI และเทคโนโลยีดิจิทัลเข้ามาช่วยจึงทำให้กระบวนการนี้เปลี่ยนจากการเก็บข้อมูลแบบย้อนหลัง ไปสู่การไหลของข้อมูลแบบอัตโนมัติและต่อเนื่อง (Data Streaming)

โดย AI จะทำงานร่วมกับระบบดิจิทัลเพื่อเชื่อมโยงข้อมูลจากหลายแหล่ง เช่น

- ระบบ ERP (เช่น SAP) สำหรับข้อมูลพลังงานและวัตถุดิบ
- ระบบ IoT sensors ในโรงงาน สำหรับข้อมูลการใช้ไฟฟ้า น้ำ และเชื้อเพลิงแบบเรียลไทม์
- ระบบขนส่ง (Fleet Management / GPS) สำหรับข้อมูลระยะทางและการใช้น้ำมัน
- ระบบจัดซื้อ (Procurement System) สำหรับข้อมูล Supplier และ Raw Materials

การเชื่อมต่อเหล่านี้ช่วยให้ข้อมูลไม่ต้องถูกป้อนซ้ำ (Reduce Manual Input) และลด Human Error อย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้ การใช้ IoT Sensors เป็นอีกองค์ประกอบสำคัญของ Automated Data Collection โดยเฉพาะในภาคอุตสาหกรรม เช่น

- Smart meter สำหรับวัดการใช้ไฟฟ้า
- Sensor ตรวจวัดการใช้เชื้อเพลิงในเครื่องจักร
- ระบบตรวจวัดการปล่อยมลพิษ (Emission Monitoring System)

อีกทั้ง AI สามารถรับข้อมูลจาก sensor เหล่านี้แบบ real-time และประมวลผลทันที ทำให้สามารถเห็น pattern การใช้พลังงาน ตรวจจับความผิดปกติ (Anomaly Detection) และระบุจุดที่ปล่อยคาร์บอนสูงแบบทันที นอกจากนี้ ความท้าทายใหญ่ของ Scope 3 คือการเก็บข้อมูลจากซัพพลายเออร์ ซึ่งมักอยู่คนละระบบหรือไม่มีระบบเลย ดังนั้น AI และแพลตฟอร์มดิจิทัลสามารถช่วยในการสร้าง portal ให้ supplier กรอกข้อมูลแบบเป็นมาตรฐาน และสามารถใช้ AI ตรวจสอบความสมเหตุสมผลของข้อมูล (Data Validation) รวมถึงการใช้ค่า proxy หรือ model estimation ในกรณีที่ข้อมูลไม่ครบ ซึ่งแนวทางนี้ช่วยลดภาระการติดตามข้อมูลและเพิ่มความครอบคลุมของ Scope 3 ได้อย่างมีนัยสำคัญ

2. <u>Data Processing & Cleansing</u>

หลังจากที่องค์กรสามารถรวบรวมข้อมูลได้แบบอัตโนมัติแล้ว ขั้นตอนที่มีความสำคัญไม่น้อยคือ การทำให้ข้อมูลพร้อมใช้งาน (Data Readiness) ซึ่งอยู่ในกระบวนการ Data Processing & Cleansing เพราะในความเป็นจริง ข้อมูลด้านคาร์บอนมักมีลักษณะ ไม่สมบูรณ์ ไม่เป็นมาตรฐาน และมีความคลาดเคลื่อนสูง หากนำข้อมูลดังกล่าวไปคำนวณโดยตรง จะส่งผลให้ค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ผิดพลาด และอาจกระทบต่อความน่าเชื่อถือของรายงานตามมาตรฐาน เช่น ISO 14064 และ Greenhouse Gas Protocol ดังนั้น AI จะช่วยทำให้ข้อมูลอยู่ในรูปแบบมาตรฐานเดียวกัน (Data Standardization) โดย AI สามารถช่วยแปลงหน่วย (Unit Conversion) และจัดโครงสร้างข้อมูลให้เป็นมาตรฐานเดียวกันโดยอัตโนมัติ รวมถึงการเชื่อมโยงข้อมูลให้สอดคล้องกับหมวดหมู่ Scope 1, 2, 3 ทำให้สามารถนำไปคำนวณได้อย่างถูกต้องและเปรียบเทียบได้ในระดับองค์กร

นอกจากนี้การใช้ Machine Learning จะช่วยให้องค์กรสามารถตรวจจับ outliers จาก pattern ในอดีต เติมข้อมูลที่ขาดหาย (Data Imputation) โดยอิงจากข้อมูลใกล้เคียง รวมถึงการลบหรือรวมข้อมูลซ้ำอัตโนมัติ สิ่งนี้จะช่วยลดข้อมูลที่ไม่ถูกต้อง ข้อมูลขยะ หรือข้อมูลที่ไม่ต้องการปะปนอยู่ ออกจากข้อมูลชุดหลัก และเพิ่มความแม่นยำของผลลัพธ์

หัวใจของ Data Processing & Cleansing คือการเปลี่ยนข้อมูลดิบ (Raw Data) ให้เป็นข้อมูลที่เชื่อถือได้ และกลายเป็นข้อมูลที่ใช้ตัดสินใจได้

3. Carbon Calculation ที่แม่นยำขึ้น

หลังจากผ่านขั้นตอน Data Collection และ Data Processing & Cleansing แล้ว ขั้นตอนถัดไปที่เป็น “หัวใจของระบบ” คือการคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ (Carbon Calculation) ซึ่งเป็นจุดที่กำหนดความน่าเชื่อถือของผลลัพธ์ทั้งหมด โดยตามหลักการสากลของ Greenhouse Gas Protocol และ ISO 14064 การคำนวณจะอยู่บนพื้นฐานของสมการพื้นฐานคือ Carbon Emissions = Activity Data × Emission Factor

อย่างไรก็ตาม ในทางปฏิบัติ ความท้าทายไม่ได้อยู่ที่สูตร แต่คือความแม่นยำของตัวแปรทั้งสอง ซึ่ง AI เข้ามามีบทบาทสำคัญในการยกระดับจากการคำนวณแบบหยาบ (average-based) ไปสู่การคำนวณแบบ dynamic และ context-specific

จากเดิมองค์กรมักใช้ emission factor แบบค่าเฉลี่ย เช่น ไฟฟ้า 1 kWh = X $kgCO_2$ (ค่าเฉลี่ยประเทศ) ดีเซล 1 ลิตร = Y $kgCO_2$ แต่ในความเป็นจริง การปล่อยคาร์บอนมีความผันผวนตามหลายปัจจัย เช่น แหล่งพลังงาน (Renewable vs Fossil) เวลาใช้งาน (Peak vs Off-peak) และประสิทธิภาพเครื่องจักร ซึ่ง AI สามารถใช้ข้อมูล real-time และ historical data เพื่อปรับค่า emission factor ให้ “เฉพาะเจาะจง” มากขึ้น เช่น การใช้ grid emission factor แบบรายชั่วโมงแทนค่าเฉลี่ยทั้งปี

นอกจากนี้ ความแม่นยำของการคำนวณขึ้นอยู่กับความละเอียดของ activity data ซึ่ง AI สามารถช่วยแยกข้อมูลระดับกระบวนการผลิต (Process-level) การวิเคราะห์การใช้พลังงานต่อ unit product และการเชื่อมโยงข้อมูลกับ line production จริง ยกตัวอย่าง จากเดิมที่คำนวณคาร์บอนระดับโรงงานสามารถปรับเป็นระดับสินค้าแต่ละชนิด หรือแต่ละ batch การผลิต ซึ่งช่วยให้การตัดสินใจมีความแม่นยำมากขึ้น

ในการคำนวณคาร์บอนที่ดีไม่ใช่แค่ได้ตัวเลข แต่ต้องรู้ว่าตัวเลขนั้นเชื่อถือได้แค่ไหน ซึ่ง AI สามารถช่วยในเรื่องการวิเคราะห์ sensitivity ของตัวแปร การประเมิน uncertainty range และการระบุจุดที่ข้อมูลมีความเสี่ยงสูง ซึ่งจะช่วยให้ผู้บริหารเข้าใจความเสี่ยงในการตัดสินใจ

อีกทั้งในการคำนวณ จากเดิมที่คำนวณปีละครั้ง AI ทำให้สามารถคำนวณแบบ near real-time และ continuous update ซึ่งจะทำให้องค์กรสามารถติดตาม carbon KPI แบบทันที เปรียบเทียบ performance รายวัน/รายสัปดาห์ และปรับปรุงกระบวนการได้รวดเร็ว

4. Real-time Dashboard

Real-time Dashboard เป็นหน้าต่างของระบบ Carbon Intelligence ที่เปลี่ยนข้อมูลคาร์บอนจากตัวเลขเชิงเทคนิคให้กลายเป็นข้อมูลเพื่อการตัดสินใจ ที่ผู้บริหารสามารถเข้าใจและนำไปใช้ได้ทันที โดยการผสาน AI, Big Data และ Data Visualization ทำให้การติดตามคาร์บอนเปลี่ยนจากรายงานย้อนหลัง สู่การบริหารแบบเรียลไทม์ นอกจากนี้ Dashboard ไม่ได้แค่แสดงผล แต่ยังสามารถแจ้งเตือนได้ เช่น การใช้พลังงานสูงผิดปกติ การปล่อยคาร์บอนเกิน threshold หรือเกิดความผิดปกติของเครื่องจักร ด้วยการใช้ AI Anomaly Detection ที่สามารถตรวจจับความผิดปกติแบบอัตโนมัติ และแจ้งเตือนทันที (Real-time Alert) ช่วยให้ลดความเสี่ยงด้านต้นทุนและสิ่งแวดล้อม

นอกจากนี้ Dashboard สมัยใหม่ไม่ได้หยุดที่การแสดงผล แต่สามารถ “จำลองสถานการณ์” เช่น

- ถ้าลดการใช้พลังงาน 10% ค่าของ CO_2 จะลดเท่าไร
- ถ้าเปลี่ยน supplier จะเกิดผลกระทบต่อ Scope 3 เป็นอย่างไร
- ถ้าใช้ renewable energy จะช่วยให้ลด carbon ได้กี่เปอร์เซนต์

บริบทประเทศไทย: โอกาสและความท้าทาย

มุมมองที่เป็นโอกาส

1. แรงกดดันจากการค้าโลกเป็นตัวเร่งในการใช้ AI

มาตรการด้านสิ่งแวดล้อมระหว่างประเทศ เช่น CBAM และข้อกำหนด ESG จากคู่ค้าในยุโรปและสหรัฐฯ กำลังบังคับให้ผู้ส่งออกไทยต้องมีข้อมูลคาร์บอนที่ตรวจสอบได้ ดังนั้น AI จะเข้ามาช่วยให้การคำนวณคาร์บอนรวดเร็วและแม่นยำ การจัดทำรายงานสอดคล้องกับมาตรฐานสากล เช่น Greenhouse Gas Protocol และลดความเสี่ยงในการถูกกีดกันทางการค้า โดยเฉพาะอุตสาหกรรมหลักของไทย เช่น อาหาร ยานยนต์ และอิเล็กทรอนิกส์

2. Leapfrogging ข้ามข้อจำกัดเดิม

ประเทศไทยมีข้อได้เปรียบคือสามารถข้ามขั้นจากระบบ manual ไปสู่ digital และ AI ได้ทันที โดยไม่ต้องลงทุนในระบบเก่ามาก เช่น

- ใช้ cloud-based carbon platform
- ใช้ AI แทนการสร้างทีมผู้เชี่ยวชาญขนาดใหญ่
- ใช้ IoT + dashboard แทนการเก็บข้อมูลแบบกระดาษ

ทำให้ SMEs สามารถเข้าถึงระบบ Carbon Management ได้เร็วขึ้นกว่าที่เคย

3. การสนับสนุนจากภาครัฐ

หน่วยงานสำคัญของไทย เช่น องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) (TGO) มีบทบาทในการพัฒนาแนวทาง Carbon Footprint (CFO, CFP) สร้างฐานข้อมูล emission factor และสนับสนุนเครื่องมือคำนวณ หากมีการบูรณาการ AI เข้าไปเพิ่มเติม เช่น national carbon data platform จะช่วยยกระดับทั้งประเทศ

4. เชื่อมโยงกับ Industry 4.0 และ Green Productivity

การใช้ AI ด้านคาร์บอนไม่ได้แยกจากการพัฒนาอุตสาหกรรม แต่เชื่อมโยงกับ Smart Factory Digital Transformation และ Green Productivity ดังนั้นองค์กรที่ลงทุนใน AI เพื่อเพิ่มผลิตภาพอยู่แล้ว สามารถต่อยอดมาสู่ Carbon Management ได้ทันที ทำให้เกิด synergy ระหว่างประสิทธิภาพและความยั่งยืน

<u>มุมมองที่เป็นความท้าทาย</u>

1. โครงสร้างข้อมูลยังไม่พร้อม (Data Fragmentation)

ปัญหาหลักของไทยคือข้อมูลกระจัดกระจาย โดยSMEs จำนวนมากไม่มีระบบ ERP ข้อมูลยังอยู่ใน Excel หรือเอกสาร และไม่มีมาตรฐานข้อมูลกลาง ทำให้ AI ไม่สามารถทำงานได้เต็มประสิทธิภาพ ซึ่งความท้าทายสำคัญคือ “Data Infrastructure” มากกว่า “AI Technology”

2. Scope 3 และ Supply Chain

Supply chain ของไทยมีลักษณะกระจายตัว มีผู้ประกอบการขนาดเล็กจำนวนมาก และขาดความรู้ด้านคาร์บอน ทำให้การเก็บข้อมูล Scope 3 เป็นเรื่องยาก แม้ AI จะช่วย estimate ได้ แต่ความแม่นยำยังขึ้นอยู่กับความร่วมมือของ supplier และการสร้าง ecosystem ด้านข้อมูล

3. ช่องว่างทักษะ (AI & Carbon Skills Gap)

หนึ่งในอุปสรรคสำคัญของการนำ AI มาใช้ด้าน Carbon Footprint ในประเทศไทยคือ “ช่องว่างทักษะ” ที่ยังมีอยู่สูง บุคลากรส่วนใหญ่มักเชี่ยวชาญเพียงด้านใดด้านหนึ่ง เช่น Data/AI หรือสิ่งแวดล้อม แต่ขาดความเข้าใจแบบบูรณาการระหว่าง Carbon Accounting ตามมาตรฐานอย่าง Greenhouse Gas Protocol กับการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงลึก ส่งผลให้การพัฒนาโมเดลหรือระบบจริงยังจำกัดอยู่ในองค์กรขนาดใหญ่ นอกจากนี้ยังขาดทักษะด้าน Data Governance, ESG analytics และการแปลผลข้อมูลเพื่อการตัดสินใจเชิงกลยุทธ์ ทำให้ AI ยังไม่สามารถสร้างมูลค่าเชิงธุรกิจ ได้เต็มศักยภาพในหลายองค์กรไทย

บริบทประเทศไทยสะท้อนให้เห็นว่า AI ไม่ใช่เพียงเทคโนโลยี แต่เป็นเครื่องมือเชิงยุทธศาสตร์ที่สามารถยกระดับขีดความสามารถการแข่งขันของประเทศในยุคเศรษฐกิจคาร์บอนต่ำ โอกาสของไทยอยู่ที่การก้าวกระโดดไปสู่ระบบดิจิทัลและ AI ได้อย่างรวดเร็ว ขณะที่ความท้าทายอยู่ที่โครงสร้างพื้นฐานข้อมูล บุคลากร และระบบนิเวศ หากสามารถแก้โจทย์ทั้ง 3 ด้านนี้ได้ AI จะไม่เพียงช่วยวัดคาร์บอน แต่จะกลายเป็นกลไกหลักในการเปลี่ยนผ่านเศรษฐกิจไทยสู่ความยั่งยืนอย่างแท้จริง

<u>เอกสารอ้างอิง</u>

1. องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) (TGO). (2565–2567). *แนวทางการจัดทำคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร (CFO) และผลิตภัณฑ์ (CFP)*.
2. สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน. (2023). *Thailand Energy Statistics*. https://www.eppo.go.th/index.php/th/informationservices/ct-menu-item-56
3. International Energy Agency. (2017). *Digitalisation and Energy*. https://iea.blob.core.windows.net/assets/b1e6600c-4e40-4d9c-809d-1d1724c763d5/DigitalizationandEnergy3.pdf
4. Boston Consulting Group. (2023). *Accelerating Climate Action with AI*. https://web-assets.bcg.com/72/cf/b609ac3d4ac6829bae6fa88b8329/bcg-accelerating-climate-action-with-ai-nov-2023-rev.pdf
5. World Economic Forum. (2023). *Harnessing Artificial Intelligence for the Earth*. https://www3.weforum.org/docs/Harnessing_Artificial_Intelligence_for_the_Earth_report_2018.pdf