

การกำหนดค่าเป้าหมายความเชื่อถือได้ของระบบจำหน่ายไฟฟ้า โดยใช้การวิเคราะห์การโอบล้อมข้อมูล

Reliability target setting of power distribution systems using data envelopment analysis

ปิยะพร สินนารต^{1*} และ ดุลย์พิเชษฐ์ ฤกษ์ปรีดาพงศ์¹

Piyaporn Sinnart^{1*} and Dulpichet Rerkpreedapong¹

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอวิธีการวิเคราะห์การโอบล้อมข้อมูล (DEA) สำหรับการประเมินประสิทธิภาพของระบบจำหน่ายไฟฟ้าในแต่ละเขตพื้นที่ ได้แก่ เขตเมือง เขตอุตสาหกรรม และเขตชนบท เพื่อกำหนดค่าเป้าหมายดัชนีความเชื่อถือได้ของระบบจำหน่ายไฟฟ้าอย่างเหมาะสม โดยการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแต่ละ DMU (decision making unit) ซึ่งในงานวิจัยนี้คือ ฟีดเดอร์ของระบบจำหน่ายไฟฟ้า และพิจารณาอินพุตจากปัจจัยที่มีผลต่อความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้า ได้แก่ ความหนาแน่นของโหลดหรือผู้ใช้ไฟฟ้า ร้อยละของสายหุ้มฉนวน และจำนวนของอุปกรณ์ป้องกัน โดยที่เอาต์พุตพิจารณาจากค่าดัชนีความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้า ได้แก่ system average interruption frequency index (SAIFI) และ system average interruption duration index (SAIDI) ทั้งนี้ผู้วิจัยใช้โปรแกรม DEAP 2.1 ในการวิเคราะห์การโอบล้อมข้อมูล และนำผลลัพธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์มากำหนดค่าเป้าหมายความเชื่อถือได้ของแต่ละฟีดเดอร์ สำหรับการวางแผนการปรับปรุงความเชื่อถือได้ของระบบจำหน่ายไฟฟ้าให้เกิดประสิทธิภาพต่อไป

คำสำคัญ: ดัชนีความเชื่อถือได้ SAIFI SAIDI การวิเคราะห์การโอบล้อมข้อมูล

Abstract

This paper presents a Data Envelopment Analysis (DEA) based method to evaluate the efficiency of power distribution systems in urban, industrial, and rural areas, with the aim of setting appropriate reliability targets by comparing the performance of individual distribution feeders (known as Decision Making Units or DMUs), the DEA analysis considered factors such as load density, insulated cable percentage, and protective device count as inputs, and the reliability indices System Average Interruption Frequency Index (SAIFI) and System Average Interruption Duration Index (SAIDI) as outputs. The DEAP 2.1 software was used for the DEA analysis, and the results were analyzed to establish the reliability targets for individual feeders, in order to improve the reliability of the power distribution systems.

Keywords: reliability index, SAIFI, SAIDI, data envelopment analysis

¹ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

¹ Faculty of Engineering, Kasetsart University

* Corresponding author E-mail: piyaporn.sinna@ku.th

บทนำ

ระบบไฟฟ้าที่มีความเชื่อถือได้สูงเป็นปัจจัยสำคัญต่อการเติบโตของเศรษฐกิจ สังคมและความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีของประเทศ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในภาคอุตสาหกรรมที่มีความจำเป็นในการใช้พลังงานไฟฟ้าอย่างต่อเนื่อง ถ้าหากเกิดเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้องจะทำให้ส่งผลกระทบเป็นอย่างมาก เช่น อุตสาหกรรมปิโตรเคมีที่มีความสูญเสียต่อชั่วโมงมากกว่า 40 ล้านบาท ความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้าสามารถวัดได้ด้วยค่าดัชนีความเชื่อถือได้ ปัจจุบันมีการกำหนดค่าเป้าหมายความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้า โดยใช้ SAIFI หรือค่าเฉลี่ยความถี่ที่ระบบเกิดไฟฟ้าขัดข้องและ SAIDI หรือค่าเฉลี่ยระยะเวลาที่ระบบเกิดไฟฟ้าขัดข้อง ซึ่งเป็นค่าดัชนีความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้าที่ใช้กันอย่างแพร่หลายทั่วโลก (Bichpuriya, Navalkar, & Soman, 2011; Paci, Celo, & Bualoti, 2018; Thubphadung, 2019) ซึ่งในช่วงหลายปีที่ผ่านมาความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้ามีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ทำให้การไฟฟ้ามีโครงการปรับปรุงความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้าต่าง ๆ เช่น ปรับปรุงระบบจำหน่ายเดิมเป็นสายชนิดหุ้มฉนวน สายเคเบิลใต้ดิน และเซอร์กิตเบรกเกอร์ เป็นต้น (Kitsirisin, Teeraatchariyakun, Surapat, & Rerkpreedapong, 2016; Chaengauksorn, 2019; Thavitchasri, & Nanthaphunkul, 2022) เพื่อให้ทราบว่าการปรับปรุงระบบจำหน่ายไฟฟ้าแต่ละพื้นที่ควรปรับปรุงความเชื่อถือได้ไปถึงระดับใด บทความนี้จึงนำเสนอวิธีการตั้งค่าเป้าหมายดัชนีความเชื่อถือได้ของระบบจำหน่ายไฟฟ้า โดยใช้การวิเคราะห์การโอบล้อมข้อมูล (data envelopment analysis: DEA) ซึ่งเป็นวิธีการ

หนึ่งที่ได้รับคามนิยมในการกำหนดประสิทธิภาพของระบบไฟฟ้า โดยการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของระบบไฟฟ้า เพื่อให้ได้ค่าเป้าหมายที่เหมาะสมของแต่ละระบบไฟฟ้าโดยสอดคล้องตามปัจจัยที่มีอยู่ บทความนี้เสนอการกำหนดค่าเป้าหมายความเชื่อถือได้ของระบบจำหน่ายไฟฟ้า โดยใช้การวิเคราะห์การโอบล้อมข้อมูล (DEA) ในงานวิจัยได้นำเสนอ 2 กรณีศึกษา ได้แก่ จัดกลุ่มระบบจำหน่ายไฟฟ้าตามเขตพื้นที่ และไม่จัดกลุ่มระบบจำหน่ายไฟฟ้าตามเขตพื้นที่ เพื่อแสดงให้เห็นถึงวิธีการที่จะได้มาซึ่งค่าเป้าหมายดัชนีความเชื่อถือได้ที่เหมาะสมกับระบบจำหน่ายไฟฟ้าที่มีบริบทแตกต่างกัน ในอนาคตการไฟฟ้าสามารถใช้วิธีการดังกล่าว เพื่อเสนอระดับการให้บริการพลังงานไฟฟ้าในพื้นที่ธุรกิจและอุตสาหกรรม ซึ่งต้องการความเชื่อถือได้ของระบบจำหน่ายไฟฟ้าในระดับสูงต่อไป

วิธีการศึกษา

1. การวิเคราะห์การโอบล้อมข้อมูล (DEA)

เป็นวิธีการที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในการวัดประสิทธิภาพ ซึ่งเป็นการวัดเชิงเปรียบเทียบที่คำนวณได้สำหรับแต่ละหน่วยวิเคราะห์ (decision making unit: DMU) โดยนิยมนำมาใช้ในการวัดประสิทธิภาพองค์กรหรือหน่วยงาน เพื่อเป็นประโยชน์ในการพัฒนาและปรับปรุงองค์กรให้มุ่งสู่ความเป็นเลิศ (Sadjadi, & Omrani, 2008; Sueppongsakorn, 2012)

การวิเคราะห์การโอบล้อมข้อมูล (DEA) ใช้วิธีการคำนวณที่ไม่ใช้พารามิเตอร์ (non-parametric method) ที่มีพื้นฐานจากการโปรแกรมเชิงเส้น (linear programming) โดยการสร้างเส้นประสิทธิภาพหรือ efficiency frontier

อยู่ภายใต้สมมุติฐาน 2 แบบ คือ ผลตอบแทนต่อขนาดคงที่ (constant return to scale หรือ CRS) และผลตอบแทนต่อขนาดผันแปร (variable return to scale หรือ VRS) (Pahwa, Xiaoming, & Lubkeman, 2003) แต่เนื่องจากในแต่ละเขตพื้นที่นั้นมีความแตกต่างกันทางลักษณะทางกายภาพและอาจมีการดำเนินการที่มีความแตกต่างกัน ดังนั้นการวิเคราะห์การโอบล้อมข้อมูล (DEA) ในงานวิจัยนี้ จึงนำแบบจำลอง variable return to scale หรือ VRS มาใช้ในการวิเคราะห์ เนื่องจากแบบจำลอง VRS มีความยืดหยุ่นกว่า สามารถหาประสิทธิภาพของแบบจำลอง VRS ได้ดังสมการ (1-2)

$$\max \frac{\sum_{i=1}^n v_i y_{ik}}{\sum_{j=1}^m w_j x_{jk}} \quad (1)$$

$$\text{ภายใต้เงื่อนไข} \quad \frac{\sum_{i=1}^n v_i y_{ik}}{\sum_{j=1}^m w_j x_{jk}} \leq 1 \quad (2)$$

เมื่อ $x_{1k}, x_{2k}, \dots, x_{mk}$ คือ ข้อมูลอินพุต
 $y_{1k}, y_{2k}, \dots, y_{nk}$ คือ ข้อมูลเอาต์พุต
 $w_1, w_2, \dots, w_m$ คือ น้ำหนักของอินพุต
 โดยที่ $w_j \geq 0$
 $v_1, v_2, \dots, v_n$ คือ น้ำหนักของเอาต์พุต
 โดยที่ $v_i \geq 0$

จากสมการข้างต้นสามารถเปลี่ยนเป็น linear programming ได้ดังสมการที่ (3-5)

$$\max \sum_{i=1}^n v_i y_{ik} \quad (3)$$

$$\text{ภายใต้เงื่อนไข} \quad \sum_{i=1}^n w_j x_{jk} = 1 \quad (4)$$

$$\text{และ} \quad \sum_{i=1}^n v_i y_{ir} - \sum_{j=1}^m w_j x_{jr} \leq 0 \quad (5)$$

การเพิ่มประสิทธิภาพของ DMU ที่ไม่อยู่บนเส้นประสิทธิภาพ เพื่อให้มีประสิทธิภาพเท่ากับ frontier (Farrell, 1957; Sangsawang, & Chancharat, 2012) สามารถทำได้ 2 ลักษณะ ดัง (Figure 1) ดังนี้

1. input-oriented measures คือ ปรับลดค่าอินพุต โดยที่เอาต์พุตมีค่าเท่าเดิม (C')
2. output-oriented measures คือ ปรับเพิ่มค่าเอาต์พุต โดยที่อินพุตมีค่าเท่าเดิม (C'')

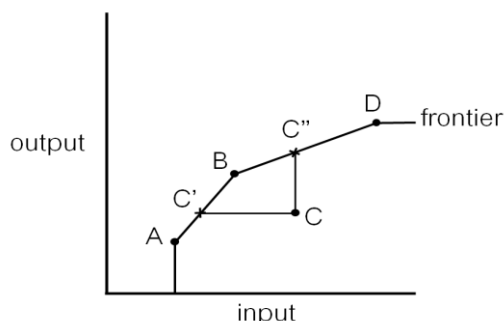


Figure 1 VRS frontier of DEA.

2. โปรแกรม DEAP2.1

DEAP2.1 เป็นโปรแกรมสำหรับการวิเคราะห์การโอบล้อมข้อมูล (DEA) (Unthong, 2004) โดยค่าพารามิเตอร์สำคัญที่ DEAP2.1 ใช้ในการวิเคราะห์การโอบล้อมข้อมูลมีดังนี้

1) NUMBER OF FIRMS	จำนวน DMU ที่ใช้ในการวิเคราะห์
2) NUMBER OF TIME PERIODS	จำนวนเวลา
3) NUMBER OF OUTPUTS	จำนวนข้อมูลเอาต์พุต
4) NUMBER OF INPUTS	จำนวนข้อมูลอินพุต
5) 0=INPUT AND 1=OUTPUT ORIENTATED	วิธีการเพิ่มประสิทธิภาพ DMU
6) 0=CRS AND 1=VRS	แบบจำลอง
7) 0=DEA(MULTI-STAGE), 1=COST-DEA, 2=MALMQUIST-DEA, 3=DEA(1-STAGE), 4=DEA(2-STAGE)	วิธีการ DEA ที่ใช้ในการวิเคราะห์ ในงานวิจัยนี้ใช้ การวิเคราะห์แบบ multi-stage เนื่องจากมีจำนวน ข้อมูลอินพุตและเอาต์พุตมากกว่า 1 ข้อมูล

3. ระบบจำหน่ายไฟฟ้า (power distribution system)

ระบบจำหน่ายไฟฟ้า เป็นระบบที่รับพลังงานจากสถานีไฟฟ้าเพื่อจำหน่ายไปยังผู้ใช้ไฟ ในงานวิจัยนี้

ได้ศึกษาระบบจำหน่ายไฟฟ้า 3 เขตพื้นที่ ได้แก่ เขตเมือง เขตชนบท และเขตอุตสาหกรรม ซึ่งมีรูปแบบการจ่ายไฟแบบเรเดียล ดัง (Figure 2)

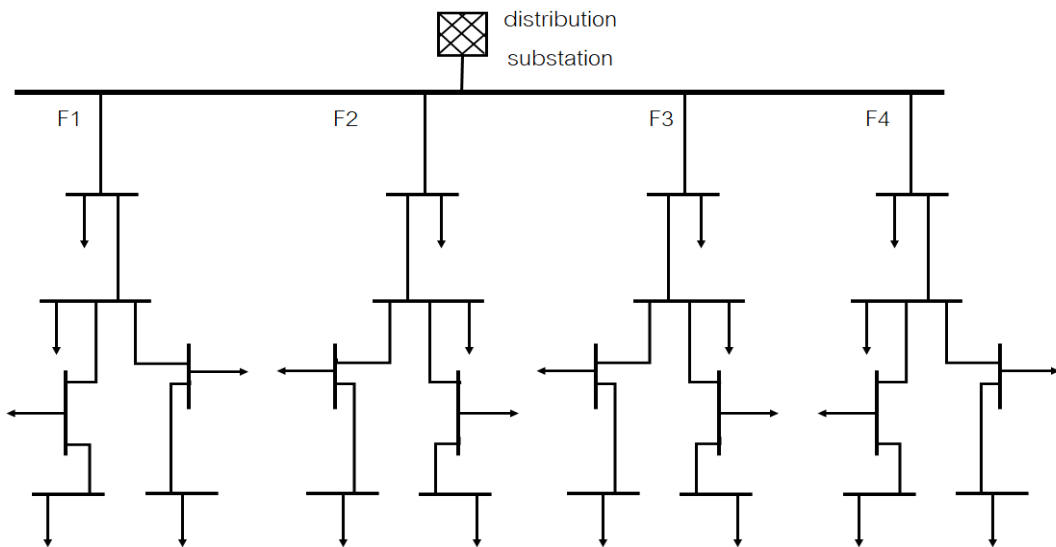


Figure 2 Single line diagram of power distribution systems.

4. การศึกษาข้อมูลเอาต์พุต (output)

พิจารณาใช้ค่าดัชนีความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้า ได้แก่

1. SAIFI (system average interruption

frequency index) เป็นค่าเฉลี่ยจำนวนครั้งไฟดับต่อผู้ใช้ไฟทั้งระบบ มีหน่วยเป็นครั้งต่อรายต่อปี เป็นค่า

ดัชนีที่บ่งชี้ความถี่ของเหตุการณ์ไฟฟ้าดับถาวรที่ผู้ใช้ไฟฟ้ารายหนึ่งประสบในช่วงเวลา 1 ปี สามารถคำนวณได้ ดังสมการ (6)

$$SAIFI = \frac{\sum_i N_i}{N_T} \quad (6)$$

2. SAIDI (system average interruption duration index) เป็นค่าเฉลี่ยระยะเวลาไฟฟ้าดับรวมต่อผู้ใช้ไฟฟ้าในระบบ มีหน่วยเป็นนาที่ต่อรายต่อปี เป็นค่าดัชนีที่บ่งชี้ระยะเวลาของเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้องถาวรที่ผู้ใช้ไฟฟ้ารายหนึ่งประสบในช่วงเวลา 1 ปี สามารถคำนวณได้ ดังสมการ (7)

$$SAIDI = \frac{\sum_i d_i N_i}{N_T} \quad (7)$$

เมื่อ N_i คือ จำนวนผู้ใช้ไฟฟ้าที่ได้รับผลกระทบจากเหตุการณ์ไฟฟ้าดับถาวร i

N_T คือ จำนวนผู้ใช้ไฟฟ้าทั้งหมดในระบบ

d_i คือ ระยะเวลาเวลาไฟฟ้าดับของเหตุการณ์ i หน่วยนาที่

5. การศึกษาข้อมูลอินพุต (input)

พิจารณาใช้ปัจจัยที่มีผลต่อความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้า ได้แก่

1. ความหนาแน่นของโหลดหรือผู้ใช้ไฟฟ้า (kVA/km) ระบบที่จ่ายไฟฟ้าให้ย่านธุรกิจหรือเมืองใหญ่ที่มีประชากรหนาแน่นย่อมได้เปรียบจากการมีสายป้อนหลายวงจรที่มีความยาวไม่มาก และสามารถเชื่อมต่อกันได้ ส่งผลให้ความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้าสูง

2. ร้อยละของสายหุ้มฉนวน ถ้ามีค่าสูงสามารถลดโอกาสเกิดไฟฟ้าดับหรือไฟฟ้าขัดข้องที่เกิดจากต้นไม้สัมผัสตัวนำ หรือเกิดจากสัตว์ได้

3. จำนวนของอุปกรณ์ป้องกัน (ชุด) หากเกิดไฟฟ้าลัดวงจร จำนวนอุปกรณ์ป้องกันที่เหมาะสมสามารถลดผลกระทบที่เกิดจากเหตุการณ์ไฟฟ้าดับได้มาก

ผลการศึกษา

งานวิจัยนี้ได้นำเสนอ 2 กรณีศึกษา คือ 1) จัดกลุ่มระบบจำหน่ายไฟฟ้าตามเขตพื้นที่ ได้แก่ เขตเมือง (A) เขตชนบท (B) เขตอุตสาหกรรม (C) และ 2) ไม่จัดกลุ่มตามเขตพื้นที่ ทั้งนี้ผู้วิจัยได้ใช้การวิเคราะห์การโอบล้อมข้อมูล (DEA) โดยใช้โปรแกรม DEAP2.1 (Unthong, 2004) ในรูปแบบของแบบจำลอง VRS โดยกำหนดให้ DMU คือ ฟีดเดอร์ของระบบจำหน่ายไฟฟ้า

1. กรณีศึกษาที่ 1 จัดกลุ่มระบบจำหน่ายตามเขตพื้นที่

จัดกลุ่มระบบจำหน่ายตามเขตพื้นที่ เนื่องจากแต่ละเขตพื้นที่มีการตั้งค่าเป้าหมายแตกต่างกัน เพราะผู้ใช้ไฟในแต่ละเขตพื้นที่ ได้แก่ เขตเมือง เขตชนบท และเขตอุตสาหกรรม มีความคาดหวังระดับความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้าที่แตกต่างกัน

1.1 กรณีศึกษาที่ 1 เขตเมือง ข้อมูลอินพุต

และเอาต์พุตสำหรับกรณีศึกษาจัดกลุ่มระบบจำหน่ายตามเขตพื้นที่เขตเมือง ดัง (Table 1) และค่าเป้าหมายดัชนีความเชื่อถือได้ของระบบจำหน่ายไฟฟ้า และประสิทธิภาพเขตเมือง ที่ได้จากการวิเคราะห์การโอบล้อมข้อมูล (DEA) ดัง (Table 2)

Table 1 Data inputs and outputs of power distribution systems in urban areas.

feeder	inputs			outputs	
	load density (kVA/km)	insulated cable percentage	protective devices (set)	SAIFI (time/customer/year)	SAIDI (minute/customer/year)
A1	3,088	20.11	3	0.15	23.18
A2	3,450	7.61	5	0.18	10.96
A3	7,903	15.10	4	0.77	25.64
A4	5,769	8.61	5	0.04	10.01
A5	4,942	24.64	3	0.10	0.02

Table 2 Reliability targets and efficiency of power distribution systems in urban areas.

feeder	reliability targets		efficiency
	SAIFI (time/customer/year)	SAIDI (minute/customer/year)	
A1	0.09	1.79	0.53
A2	0.04	10.01	0.91
A3	0.77	25.64	1.00
A4	0.04	10.01	1.00
A5	0.10	0.02	1.00
mean			0.89

จาก (Table 2) ซึ่งจะเห็นว่า A1 เป็นฟีดเดอร์ที่มีประสิทธิภาพต่ำที่สุดคือ 0.53 เมื่อพิจารณา (Table 1) จะเห็นว่า A1 มีค่าดัชนี SAIDI สูง 23.18 นาทีต่อรายต่อปี แต่จากค่าร้อยละของสายหุ้มฉนวนเหนือดินที่สูงกว่าฟีดเดอร์ส่วนใหญ่ ความเชื่อถือได้จึงควรมีค่าสูงกว่านี้ ทั้งนี้ค่าเป้าหมายของดัชนีความเชื่อถือได้ของฟีดเดอร์ A1 ที่ได้จากการวิเคราะห์การโอบล้อมข้อมูล (DEA) มีค่าดังนี้ SAIFI 0.09 ครั้งต่อรายต่อปี และ SAIDI 1.79 นาทีต่อรายต่อปี

ถัดมาฟีดเดอร์ A2 เมื่อพิจารณาค่าอินพุต

จาก (Table 1) จะเห็นว่า A2 และ A4 นั้นมีค่าอินพุตใกล้เคียงกัน ดังนั้นเมื่อใช้การวิเคราะห์การโอบล้อมข้อมูล (DEA) สามารถกำหนดค่าเป้าหมายดัชนีความเชื่อถือได้ของฟีดเดอร์ A2 ได้ดังนี้ SAIFI 0.04 ครั้งต่อรายต่อปี และ SAIDI 10.01 นาทีต่อรายต่อปี ใน (Table 2)

ทั้งนี้การเปรียบเทียบค่าดัชนี SAIFI และ SAIDI ระหว่างค่าเอาต์พุต (Table 1) และค่าเป้าหมายดัชนีความเชื่อถือได้ของระบบจำหน่ายไฟฟ้า (Table 2) ของเขตเมือง ดัง (Figure 3-4)

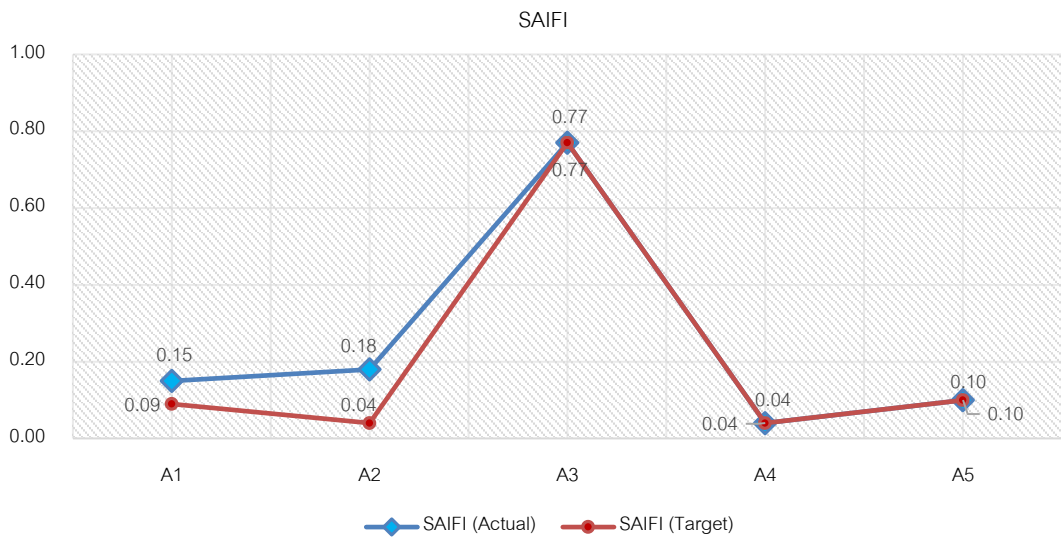


Figure 3 Actual SAIFI and reliability targets of urban areas.

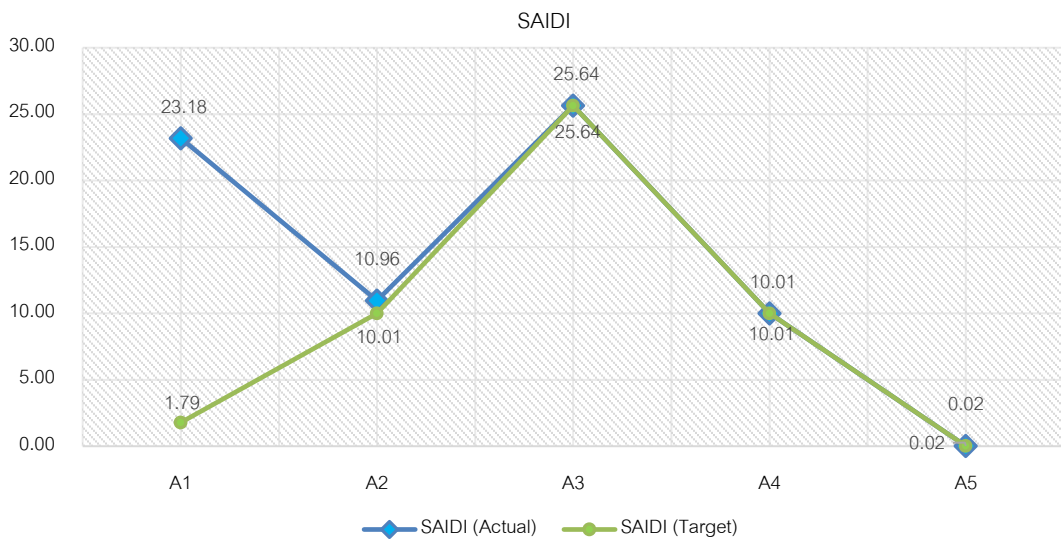


Figure 4 Actual SAIDI and reliability targets of urban areas.

1.2 กรณีศึกษาที่ 1 เขตชนบท ข้อมูลอินพุต และเอาต์พุตสำหรับกรณีศึกษาจัดกลุ่มระบบจำหน่ายตามเขตพื้นที่เขตชนบท ดัง (Table 3) และค่าเป้าหมาย

ดัชนีความเชื่อถือได้ของระบบจำหน่ายไฟฟ้า และประสิทธิภาพเขตชนบท ที่ได้จากการวิเคราะห์การโอบล้อมข้อมูล (DEA) ดัง (Table 4)

Table 3 Data inputs and outputs of power distribution systems in rural areas.

feeder	inputs			outputs	
	load density	insulated cable	protective devices	SAIFI	SAIDI
	(kVA/km)	percentage	(set)	(time/customer/year)	(minute/customer/year)
B1	652	10.84	3	0.25	25.08
B2	718	5.23	5	0.28	8.81
B3	1,930	5.19	7	0.17	5.61
B4	1,089	4.34	5	0.70	36.71
B5	522	2.26	3	0.02	4.34
B6	921	7.66	2	0.46	10.89
B7	885	12.70	6	0.73	3.22
B8	1,237	11.13	6	0.33	14.57

Table 4 Reliability targets and efficiency of power distribution systems in rural areas.

feeder	reliability targets		efficiency
	SAIFI	SAIDI	
	(time/customer/year)	(minute/customer/year)	
B1	0.25	25.08	1.00
B2	0.17	5.48	0.62
B3	0.17	5.61	1.00
B4	0.11	5.98	0.16
B5	0.02	4.34	1.00
B6	0.30	6.98	0.64
B7	0.73	3.22	1.00
B8	0.33	14.57	1.00
mean			0.80

จาก (Table 4) B4 เป็นฟีดเดอร์ที่มีประสิทธิภาพต่ำที่สุด คือ 0.16 เมื่อพิจารณาค่าอินพุตจาก (Table 3) เห็นว่า B5 นั้นมีค่าอินพุตที่น้อยกว่า B4 แต่ B4 กลับมีความเชื่อถือได้ของระบบน้อยกว่า กล่าวคือ SAIFI 0.70 ครั้งต่อรายต่อปี และ SAIDI 36.71 นาทีต่อรายต่อปี ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์การโอบล้อมข้อมูล (DEA) สามารถกำหนดค่าเป้าหมาย

ดัชนีความเชื่อถือได้ของฟีดเดอร์ B4 ไว้ดังนี้ SAIFI 0.11 ครั้งต่อรายต่อปี และ SAIDI 5.98 นาทีต่อรายต่อปี

ทั้งนี้การเปรียบเทียบค่าดัชนี SAIFI และ SAIDI ระหว่างค่าเอาต์พุต (Table 3) และค่าเป้าหมายดัชนีความเชื่อถือได้ของระบบจำหน่ายไฟฟ้า (Table 4) ของเขตชนบท ดัง (Figure 5-6)

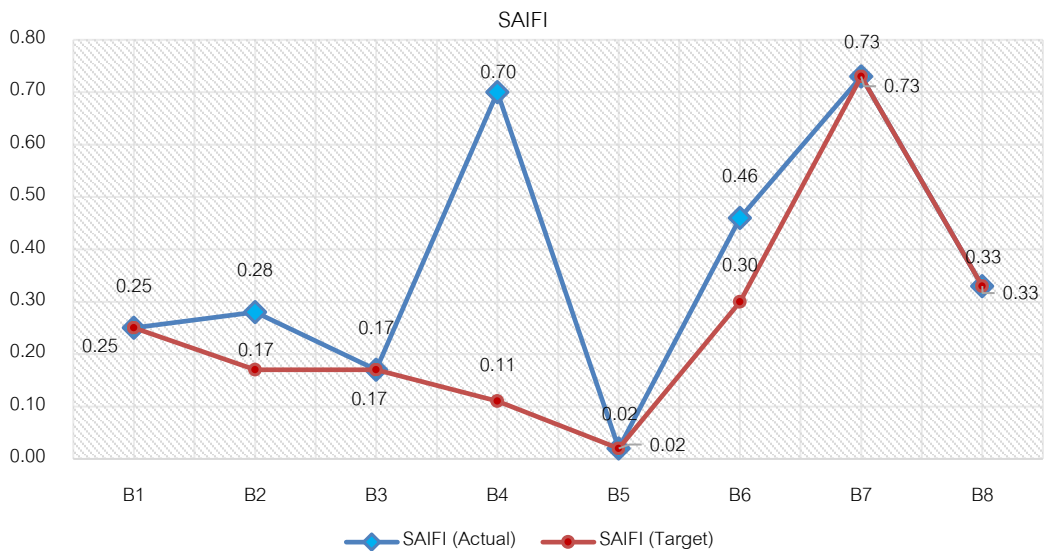


Figure 5 Actual SAIFI and reliability targets of rural areas.

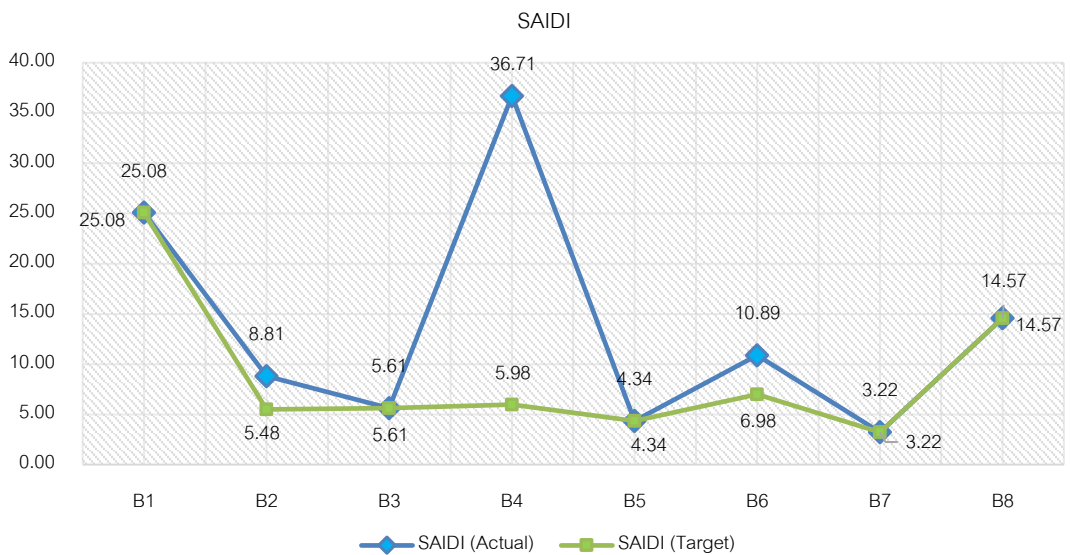


Figure 6 Actual SAIDI and reliability targets of rural areas.

1.3 กรณีศึกษาที่ 1 เขตอุตสาหกรรม
ข้อมูลอินพุตและเอาต์พุตสำหรับกรณีศึกษาจัดกลุ่มระบบจำหน่ายตามเขตพื้นที่เขตอุตสาหกรรม ดัง (Table 5)

และค่าเป้าหมายดัชนีความเชื่อถือได้ของระบบจำหน่ายไฟฟ้า และประสิทธิภาพเขตอุตสาหกรรมที่ได้จากการวิเคราะห์การโอบล้อมข้อมูล (DEA) ดัง (Table 6)

Table 5 Data inputs and outputs of power distribution systems in industrial areas.

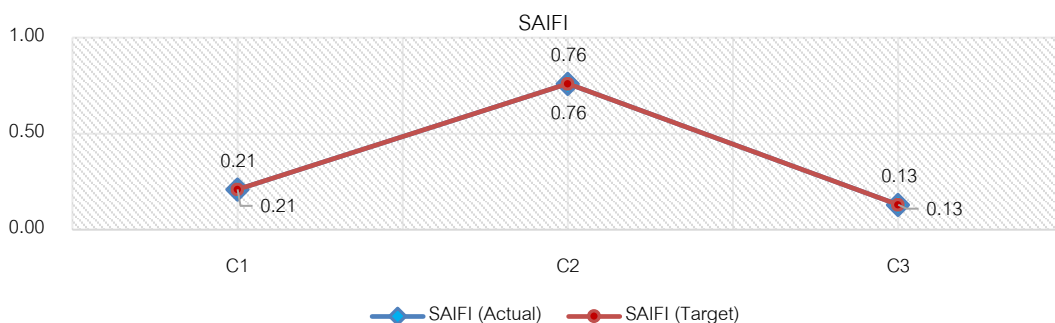
feeder	input			output	
	load density	insulated cable	protective device	SAIFI	SAIDI
	(kVA/km)	percentage	(set)	(time/customer/year)	(minute/customer/year)
C1	4,544	14.50	2	0.21	16.62
C2	3,264	21.47	1	0.76	6.46
C3	6,720	5.86	2	0.13	4.36

Table 6 Reliability targets and efficiency of power distribution systems in industrial areas.

feeder	reliability targets		efficiency
	SAIFI	SAIDI	
	(time/customer/year)	(minute/customer/year)	
C1	0.21	16.62	1.00
C2	0.76	6.46	1.00
C3	0.13	4.36	1.00
	mean		1.00

จาก (Table 6) ประสิทธิภาพรวมของระบบจำหน่ายเขตอุตสาหกรรมมีประสิทธิภาพสูงที่สุด คือ 1.00 กล่าวคือ ในเขตพื้นที่อุตสาหกรรมนี้เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแต่ละฟีดเดอร์ พบว่าค่าดัชนีความเชื่อถือได้มีความเหมาะสมกับค่าอินพุตดีแล้ว

ทั้งนี้การเปรียบเทียบค่าดัชนี SAIFI และ SAIDI ระหว่างค่าเอาต์พุต (Table 5) และค่าเป้าหมายดัชนีความเชื่อถือได้ของระบบจำหน่ายไฟฟ้า (Table 6) ของเขตชนบท ดัง (Figure 7-8)

**Figure 7** Actual SAIFI and reliability targets of industrial areas.

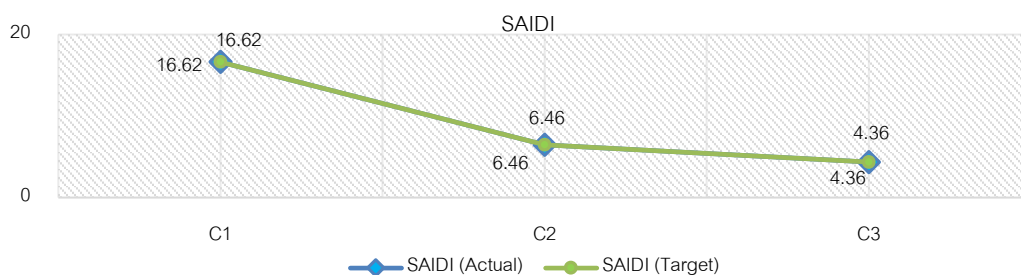


Figure 8 Actual SAIDI and reliability targets of industrial areas.

จาก (Figure 7-8) จะเห็นว่าค่าเอาต์พุต (Table 5) และค่าเป้าหมายดัชนีความเชื่อถือได้ของระบบจำหน่ายไฟฟ้า (Table 6) มีค่าเท่ากันทั้งหมด

2. กรณีศึกษาที่ 2 ไม่จัดกลุ่มระบบจำหน่ายตามเขตพื้นที่

เมื่อพิจารณาฟีดเดอร์ในกรณีศึกษาที่ 1 ร่วมกันโดยไม่จัดกลุ่มตามเขตพื้นที่ ซึ่งมีค่าอินพุตและเอาต์พุตจาก (Table 1, 3 and 5) คงเดิม การวิเคราะห์การโอบล้อมข้อมูล (DEA) จะให้ผลลัพธ์ดัง (Table 7)

Table 7 Reliability targets and efficiency of power distribution systems without grouping by area.

feeder	reliability targets		efficiency
	SAIFI (time/customer/year)	SAIDI (min/customer/year)	
A1	0.08	2.84	0.53
A2	0.09	5.64	0.51
A3	0.77	25.64	1.00
A4	0.04	10.01	1.00
A5	0.10	0.02	1.00
B1	0.05	5.02	0.20
B2	0.12	3.68	0.42
B3	0.17	5.61	1.00
B4	0.10	5.03	0.14
B5	0.02	4.34	1.00
B6	0.07	1.62	0.15
B7	0.73	3.22	1.00
B8	0.33	14.57	1.00
C1	0.06	4.80	0.29
C2	0.08	0.72	0.11
C3	0.13	4.36	1.00
mean			0.65

จาก (Table 7) พบว่า ค่าเป้าหมายดัชนีความเชื่อถือได้และค่าประสิทธิภาพของแต่ละฟีดเดอร์ต่ำกว่าผลลัพธ์ที่ได้จากกรณีศึกษาที่ 1 เนื่องจากค่าเป้าหมายที่ได้มาจาก frontier ซึ่งเกิดจากอินพุตและเอาต์พุตของแต่ละฟีดเดอร์ โดยไม่ได้มีการจัดกลุ่มตามเขตพื้นที่ ดังนั้นจึงไม่ใช่ค่าที่เหมาะสมที่สุดสำหรับฟีดเดอร์ในเขตพื้นที่ใดพื้นที่หนึ่งด้วยเหตุนี้การวิเคราะห์การโอบล้อมข้อมูล (DEA) แยกตามเขตพื้นที่ดังกรณีศึกษาที่ 1 จึงเป็นทางเลือกที่เหมาะสมกว่า

ทั้งนี้การเปรียบเทียบค่าดัชนี SAIFI, SAIDI ดัง (Figure 9-10) พบว่าค่าดัชนี SAIFI และ SAIDI มีการตั้งค่าเป้าหมายที่ลดลงจากเดิมเกือบทุกฟีดเดอร์ และมีการลดลงเป็นอย่างมาก และประสิทธิภาพที่ได้จากการวิเคราะห์การโอบล้อมข้อมูล (DEA) ระหว่างกรณีศึกษาที่ 1 และ 2 ดัง (Figure 11) พบว่าประสิทธิภาพจากกรณีศึกษาที่ 2 มีค่าน้อยกว่ากรณีศึกษาที่ 1 เกือบทุกฟีดเดอร์ และประสิทธิภาพของแต่ละฟีดเดอร์ลดลงเป็นอย่างมาก

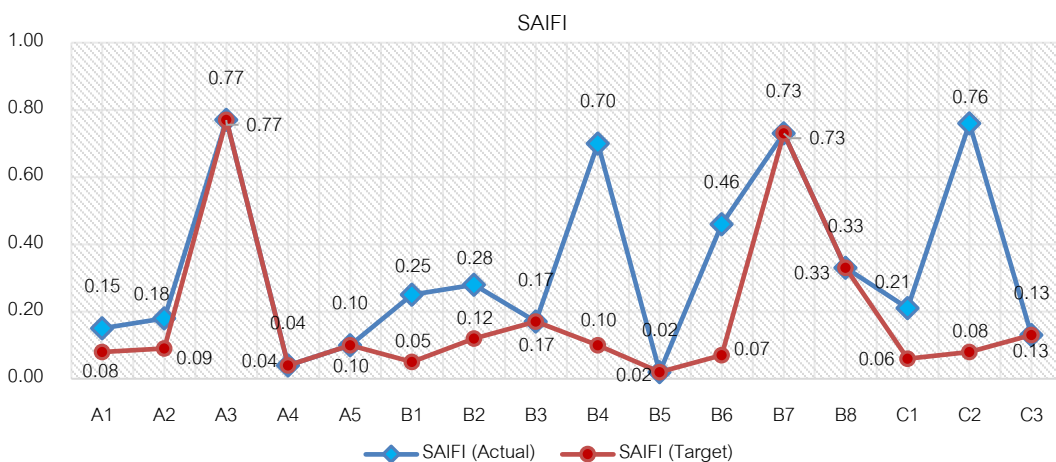


Figure 9 Actual SAIFI and reliability targets of all feeders without grouping by area.

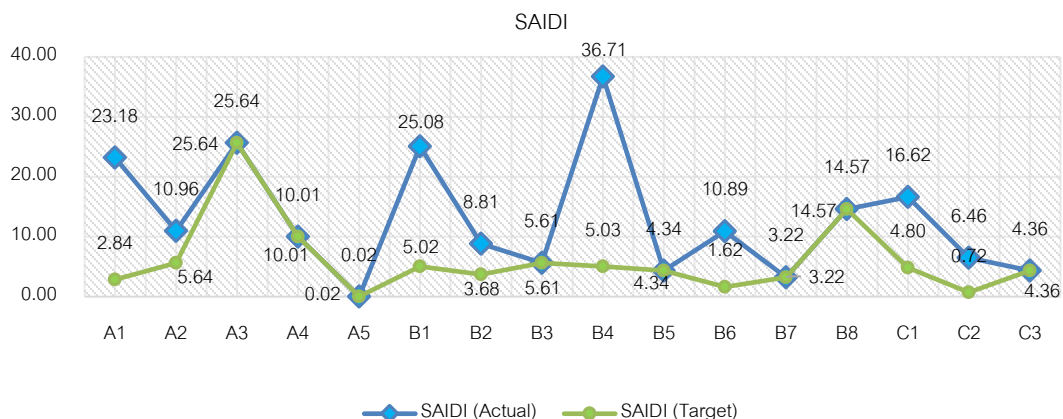


Figure 10 Actual SAIDI and reliability targets of all feeders without grouping by area.

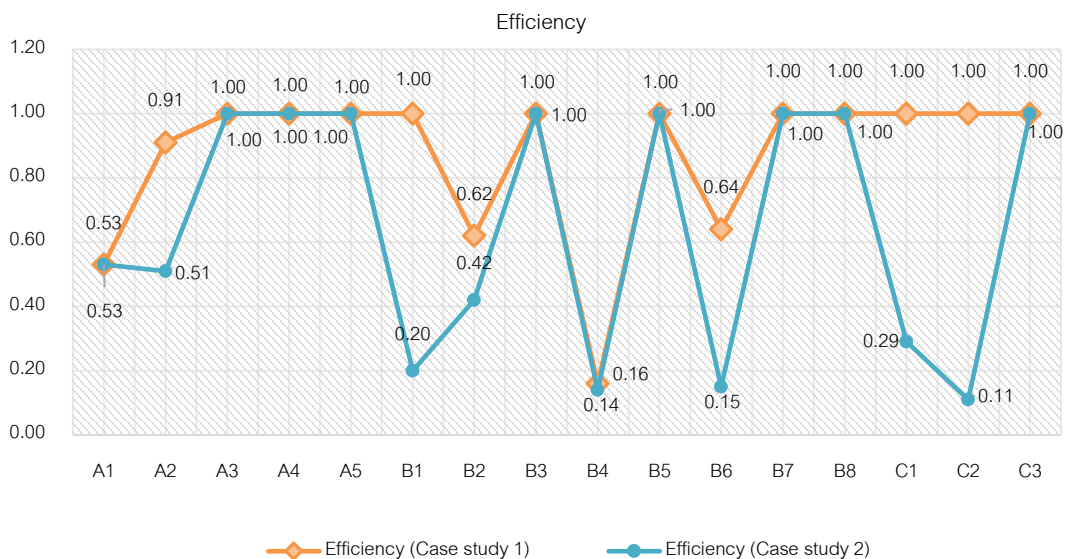


Figure 11 Comparison of feeder efficiencies between case studies 1 and 2.

อภิปรายผล

จากการศึกษาค่าเป้าหมายดัชนีความเชื่อถือได้ของระบบจำหน่ายไฟฟ้าและประสิทธิภาพตามเขตพื้นที่ที่ได้จากการวิเคราะห์การโอบล้อมข้อมูล (DEA) สอดคล้องกับทฤษฎีตามแบบจำลองของ (Farrell, 1957; Banker, Charnes, & Cooper, 1984) ที่กล่าวว่า DMU ที่อยู่บนเส้น frontier คือ DMU ที่มีประสิทธิภาพ และ DMU ที่ไม่อยู่บนเส้น frontier คือ DMU ที่ไม่มีประสิทธิภาพ งานวิจัยนี้ใช้การวิเคราะห์การโอบล้อมข้อมูลแบบผลตอบแทนต่อขนาดผันแปร (variable return to scale: VRS) โดยใช้ output-oriented measures ที่เป็นการปรับค่าเอาต์พุตโดยกำหนดให้ค่าอินพุตมีคงที่ ซึ่งค่าอินพุตที่นำมาพิจารณา ได้แก่ ความหนาแน่นของโหลดหรือผู้ใช้ไฟฟ้า ร้อยละของสายหุ้มฉนวน และจำนวนของอุปกรณ์ป้องกัน ขณะที่เอาต์พุต คือ ค่าดัชนีความ

เชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้า ได้แก่ system average interruption frequency index (SAIFI) และ system average interruption duration index (SAIDI)

ผลการศึกษาที่ได้จากงานวิจัยนี้มีความสอดคล้องกับงานวิจัยของ (Singo, & Rapeesuk, 2011) ที่พิจารณาค่าอินพุตเป็นเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้องในระบบจำหน่าย เพื่อกำหนดค่าเป้าหมายดัชนีความเชื่อถือได้ของระบบจำหน่ายไฟฟ้า และสอดคล้องกับงานวิจัยของ (Quispe, 2022) ที่ได้ใช้วิธีการ DEA ในการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของระบบไฟฟ้าระหว่างประเทศ โดยพบว่ากำหนัดค่าเป้าหมายดัชนีความเชื่อถือได้ของระบบจำหน่ายไฟฟ้าที่ไม่มีการแบ่งกลุ่มพื้นที่ จะให้ค่าเป้าหมายดัชนีความเชื่อถือได้ที่ต่ำกว่ากรณีที่มีการแบ่งกลุ่มพื้นที่ก่อน ทั้งนี้ เป็นการชี้ให้เห็นถึงความจำเป็นของการจัดกลุ่มหรือแบ่งกลุ่มพื้นที่ของระบบจำหน่ายไฟฟ้า เพราะระบบที่มีลักษณะทาง

กายภาพ สภาพภูมิประเทศ หรือบริบทอื่น ๆ ที่ต่างกัน ควรมีค่าที่เหมาะสมของระดับความเชื่อถือได้ แตกต่างกันด้วย ดังนั้นการกำหนดค่าเป้าหมาย ดัชนีความเชื่อถือได้ค่าเดียวสำหรับทุกพื้นที่ อาจให้ ค่าเป้าหมายที่ไม่สามารถบรรลุได้จริงสำหรับ บางพื้นที่ เนื่องจากข้อจำกัดด้านกายภาพ วิศวกรรม และเศรษฐศาสตร์

สรุป

วิธีการวิเคราะห์การโอบล้อมข้อมูล (DEA) ได้ถูกนำมาใช้ในการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของ ระบบไฟฟ้าในเขตเมือง ชนบท และอุตสาหกรรม เพื่อ ตั้งค่าเป้าหมายดัชนีความเชื่อถือได้ของระบบ จำหน่ายไฟฟ้า โดยมีค่าอินพุตเป็นปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อการเกิดไฟฟ้าขัดข้อง และค่าเอาต์พุตเป็น ค่าดัชนีความเชื่อถือได้ วิธีการที่นำเสนอในบทความนี้ กำหนดค่าเป้าหมายของฟีดเดอร์ระบบจำหน่ายไฟฟ้า โดยใช้ output-oriented measures นั่นคือการปรับค่า เอาต์พุตขณะที่ค่าอินพุตคงที่ จากกรณีศึกษาทั้ง 2 กรณี ค่าเป้าหมายที่ได้จากกรณีศึกษาที่ 1 เหมาะสมกว่ากรณีศึกษาที่ 2 เพราะแต่ละเขตพื้นที่มีความคาดหวังต่อระดับความเชื่อถือได้ของระบบ ไฟฟ้าที่ต่างกันตามประเภทผู้ใช้ไฟฟ้า ดังนั้นจึง ควรจัดกลุ่มระบบจำหน่ายไฟฟ้าตามเขตพื้นที่และ กำหนดค่าเป้าหมายความเชื่อถือได้ของระบบ จำหน่ายไฟฟ้าตามเขตพื้นที่ เพื่อผลักดันให้มีระดับ ความเชื่อถือได้ที่เหมาะสมกับบริบทของแต่ละพื้นที่ อย่างแท้จริง ในอนาคตการไฟฟ้าสามารถสร้างกลยุทธ์ การลงทุน ด้วยการนำการวิเคราะห์การโอบล้อม ข้อมูลมาต่อยอดในการกำหนดระดับการให้บริการ

พลังงานไฟฟ้า โดยอาจแบ่งตามเขตพื้นที่และระดับ ความต้องการความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้า การ ไฟฟ้าอาจมีบริการพิเศษสำหรับผู้ใช้อำนาจที่ต้องการ ความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้าที่สูงกว่าค่าเป้าหมาย ที่ทางการไฟฟ้ากำหนด

เอกสารอ้างอิง

- Banker, R. D., Charnes A., & Cooper, W. W. (1984). Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis. *Management Science*, 30(9), 1078-1092.
- Bichpuriya, Y. K., Navalkar, P. V., & Soman, S. A. (2011). Benchmarking of reliability indices for electricity distribution utilities: Approach and discussion. *IET Conference on Reliability of Transmission and Distribution Networks*. London: IEEE.
- Chaengauksorn, K. (2019). *Reliability improvement opportunity for 115-kV overhead transmission line using RCM method* (Master's thesis). Kasetsart University, Bangkok. (in Thai)
- Farrell, M. J. (1957). The Measurement of productive efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society. Series A (General)*, 120(3), 253-290.
- Kitsirisin, S., Teeraatchariyakun, N., Surapat, V., & Rerkpreedapong, D. (2016). Reliability improvement and assessment on overhead power distribution systems in large cities. *Kasetsart Engineering Journal*, 29(98), 31-42. (in Thai)
- Paci, A., Celo, M., & Bualoti, R. (2018). Distribution system reliability indices. Case study Albanian distribution system. *Journal of Multidisciplinary Engineering Science and Technology (JMEST)*, 12(5), 9137-9143.

- Pahwa, A., Xiaoming, F., & Lubkeman, D. (2003). Performance evaluation of electric distribution utilities based on data envelopment analysis. *IEEE Transactions on Power Systems*, 18(1), 400-405.
- Quispe, C. (2022). Quality of the electrical service of the peruvian electrical system in comparison with international countries through data envelope analysis. *5th Asia Conference on Energy and Electrical Engineering (ACEEE)* (pp. 18-22). Kuala Lumpur: IEEE.
- Sadjadi, S. J., & Omrani, H. (2008). Data envelopment analysis with uncertain data: An application for Iranian electricity distribution companies. *Energy Policy*, 36(11), 4247-4254.
- Sangsawang, M., & Chancharat, N. (2012). Examining the efficiency of listed animal feed manufacturers using data envelopment analysis. *Kasetsart Journal of Social Sciences*, 33(3) , 429- 441. (in Thai)
- Singo, P., & Rapeesuk, P. (2011). A method of reliability target setting for electric power distribution systems by using data envelopment analysis technique. *Kasetsart Engineering Journal*, 24(78), 57-68. (in Thai)
- Sueppongsakorn, A. (2012). Methodology of data envelopment analysis (DEA) and technical benchmarks. *Chiang Mai University Journal of Economics*, 16(1), 43-82. (in Thai)
- Thavitchasri, P., & Nanthaphunkul, J. (2022). The study and health analysis of low voltage circuit breaker and transformer in 22,000 volts substations. *RMUTSB Academic Journal*, 10(1), 1-10. (in Thai)
- Thubphadung, Y. (2019). *The SAIFI and SAIDI indexes reflect the efficiency of electricity distribution*. Retrieved 8 October 2022, from <https://www.pea.co.th/esd/electrical-engineering-articles/ArtMID/13545/ArticleID/113904> (in Thai)
- Unthong, A. (2004). *DEAP 2.1 manual for data envelopment analysis*. Chiang Mai: Social Research Institute, Chiang Mai University. (in Thai)