การศึกษามาตรฐานและแนวทางการบูรณาการ ข้อกำหนดการออกแบบและการรับรองศูนย์ข้อมูลในประเทศไทย

A STUDY OF STANDARDS AND INTEGRATION GUIDELINES FOR DATA CENTER DESIGN AND CERTIFICATION IN THAILAND

สิทธิพงษ์ หอมเกตุ
วรานนท์ คงสง
สาขาการตรวจสอบและกฎหมายวิศวกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง
waranon.k@rumail.ru.ac.th
ชัยวัฒน์ ภู่วรกุลชัย
สาขาการตรวจสอบและกฎหมายวิศวกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง
irrman2002@gmail.com
[1]นักศึกษาระดับปริญญาเอก สาขาการตรวจสอบและกฎหมายวิศวกรรม มหาวิทยาลัยรามคำแหง
6719772004@rumail.ru.ac.th

บทคัดย่อ

อุตสาหกรรมศูนย์ข้อมูลในประเทศไทยมีอัตราการเติบโตอย่างก้าวกระโดดในยุคดิจิทัลนี้ ผู้วิจัยเล็งเห็นถึงความจำเป็นในการศึกษามาตรฐานและแนวทางการบูรณาการ ข้อกำหนดการออกแบบและการรับรองศูนย์ข้อมูลอย่างรอบด้าน ด้วยระเบียบวิธีวิจัยเชิงคุณภาพ การวิเคราะห์และสังเคราะห์เอกสารอย่างเป็นระบบ พบว่า งานวิจัย บทความ และมาตรฐานที่เกี่ยวข้องในปัจจุบัน ยังขาดการบูรณาการในเชิงองค์รวม โดยเนื้อหาส่วนใหญ่มุ่งเน้นเพียงมิติใดมิติหนึ่ง ยังขาดการเชื่อมโยงอย่างเพียงพอในด้านกฎหมายและข้อกำหนดท้องถิ่น นอกเหนือจากข้อกำหนดด้านความพร้อมใช้งาน (Availability) แล้ว ยังพบว่า ศูนย์ข้อมูลเชิงพาณิชย์ที่ยื่นขออนุญาตใหม่ ควรมีมาตรฐานขั้นต่ำในระดับ TIA-942 Rated-3, Uptime Tier III หรือ BICSI Class 3 ขึ้นไป เพื่อให้สอดคล้องกับหลักเกณฑ์และวิธีการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน ตามที่กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (DEDE) กระทรวงพลังงานกำหนด นอกจากนี้ ยังจำเป็นต้องพิจารณาหลักเกณฑ์ตาม “คู่มือการขอรับการส่งเสริมการลงทุน พ.ศ. 2568 (ฉบับปรับปรุง)” ของสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมการลงทุน (BOI) เพื่อให้การดำเนินงานเป็นไปในทิศทางเดียวกันอย่างมีประสิทธิภาพ การบูรณาการข้อกำหนดและมาตรฐานต่าง ๆ เหล่านี้เข้าสู่กรอบการประเมินมาตรฐาน (Standard Assessment Framework) และพัฒนาแนวปฏิบัติในการตรวจสอบการออกแบบและการรับรอง (Code of Practice: CoP) จะเป็นกลไกสำคัญในการยกระดับและพัฒนาอุตสาหกรรมศูนย์ข้อมูลของประเทศไทยให้เติบโตอย่างยั่งยืนในอนาคต

คำสำคัญ: มาตรฐานศูนย์ข้อมูล, ศูนย์ข้อมูลคลาวด์, ศูนย์ข้อมูลอินเทอร์เน็ต

Abstract

The data center industry in Thailand has experienced exponential growth in the digital era. Recognizing the need for a comprehensive study of standards and integration approaches, this research adopts a qualitative methodology, employing systematic analysis and synthesis of relevant literature and documentation. The findings reveal that existing research, articles, and standards tend to focus on isolated dimensions, lacking holistic integration—particularly in terms of legal frameworks and local regulatory requirements. Beyond considerations of availability, it is recommended that newly proposed commercial data centers meet at least the minimum standards of TIA-942 Rated-3, Uptime Tier III, or BICSI Class 3. This alignment ensures compliance with the design principles for energy-efficient buildings as stipulated by the Department of Alternative Energy Development and Efficiency (DEDE), Ministry of Energy. Furthermore, it is essential to incorporate guidelines from the “Investment Promotion Application Manual B.E. 2568 (Revised Edition)” issued by the Board of Investment (BOI), to ensure operational consistency and effectiveness. Integrating these diverse standards and requirements into a unified Standard Assessment Framework, along with the development of a Code of Practice (CoP) for design verification and certification, will serve as a critical mechanism for elevating and sustainably advancing Thailand’s data center industry.

Keywords: Data Center Standard, Cloud Data Center-CDC, Internet Data Center-IDC

บทนำ

การเปลี่ยนผ่านสู่ยุคดิจิทัล (Digital Transformation) ส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของอุตสาหกรรมศูนย์ข้อมูลขนาดใหญ่เป็นจำนวนมาก จากข้อมูลในปี 2568 (Cloudscene.com, 2025) มีศูนย์ข้อมูลขนาดใหญ่จำนวนมากถึง 12,013 แห่ง โดยประเทศที่มีศูนย์ข้อมูลมากที่สุด คือ ประเทศสหรัฐอเมริกา 5,427 แห่ง ลำดับต่อมาคือประเทศเยอรมนี 529 แห่ง ประเทศอังกฤษ 523 แห่ง สำหรับภูมิภาคนี้ ประเทศจีน 449 แห่ง ประเทศญี่ปุ่น 222 แห่ง ประเทศฮ่องกง 122 แห่ง ประเทศสิงคโปร์ 99 แห่ง ประเทศอินโดนีเซีย 86 แห่ง ประเทศมาเลเซีย 62 แห่ง ประเทศเวียดนาม 33 แห่ง สำหรับประเทศไทยปัจจุบันมีศูนย์ข้อมูลขนาดใหญ่ 42 แห่ง โดยคาดการณ์การเติบโตในอุตสาหกรรมนี้ในอัตราที่สูงเฉลี่ย 7.5-8.5% ระหว่างปี 2568-2570 (รพีภูมิ

ลาภมาก, 2568) สืบเนื่องมาจากหน่วยงานและองค์กรต่างๆ ซึ่งใช้ข้อมูลในการประมวลผลเพื่อการวางแผนเชิงกลยุทธ์ การดำเนินกิจกรรมและธุรกิจ โดยกลุ่มหลักที่มีส่วนขับเคลื่อนหลัก คือ กลุ่มธุรกิจเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร กลุ่มการเงินและการธนาคาร และกลุ่มประกันภัย นอกจากนี้นโยบายภาครัฐด้านการส่งเสริมการลงทุนสำหรับต่างชาติก็มีส่วนส่งเสริมอุตสาหกรรมศูนย์ข้อมูลในประเทศไทยที่มีสำคัญมากเช่นกัน จากการเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วของศูนย์ข้อมูลข้างต้น แม้ว่าจะเป็นโอกาสในการขับเคลื่อนอุตสาหกรรมสำหรับประเทศไทยให้เติบโตได้ทั้งด้านเศรษฐกิจและเทคโนโลยี แต่ปัจจุบันยังมีผู้มีความรู้ความเชี่ยวชาญเฉพาะทางไม่มากนัก และยังมีมาตรฐานการออกแบบ การรับรอง ข้อกำหนด รวมถึงบทความ บทวิจัย ที่จำเป็นต้องศึกษาบูรณาการเพื่อสร้างกรอบแนวคิดและแนวปฏิบัติด้านการออกแบบและรองรับการตรวจสอบรับรองศูนย์ข้อมูลได้อย่างเหมาะสมตามสากล

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษามาตรฐานและแนวทางการบูรณาการข้อกำหนดการออกแบบและการรับรองศูนย์ข้อมูลในประเทศไทย นำไปสู่การพัฒนารายละเอียดเพิ่มเติมสำหรับการออกแบบ กรอบแนวความคิด และแนวปฏิบัติที่ประยุกต์ใช้ได้ สามารถรองรับการตรวจสอบรับรองศูนย์ข้อมูลทั้งในบริบทของประเทศไทยและสากล

ขอบเขตการวิจัย

การวิจัยนี้ ศึกษามาตรฐาน ข้อกำหนด บทวิจัย บทความ และเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบและการรับรองศูนย์ข้อมูลมาตรฐานขนาดใหญ่เชิงพาณิชย์ในประเทศไทย ดังต่อไปนี้

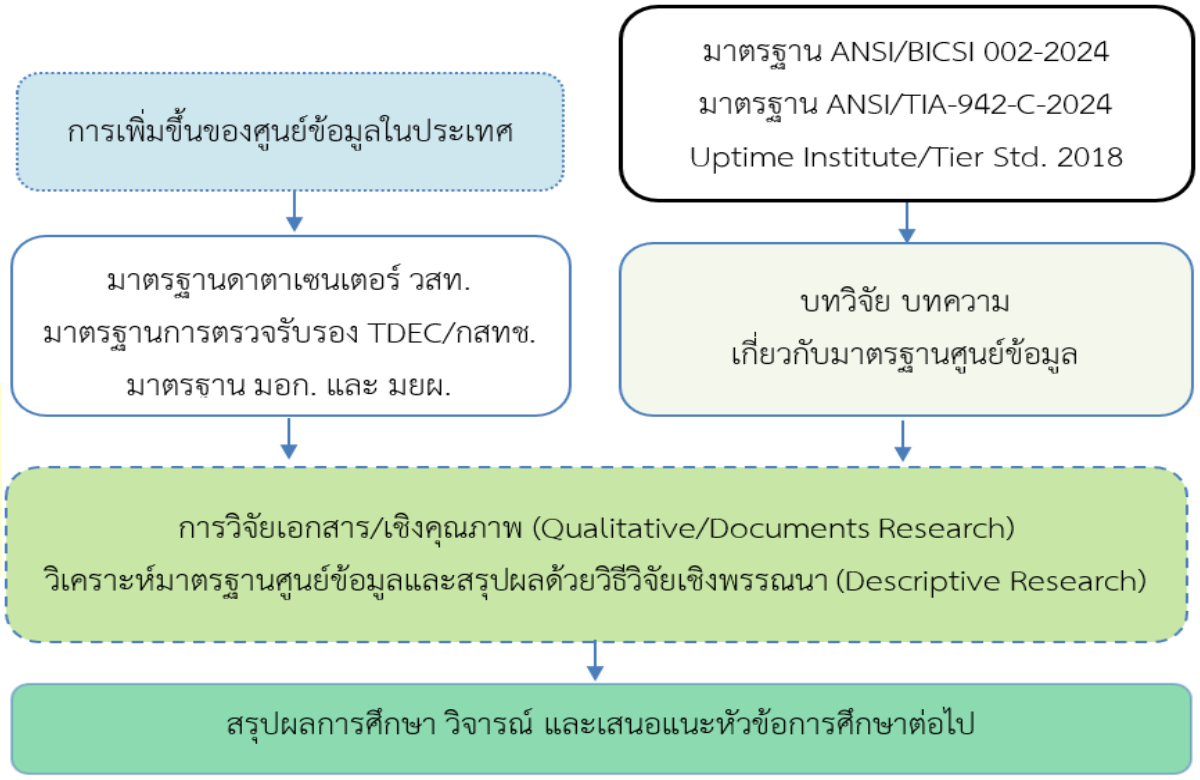
1. ANSI/TIA-942-C-2024
2. ANSI/BICSI 002-2024
3. Uptime Institute/Tier Standard 2018
4. มาตรฐานศูนย์ข้อมูลสำหรับประเทศไทย พ.ศ. 2559 และส่วนเพิ่ม 1 พ.ศ. 2565

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการงานวิจัยเชิงคุณภาพ (Qualitative Research) โดยรวบรวมเอกสาร มาตรฐาน เพื่อวิเคราะห์ทั้งสำหรับประเทศไทยและสากล (Document Analysis) สรุปผลการวิจัยเชิงพรรณนา (Descriptive Research) ภายใต้กรอบแนวคิดการวิจัย ภาพที่ 1

ผลการวิจัย

มาตรฐานศูนย์ข้อมูล กรณีอ้างอิงตามความสามารถในการใช้งานหรือความพร้อมใช้ (Availability) หรือในทางกลับกัน คือ การยอมให้ระบบหยุดการทำงานชั่วครู่ (Downtime) ทั้งนี้ประเทศไทยอ้างอิงมาตรฐานจากประเทศสหรัฐอเมริกาเป็นสำคัญ โดย ANSI/TIA-942-C-2024 และ Uptime Institute แบ่งระดับของศูนย์ข้อมูลเป็น TIA/Tier Level ตั้งแต่ 1 ถึง 4 แตกต่างกับ ANSI/BICSI 002-2024 จะแบ่งระดับศูนย์ข้อมูลเป็น Class ตั้งแต่ 0 ถึง 4 ซึ่งสามารถเปรียบเทียบให้เข้าใจง่ายตาม **ตารางที่ 1**



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบมาตรฐานอ้างอิงสำหรับการออกแบบและรับรองศูนย์ข้อมูล

TIA-942	Level	Uptime Institute/Tier	BICSI 002	Level
(คู่มือ)	*-ไม่มี-*	*-ไม่มี-*	ความพร้อมใช้ 99.0% หยุดระบบได้ปีละ 87.6 ชั่วโมง ไม่มีระบบสำรอง (N) พื้นฐาน	Class 0
TIA 1	Tier I	ความพร้อมใช้ 99.671% หยุดระบบได้ปีละ 28.8 ชั่วโมง ไม่ระบบสำรอง (N) พื้นฐาน	ระบบไฟฟ้าทางเดียว หยุดระบบได้ปีละ 28.8 ชั่วโมง ไม่มีระบบสำรอง (N) หรือ (N+0.5)	Class 1
TIA 2	Tier II	ความพร้อมใช้ 99.749% หยุดระบบได้ปีละ 22.0 ชั่วโมง ระบบสำรองส่วนหลัก (N+1)	ระบบไฟฟ้าทางเดียว หยุดระบบได้ปีละ 22.0 ชั่วโมง ระบบสำรองส่วนหลัก (N+1)	Class 2
TIA 3	Tier III	ความพร้อมใช้ 99.982% หยุดระบบได้ปีละ 1.6 ชั่วโมง ระบบสำรองทุกระบบ (N+1)	ระบบไฟฟ้าคู่ขนาน หยุดระบบได้ปีละ 1.6 ชั่วโมง (95น.) ระบบสำรองทุกระบบ (2N)/(N+1)	Class 3
TIA 4	Tier IV	ความพร้อมใช้ 99.995% หยุดระบบได้ปีละ 0.4 ชั่วโมง ระบบสำรองอิสระ 2(N+1)	ระบบไฟฟ้าคู่ขนาน หยุดระบบได้ปีละ 0.4 ชั่วโมง (26น.) ระบบสำรองอิสระ 2(N+1)	Class 4

มาตรฐาน ANSI/TIA-942-C-2024 เป็นคู่มือการออกแบบโดยไม่มีการออกใบรับรองศูนย์ข้อมูลแต่อย่างใด แตกต่างจาก ANSI/BICSI 002-2024 และองค์กรเอกชนอย่างเช่น Uptime Institute ที่มีมาตรฐานการออกแบบและสามารถออกใบรับรองรองมาตรฐานศูนย์ข้อมูลได้ ทั้งนี้สำหรับประเทศไทย สถาบันประเมินและรับรองเทคโนโลยีดิจิทัล (Digital Technology Evaluation and Certification Institute: TDEC) ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ (National Electronics and Computer Technology Center: NECTEC) ก็สามารถดำเนินการตรวจสอบ รับรองการออกแบบและรับรองมาตรฐานศูนย์ข้อมูลได้เช่นเดียวกัน โดยอ้างอิงมาตรฐาน วสท.022012 เป็นสำคัญ มีอายุคราวละ 2 ปี ตามภาพรวมในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ภาพรวมองค์ประกอบ มาตรฐานอ้างอิง และรายละเอียดสำหรับการรับรองศูนย์ข้อมูล

องค์ประกอบ	มาตรฐานอ้างอิง	รายละเอียด
1: ทำเล และสถานที่ตั้ง	วสท. 022012	1.1 การระบุความเสี่ยงของทำเลที่ตั้ง
	ISO/IEC TS 22237-2	1.2 การจัดเตรียมพื้นที่
		1.3 การวิเคราะแนวโน้มความเปลี่ยนแปลง
2: โครงสร้างสถาปัตยกรรม	วสท. 022012, มยผ.1302	2.1 ข้อกำหนดอาคารสถานที่
	ISO/IEC TS 22237-2	2.2 ข้อกำหนดเฉพาะห้องคอมพิวเตอร์
3: ระบบไฟฟ้า	วสท. 022012	3.1 การจัดประเภทการจ่ายระบบไฟฟ้า
	ISO/IEC TS 22237-3	3.2 ระบบกำลังไฟฟ้าและการจ่ายกำลังไฟฟ้า
		3.3 การป้องกันทางกายภาพ
		3.4 ประสิทธิภาพการใช้พลังงาน
4: ระบบปรับสภาพอากาศ	วสท. 022012	4.1 การควบคุมสภาพแวดล้อม
	ISO/IEC TS 22237-4	4.2 การปรับสภาพอากาศ
		4.3 การป้องกันทางกายภาพ
		4.4 การจัดประเภททางกล
5: ระบบโทรคมนาคม	วสท. 022012	5.1 การจัดประเภทระบบโทรคมนาคม
	ISO/IEC TS 22237-5	5.2 ระบบโทรคมนาคมและการเดินสาย
		5.3 ประสิทธิภาพการใช้พลังงาน
6: ระบบป้องกันภัย	วสท. 022012	6.1 การระบุภัย และความเสี่ยง
	ISO/IEC TS 22237-6	6.2 การเตรียมการป้องกัน
		6.3 มาตรการรับมือภัย
7: ระบบความมั่นคงสารสนเทศ	มอก. 27001	7.1 การระบุภัย และความเสี่ยง
	ISO/IEC 27001	7.2 การเตรียมการป้องกันไซเบอร์
		7.3 มาตรการรับมือภัยไซเบอร์
8: ระบบบริหารจัดการ	วสท. 022012	8.1 การกำหนดเป้าหมาย เตรียมสารสนเทศ
	ISO/IEC TS 22237-7	8.2 การจัดการทรัพยากร
		8.3 การตรวจสอบ และเฝ้าระวังสมรรถนะ
		8.4 ขั้นตอนการดำเนินการ
		8.5 การบริหารจัดการ

อภิปรายผล

มาตรฐานการออกแบบและรับรองศูนย์ข้อมูลสำหรับประเทศไทยจำเป็นต้องศึกษาหลายมาตรฐานประกอบกันไป ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับผู้ลงทุนและกลุ่มลูกค้าผู้ใช้บริการศูนย์ข้อมูล สำหรับมาตรฐานศูนย์ข้อมูลสำหรับประเทศไทย (วสท.022012) มีเนื้อหาสอดคล้องตามมาตรฐานสากลจึงสามารถนำมาประยุกต์ใช้เทียบเท่าได้ นอกจากนี้ ข้อกำหนดตามพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522 และที่แก้ไขเพิ่มเติม กฎหมายอาคารอนุรักษ์พลังงาน (Building Energy Code: BEC) และหลักเกณฑ์ตามคู่มือการขอรับการส่งเสริมการลงทุน 2568 ฉบับปรับปรุง โดยสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมการลงทุน (Board of Investment: BOI) ก็มีความจำเป็นที่จะต้องศึกษาและดำเนินการให้สอดคล้องด้วยเช่นเดียวกัน

ข้อเสนอแนะ

1. การออกแบบศูนย์ข้อมูล ควรพิจารณาอ้างอิงตามมาตรฐานที่เป็นที่ยอมรับในระดับสากล และควรได้รับการตรวจรับรองจากสถาบันที่เป็นที่ยอมรับในระดับสากลเช่นเดียวกัน สำหรับระดับคุณภาพศูนย์ข้อมูลที่น่าเชื่อถือ คือ ตั้งแต่ระดับ Tier III ขึ้นไป โดยยอมให้หยุดการทำงานชั่วครู่ได้ไม่เกินปีละ 1.6 ชั่วโมง (95 นาที) และสำหรับระดับ Tier IV ยอมให้หยุดการทำงานชั่วครู่เพียงไม่เกินปีละ 0.4 ชั่วโมง (26 นาที) โดยมากใช้ในศูนย์ข้อมูลหลักของธนาคาร ทั้งนี้ต้องแลกมาด้วยค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างและการดำเนินการที่สูงขึ้นอย่างมาก ดังนั้น ระดับ Tier III จึงเป็นที่นิยมและยังผ่านเกณฑ์อาคารอนุรักษ์พลังงานสำหรับประเทศไทยด้วย

2. มาตรฐาน ข้อกำหนด บทวิจัยและบทความ ส่วนใหญ่มีเนื้อหาเพียงมิติเดียว เช่น มาตรฐานการออกแบบ มาตรฐานการรับรองระดับคุณภาพ ระบบเครือข่าย ความปลอดภัยของข้อมูล และการปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงาน ยังขาดการบูรณาการแบบเบ็ดเสร็จในแง่ของกฎหมายและข้อกำหนดท้องถิ่น ทั้งนี้เพื่อสร้างกรอบการประเมินคุณภาพ (Quality Assessment Framework) ที่สอดคล้องทั้งด้านวิชาการและการปฏิบัติการ สู่แนวปฏิบัติการตรวจสอบ (Code of Practice: CoP) เพื่อพัฒนาอุตสาหกรรมศูนย์ข้อมูลให้ยั่งยืนสำหรับประเทศไทย

เอกสารอ้างอิง

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, กระทรวงพลังงาน. (2563). *มาตรฐานหลักเกณฑ์และวิธีการในการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน*. สำนักพิมพ์ศูนย์วิจัยและจัดการทางด้านพลังงาน มหาวิทยาลัยนเรศวร

รพีภูมิ ลาภมาก. (2568). แนวโน้มธุรกิจ/อุตสาหกรรม ปี 2568-70 อุตสาหกรรมดาต้าเซนเตอร์. *วิจัยกรุงศรี*. มีนาคม 2568.

สถาบันประเมินและรับรองเทคโนโลยีดิจิทัล. (2563). *ความสำคัญของระบบตรวจสอบรับรองที่มีต่อผลิตภัณฑ์และดาตาเซนเตอร์สำหรับประเทศไทย.* ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ. ปทุมธานี

สมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์. (2559). *มาตรฐานดาตาเซนเตอร์สำหรับประเทศไทย พ.ศ. 2559 วสท.022012-59*. พิมพ์ครั้งที่ 1. มีนาคม. สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพมหานคร.

สมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์. (2565). *มาตรฐานดาตาเซนเตอร์สำหรับประเทศไทย พ.ศ. 2565 ส่วนเพิ่ม 1. วสท.022012-22*. พิมพ์ครั้งที่ 1. มิถุนายน. สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพมหานคร.

สมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์. (2566). *คู่มือเทคนิคการตรวจสอบอาคารเพื่อความปลอดภัย (สำหรับการตรวจสอบอาคารตามกฎหมาย)*. พิมพ์ครั้งที่ 4. สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพมหานคร.

สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมการลงทุน. (2568). *คู่มือการขอรับการส่งเสริมการลงทุน 2568 (ฉบับปรับปรุง)* กันยายน. กิจการโครงสร้างพื้นฐานด้านดิจิทัล หน้า 123-127

Alfonso Capozzoli, Gianluca Serale, Lucia Liuzzo, and Marta Chinici. (2014). Thermal Metrics For Data Centers: A Critical Review. Elsevier/ScienceDirect 6th International. pp.391-400. *Conference on Sustainability in Energy and Buildings*, FEB-14. Italy

American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. (2019). *ANSI/ASHRAE/IES Standard 90.4-2019 Energy Standard for Data Centers.* ASHRAE Publications.

Andrew Higgins. (2025). *What Is Water Usage Effectiveness (WUE) in Data Centers?*

Ashkan Safari, Hoda Sorouri, Afshin Rahimi, and Arman Oshnoei. (2025). A Systematic Review of Energy Efficiency Metrics for Optimizing Cloud Data Center Operation and Management. *MDPI AG. Electronics 2025*, 14, 2214. Switzerland.

BICSI International Standard. (2024). *ANSI/BICSI 002-2024 Data Center Design and Implementation Best Practice.* BICSI Publications.

Cloudscene.com (2025). *Datacenters in Asia Pacific* [ออนไลน์]. ค้นเมื่อ 13 กันยายน 2568, จาก: https://cloudscene.com/region/datacenters-in-asia-pacific

Equinix Inc. (2024). *What is Water Usage Effectiveness*. Retrieved November 13, 2024, from https://blog.equinix.com/blog/2024/11/13/what-is-water-usage-effectiveness-wue-in-data-centers.

Haocheng Wu, Bofan Wu, Zanbin Wang. (2024). Research on the Overall Reliability of Data Centers. *Association for Computing Machinery*. pp.802-807. May 2024. USA.

International Standard. (2021). *ISO/IEC 22237 First Edition. Information Technology –Data Centre Facilities and Infrastructures*. Published in Switzerland.

Kaza Main Uddin Ahmed, Math H. J. Bollen, and Manuel Alvarez. (2021). A Review of Data Centers Energy Consumption and Reliability Modeling. *IEEE Access*. November 2021. USA.

Kirill Varnavskiy, Fedor Nepsha, Qingguang Chen, Alexander Ermakov, and Sergey Zhironkin. (2023). Reliability Assessment of the Configuration of Dynamic Uninterruptible Power Sources: A Case of Data Centers. *MDPI AG. Energies 2023*, 16(3). Switzerland.

Muhammad Shaukat, Waleed Alasmary, Eisa Alanazi, Junaid Shuja, Sajjad A. Madani, and Ching-Hsien Hsu. (2022). Balanced Energy-Aware and Fault-Tolerant Data Center Scheduling. *MDPI Sensors 2022*, 22, 1482. Switzerland.

Telecommunications Industry Association. (2024). *ANSI/TIA-942-C-2024 Telecommunications Infrastructure Standard for Data Centers. --Micro Edge Data Centers*. May. USA.

Uptime Institute. (2018). *Tier Standard: Topology* –the standard specification. USA.

VERTIV-Electrical Reliability Services. (2017*). Commissioning Your Data Center for Greater Availability, Safety, and Efficiency While Reducing Costs Throughout the Lifecycle*. USA