



## การประยุกต์ใช้แบบจำลองของการเรียนรู้เพื่อประมาณการระยะเวลาการทำงาน ของแรงงาน

ศิริชัย ตันรัตนวงศ์ และสมประสงค์ ทองรอด\*

### Applications of Learning Curve Model to Estimate Labor Time

Sirichai Tanratanawong and Somprasong Thongrod

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก 65000

Civil Engineering Department, Faculty of Engineering, Naresuan University, Phitsanulok Province, 65000

\*Corresponding author. E-mail : SomprasongT@pttep.com

#### บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อพิจารณาความเหมาะสมของการนำแบบจำลองของการเรียนรู้แบบเส้นตรง มาประยุกต์ใช้เพื่อประมาณการระยะเวลาการทำงานของช่างเชื่อมในโครงการก่อสร้างท่อส่งปิโตรเลียมบริเวณจังหวัดพิษณุโลก โดยทำการเก็บข้อมูลระยะเวลาการทำงานของช่างเชื่อมในแต่ละแนวเชื่อม และจำนวนแนวเชื่อมรวมทั้งช่างเชื่อมทำได้ด้วยการสังเกตการทำงานที่สนาม แล้วนำข้อมูลการทำงานที่ได้มาวิเคราะห์สร้างเป็นสมการแบบจำลองของการเรียนรู้แบบเส้นตรงโดยใช้การนำเข้าข้อมูลแบบสะสม และข้อมูลแบบหน่วย จากนั้นนำสมการของแบบจำลองที่สร้างขึ้นมาประมาณการระยะเวลาการทำงานของช่างเชื่อมโดยใช้ข้อมูลจำนวนแนวเชื่อมจากโครงการที่ศึกษา เปรียบเทียบผลต่างของระยะเวลาการทำงานรวมระหว่างข้อมูลจากสนาม และผลการประมาณการระยะเวลาการทำงานที่ได้จากแบบจำลอง ซึ่งจากการวิจัยพบว่า ช่างเชื่อมใช้เวลารวมในการเชื่อมแนวเชื่อมจำนวน 215 แนวเชื่อมทั้งสิ้น 28,382 นาที เฉลี่ย 132 นาทีต่อแนวเชื่อม ใช้เวลาเชื่อมต่อแนวเชื่อมน้อยที่สุดและมากที่สุด 105 นาที และ 152 นาที ตามลำดับ ผลการประมาณการระยะเวลาการทำงานของช่างเชื่อมโดยใช้การนำเข้าข้อมูลแบบสะสมและแบบหน่วย มีความแตกต่างจากระยะเวลาการทำงานจริงที่ได้จากภาคสนามร้อยละ 1.76 และร้อยละ 1.73 ตามลำดับ แบบจำลองของการเรียนรู้แบบเส้นตรงทั้งที่ใช้การนำเข้าข้อมูลแบบผลรวมและข้อมูลแบบหน่วย จึงมีความเหมาะสมที่จะนำมาประยุกต์ใช้ในการประมาณระยะเวลาการทำงานของช่างเชื่อม ทั้งนี้ในการนำแบบจำลองดังกล่าวไปประยุกต์ใช้ควรที่จะต้องพิจารณาถึงความคล้ายคลึงกันของลักษณะงานที่ใช้เป็นข้อมูลในการสร้างแบบจำลองกับงานที่จะนำแบบจำลองไปใช้ประมาณการระยะเวลาการทำงาน อนึ่งควรที่จะมีการศึกษาเพิ่มเติมถึงผลของประสบการณ์ในการทำงานของช่างเชื่อมที่อาจจะส่งผลกระทบต่อผลการเรียนรู้ในการทำงาน

**คำสำคัญ:** แบบจำลองของการเรียนรู้ ท่อส่งปิโตรเลียม ระยะเวลาการทำงานของช่างเชื่อม

#### Abstract

This research aims to determine the suitability of Straight Line Learning Curve Model for estimating the working time of welders in the pipeline construction project in Phitsanulok province. The time that the welders use to weld the pipeline and the number of welded joints to be welded by observation at the field. Then take the data of the welding work to analyse and create a model using cumulative data and unit data. Apply a model that generates an estimate of the welding worker's working time using the number of welds from the project studied. Compare the variance of the total work duration between field data and the result from the model to know the suitability of the model to be applied. The research found that the welders spent a total of 215 welding welds totalling 28,382 minutes, averaging 132 minutes per weld. It takes a minimum and maximum welding of 105 minutes and 152



minutes, respectively. The results of the welding worker's estimation using the cumulative model and unit model there was a difference of 1.76 % and 1.73 %, respectively. The both model of Straight Line Learning Curve Model are suitable to be applied in estimating the working time of the welders. In applying the model, the similarity of the job used in the modeling should be considered with the model used to estimate the working time. Further study of the effects of welding experience on the work experience may result in a learning curve.

**Keywords:** Learning Curve Model, Petroleum Pipe Line, Welder's Working Time

## บทนำ

### ความเป็นมาและความสำคัญของงานวิจัย

แบบจำลองของการเรียนรู้แบบเส้นตรง (Straight Line Learning Curve Model) เป็นแบบจำลองที่เสนอโดย T.P. Wright เมื่อปี ค.ศ. 1936 ในอุตสาหกรรมผลิตเครื่องบิน (Jordan, Daoud and Issam, 2016) ซึ่งแบบจำลองนี้มีสมมติฐานว่าอัตราการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นจากการทำงานเป็นเส้นตรง และแบบจำลองของ Wright ได้รับการปรับปรุงเป็นแบบจำลองย่อย 2 แบบจำลอง ตามลักษณะของการนำเข้าข้อมูล คือ แบบจำลองของการเรียนรู้แบบหน่วย (Unit Learning Curve Model) (Crawford, 1947) และแบบจำลองของการเรียนรู้แบบสะสม (Cumulative Learning Curve Model) (Carr, 1998) ทั้งนี้แบบจำลองย่อยทั้งสองแบบของแบบจำลองของการเรียนรู้แบบเส้นตรงให้ผลการประมาณการที่ใกล้เคียงกัน สามารถนำแบบจำลองทั้ง 2 แบบไปประยุกต์ใช้กับการประมาณการระยะเวลาการทำงานของแรงงานได้ (วรรณวิทย์ แต่มทอง, 2547) และโดยที่แบบจำลองของการเรียนรู้แบบเส้นตรงเป็นแบบจำลองที่นิยมใช้ในงานก่อสร้าง (Thomas, Mathews and Ward, 1986) เนื่องจากสมการแบบจำลองไม่ซับซ้อน วิธีการคำนวณและนำไปใช้งานทำได้โดยสะดวก เป็นทางเลือกที่เหมาะสมสำหรับการนำไปประยุกต์ใช้ในการประมาณระยะเวลาการทำงานของแรงงาน

การทำงานในลักษณะเดิมอย่างซ้ำ ๆ ภายใต้สภาพแวดล้อมที่ค่อนข้างคงที่ และงานที่ทำมีความซับซ้อนพอสมควร จะก่อให้เกิดการเรียนรู้จากการทำงาน (Thomas, 2009) เป็นผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมไปในลักษณะที่ค่อนข้างถาวร (วุฒิชัย จ่านง, ม.ป.ป.) ซึ่งในการก่อสร้างท่อส่งปิโตรเลียมอันถือเป็นโครงสร้างพื้นฐานสำคัญในการพัฒนาแหล่งปิโตรเลียม ทำหน้าที่ในการลำเลียงน้ำมันดิบ ก๊าซธรรมชาติ และน้ำที่ปะปนมากับน้ำมันดิบจากฐานผลิตไปยังสถานีผลิต เพื่อทำการแยกน้ำมันดิบ ก๊าซธรรมชาติ และน้ำ ออกจากกัน และในการก่อสร้างท่อส่งปิโตรเลียมดังกล่าว จะสำเร็จได้ต้องอาศัยกระบวนการเชื่อม (Welding) โดยช่างเชื่อม (Welder) เป็นแรงงานหลักในการก่อสร้าง ประกอบกับการทำงานของช่างเชื่อมนั้นเป็นการทำงานลักษณะเดิมซ้ำ ๆ ภายใต้สภาพแวดล้อมที่ค่อนข้างคงที่ และงานที่ทำก็มีความซับซ้อนต้องอาศัยฝีมือในการปฏิบัติงานดังที่กล่าวมาแล้ว จึงมีความเหมาะสมที่จะทำการเก็บข้อมูลระยะเวลาการทำงานของช่างเชื่อมในการเชื่อมท่อส่งปิโตรเลียม เพื่อประยุกต์ใช้แบบจำลองของการเรียนรู้แบบเส้นตรงในการประมาณการระยะเวลาการทำงานของช่างเชื่อมในงานก่อสร้างท่อส่งปิโตรเลียม และทำการเปรียบเทียบระยะเวลาการทำงานของช่างเชื่อมที่ได้จากแบบจำลองกับเวลาการทำงานจริงที่เก็บข้อมูลได้จากภาคสนาม เพื่อทราบถึงความเหมาะสมของแบบจำลองดังกล่าวในการนำไปประยุกต์ใช้สำหรับงานก่อสร้างท่อส่งปิโตรเลียมอื่นในอนาคตต่อไป

### วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. เพื่อประยุกต์ใช้แบบจำลองของการเรียนรู้แบบเส้นตรง (The Straight Line Learning Curve Model) ในการประมาณการระยะเวลาการทำงานของช่างเชื่อมในงานก่อสร้างท่อส่งปิโตรเลียม
2. เพื่อทราบถึงความเหมาะสมของแบบจำลองของการเรียนรู้แบบเส้นตรง (The Straight Line Learning Curve Model) ที่จะนำมาใช้ประมาณการระยะเวลาการทำงานของช่างเชื่อมในงานก่อสร้างท่อส่งปิโตรเลียม



### วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

#### ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

งานวิจัยนี้ดำเนินการเก็บข้อมูลการทำงานของช่างเชื่อมจากโครงการก่อสร้างท่อส่งปิโตรเลียมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 นิ้ว ยาว 3,850 เมตร สำหรับการขนส่งก๊าซธรรมชาติที่มีได้เป็นผลพลอยได้จากการผลิตน้ำมันดิบ (Non-Associate gas) ซึ่งทำการก่อสร้างในพื้นที่อำเภอบางระกำ จังหวัดพิษณุโลก ระหว่างเดือนมีนาคม - พฤศจิกายน พ.ศ. 2559 โดยกำหนดให้ข้อมูลระยะเวลาการทำงานของช่างเชื่อมที่เก็บจากกลุ่มตัวอย่างมีการกระจายตัวแบบปกติ (Normal Distribution) กำหนดขอบเขตความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และขอบเขตความคลาดเคลื่อนร้อยละ 5 และในการหาจำนวนของกลุ่มตัวอย่างเพื่อให้ข้อมูลที่ได้อยู่ในขอบเขตความเชื่อมั่น และขอบเขตความคลาดเคลื่อนที่กำหนดนั้น ซึ่งในงานวิจัยนี้ทราบจำนวนประชากรที่แน่นอน และมีการกำหนดขอบเขตความคลาดเคลื่อนไว้แล้ว จึงเลือกใช้สูตรการคำนวณหาจำนวนกลุ่มตัวอย่างของ Taro Yamane (1973, p. 125) ตามสมการที่ (1)

$$n = \frac{N}{1 + Ne^2} \quad (1)$$

เมื่อ n คือ จำนวนกลุ่มตัวอย่างที่ต้องการ  
 N คือ ขนาดประชากรที่ทราบ  
 e คือ ความคลาดเคลื่อนของกลุ่มตัวอย่าง

จากข้อมูลโครงการก่อสร้างที่ทำการศึกษาค้นคว้าพบว่ามีจำนวนแนวเชื่อมรวมทั้งสิ้น 416 แนวเชื่อม เมื่อใช้สมการที่ (1) หาค่าจำนวนกลุ่มตัวอย่างต่ำสุดที่จะต้องทำการเก็บข้อมูล พบว่าต้องทำการเก็บข้อมูลการทำงานของช่างเชื่อมไม่น้อยกว่า 204 แนวเชื่อม เพื่อให้ข้อมูลที่ได้อยู่ในขอบเขตความเชื่อมั่น และขอบเขตความคลาดเคลื่อนที่กำหนด

#### การเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูลระยะเวลาที่ช่างเชื่อมใช้ในการเชื่อมต่อแนวเชื่อม เป็นการเก็บข้อมูลการทำงานจริงจากการทำงานที่หน้างาน (Field data) โดยใช้การสังเกตการทำงานของช่างเชื่อมและเก็บรวบรวมลงในแบบบันทึกข้อมูลหน้างาน ซึ่งข้อมูลที่ได้ประกอบด้วย แนวเชื่อมลำดับที่, ช่างเชื่อมผู้ทำการเชื่อม, ระยะเวลาเริ่มต้นการเชื่อม, ระยะเวลาสิ้นสุดการเชื่อม และระยะเวลารวมทั้งช่างเชื่อมใช้ในการเชื่อม (นาที) ทั้งนี้ในการสังเกตระยะเวลาการทำงานของช่างเชื่อมนั้น จะเริ่มทำการบันทึกเวลาการทำงานเมื่อช่างเชื่อมเริ่มทำการเชื่อม และสิ้นสุดลงเมื่อทำการเชื่อมแล้วเสร็จ ข้อมูลการทำงานของช่างเชื่อมที่เก็บได้จากภาคสนาม จะถูกรวบรวมและบันทึกไว้ในโปรแกรม Microsoft Excel เพื่อให้ง่ายต่อการเรียกดูและการวิเคราะห์ประมวลผล

#### การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อสร้างแบบจำลองของการเรียนรู้แบบผลรวม

ข้อมูลการทำงานของช่างเชื่อมที่เก็บรวบรวมได้จากภาคสนาม จะถูกนำมาจัดรูปใหม่ได้ตั้งข้อมูลที่แสดงในตารางที่ 1 เพื่อให้เหมาะสมสำหรับการคำนวณสร้างแบบจำลองของการเรียนรู้แบบผลรวม (Cumulative Learning Curve Model)

ตารางที่ 1 ข้อมูลการทำงานของช่างเชื่อมสำหรับแบบจำลองของการเรียนรู้แบบผลรวม

แนวเชื่อมสะสม (n)	เวลาสะสม (Tn), นาที	log (n)/log(2)	log(Tn)
1	143	0.0000	2.1761
2	292	1.0000	2.4728
3	452	1.5850	2.6454
:	:	:	:
215	28,382	7.7482	4.4530



จากตารางที่ 1 คอลัมน์ที่ 1 แสดงจำนวนแนวเชื่อมสะสม (n) คอลัมน์ที่ 2 แสดงเวลารวมที่ใช้ในการเชื่อม ( $T_n$ ) คอลัมน์ที่ 3 แสดงผลที่ได้จากการคำนวณ  $\log(n)/\log(2)$  คอลัมน์ที่ 4 แสดงผลที่ได้จากการคำนวณ  $\log(T_n)$  หลังจากนั้นทำการหาค่า slope และ y-intercept จากผลการคำนวณที่ได้ในคอลัมน์ที่ 3 และ 4 โดยอาศัยฟังก์ชันสำเร็จรูปในโปรแกรม Microsoft Excel ดังนี้

การหาค่า Slope

$$\begin{aligned} \text{Slope} &= \text{INDEX}(\text{LINEST}(\text{ทุกค่าในคอลัมน์ที่ 4, ทุกค่าในคอลัมน์ที่ 3}), 1) \\ &= 0.29 \end{aligned}$$

การหาค่า Y-Intercept

$$\begin{aligned} \text{Y-Intercept} &= \text{INDEX}(\text{LINEST}(\text{ทุกค่าในคอลัมน์ที่ 4, ทุกค่าในคอลัมน์ที่ 3}), 2) \\ &= 2.18 \end{aligned}$$

ทำการคำนวณหาค่า  $L_c$  และ  $t_1$  จากค่า slope และ y-intercept

$$\begin{aligned} L_c &= 10^{\text{slope}} \\ &= 1.97 \\ t_1 &= 10^{\text{y-intercept}} \\ &= 151.02 \text{ นาที} \end{aligned}$$

จากสมการแบบจำลองของการเรียนรู้แบบผลรวม

$$T_n = t_1 n^{\frac{\log(L_c)}{\log(2)}} \quad (2)$$

เมื่อ  $T_n$  คือ เวลาสะสมในการทำงาน n หน่วย  
 $t_1$  คือ เวลาที่ใช้ในการทำงานหน่วยแรก  
 $L_c$  คือ ค่าสัมประสิทธิ์ของผลรวมการเรียนรู้

แทนค่าตัวแปรต่าง ๆ ที่ได้จากการคำนวณลงในสมการข้างต้น จะได้แบบจำลองของการเรียนรู้แบบผลรวม (Cumulative Learning Curve Model)

$$T_n = 151.02n^{\frac{\log(1.97)}{\log(2)}} \quad (3)$$

การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อสร้างแบบจำลองของการเรียนรู้แบบผลรวม

ข้อมูลการทำงานของช่างเชื่อมที่เก็บรวบรวมได้จากภาคสนาม จะถูกนำมาจัดรูปใหม่ได้ตั้งข้อมูลที่แสดงในตารางที่ 2 เพื่อให้เหมาะสมสำหรับการคำนวณสร้างแบบจำลองของการเรียนรู้แบบหน่วย (Unit Learning Curve Model)

ตารางที่ 2 ข้อมูลการทำงานของช่างเชื่อมสำหรับแบบจำลองของการเรียนรู้แบบหน่วย

แนวเชื่อมที่ (n)	เวลาที่ใช้ ( $t_n$ ), นาที	$\log(n)$	$\log(t_n)$
1	143	0.0000	2.1761
2	149	0.3010	2.1673
3	160	0.4771	2.1614
:	:	:	:
215	135	2.2327	2.1303

จากตารางที่ 2 คอลัมน์ที่ 1 แสดงจำนวนแนวเชื่อม (n) คอลัมน์ที่ 2 แสดงเวลาที่ใช้ในการเชื่อมต่อแนวเชื่อม ( $t_n$ ) คอลัมน์ที่ 3 แสดงผลจากการคำนวณค่า  $\log(n)$  และคอลัมน์ที่ 4 แสดงผลจากการคำนวณค่า  $\log(t_n)$  หลังจากนั้นทำการหาค่า slope และ y-intercept จากผลการคำนวณที่ได้ในคอลัมน์ที่ 3 และ 4 โดยอาศัยฟังก์ชันสำเร็จรูปในโปรแกรม Microsoft Excel ดังนี้



การหาค่า Slope

$$\begin{aligned} \text{Slope} &= \text{INDEX}(\text{LINEST}(\text{ทุกค่าในคอลัมน์ที่ 4, ทุกค่าในคอลัมน์ที่ 3}), 1) \\ &= -0.03 \end{aligned}$$

การหาค่า Y-Intercept

$$\begin{aligned} \text{Y-Intercept} &= \text{INDEX}(\text{LINEST}(\text{ทุกค่าในคอลัมน์ที่ 4, ทุกค่าในคอลัมน์ที่ 3}), 2) \\ &= 2.17 \end{aligned}$$

ทำการคำนวณหาค่า  $t_1$  จากค่า y-intercept

$$\begin{aligned} t_1 &= 10^{\text{y-intercept}} \\ &= 147.91 \text{ นาที} \end{aligned}$$

จากสมการแบบจำลองของการเรียนรู้แบบหน่วย

$$t_n = t_1 n^s \quad (4)$$

เมื่อ  $t_n$  คือ เวลาที่ใช้ในการทำงานในหน่วยที่ n  
 $t_1$  คือ เวลาที่ใช้ในการทำงานหน่วยแรก  
 S คือ ความชันในความสัมพันธ์ลอการิทึม

แทนค่าตัวแปรต่าง ๆ ที่ได้จากการคำนวณลงในสมการข้างต้น จะได้แบบจำลองของการเรียนรู้แบบหน่วย (Unit Learning Curve Model)

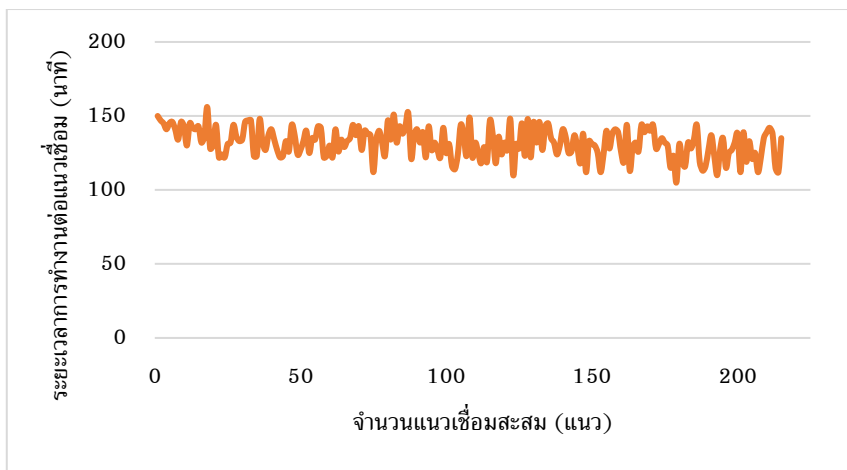
$$t_n = 147.91 n^{-0.03} \quad (5)$$

ทั้งนี้ สามารถหาระยะเวลาทั้งหมดที่ต้องใช้ในการทำงานจำนวน n แนวเชื่อมได้ โดยใช้สมการ ดังนี้

$$T_n = \sum_{i=1}^n 147.91 n^{-0.03} \quad (6)$$

### ผลการศึกษา

จากการเก็บข้อมูลการทำงานของช่างเชื่อมที่ภาคสนาม ระหว่างเดือนมีนาคม - พฤศจิกายน พ.ศ. 2559 สามารถทำการเก็บข้อมูลการทำงานได้ 215 แนวเชื่อม จากจำนวนแนวเชื่อมทั้งหมด 416 แนวเชื่อม พบว่าจำนวนข้อมูลแนวเชื่อมที่เก็บข้อมูลได้มีจำนวนมากกว่าจำนวนกลุ่มตัวอย่างที่ต้องการคือ 204 แนวเชื่อม เพื่อให้ข้อมูลที่ได้อยู่ในขอบเขตความเชื่อมั่น และขอบเขตความคลาดเคลื่อนที่กำหนด และจากการพิจารณาข้อมูลการทำงานที่เก็บรวบรวมได้ พบว่ามีช่างเชื่อมปฏิบัติงานจำนวน 21 คน ใช้เวลารวมในการเชื่อมทั้งสิ้น 28,382 นาที ช่างเชื่อมใช้เวลาในการเชื่อมน้อยที่สุดและมากที่สุด 105 นาที และ 152 นาทีต่อแนวเชื่อม ตามลำดับ และใช้เวลาในการเชื่อมเฉลี่ย 132 นาทีต่อแนวเชื่อม ปริมาณแนวเชื่อมสะสมเทียบกับระยะเวลาที่ช่างเชื่อมใช้ในการเชื่อม ดังแสดงในรูปที่ 1



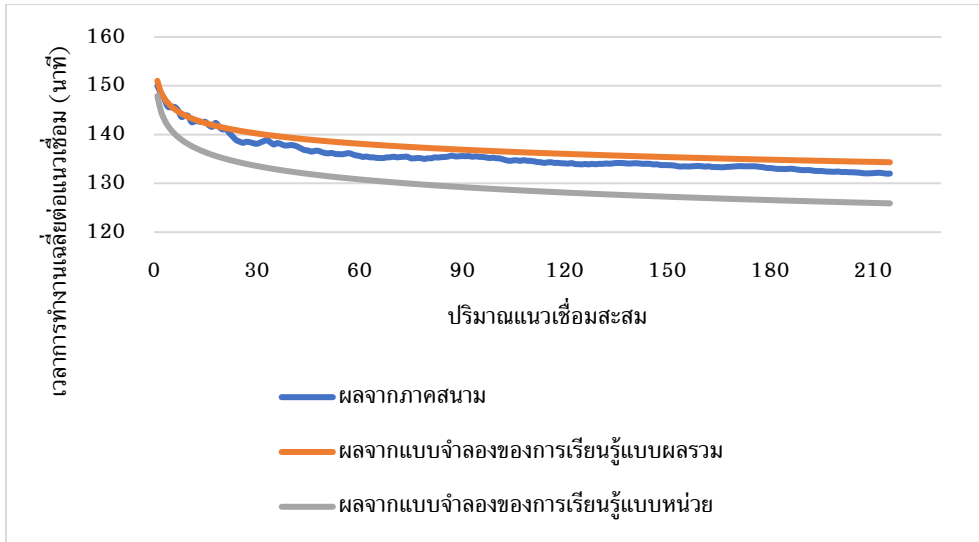
รูปที่ 1 กราฟแสดงปริมาณแนวเชื่อมต่อสะสมเทียบกับระยะเวลาที่ช่างเชื่อมใช้ในการเชื่อม

จากการนำแบบจำลองของการเรียนรู้แบบผลรวม (Cumulative Learning Curve Model) ตามสมการที่ (3) และแบบจำลองของการเรียนรู้แบบหน่วย (Unit Learning Curve Model) ตามสมการที่ (6) มาแทนค่า  $n$  เท่ากับ 215 แนวเชื่อม ซึ่งเป็นจำนวนแนวเชื่อมที่สามารถเก็บข้อมูลได้จากโครงการก่อสร้างท่อส่งปิโตรเลียมที่ศึกษา พบว่าระยะเวลาการทำงานสะสมของช่างเชื่อม ระยะเวลาการทำงานเฉลี่ยต่อแนวเชื่อม และร้อยละของผลต่างของระยะเวลาการทำงานสะสมที่ได้จากแบบจำลองเทียบกับระยะเวลาการทำงานสะสมที่ได้จากข้อมูลภาคสนาม ดังข้อมูลที่แสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ระยะเวลาการทำงานของช่างเชื่อมจากภาคสนามเทียบกับผลการประมาณการจากแบบจำลองของการเรียนรู้

ข้อมูลการทำงาน	ระยะเวลาสะสม (นาที)	เวลาเฉลี่ยต่อแนวเชื่อม (นาที)	ผลต่าง (ร้อยละ)
ภาคสนาม	28,382	132.0	-
แบบจำลองของการเรียนรู้แบบผลรวม	28,881	134.3	1.76
แบบจำลองของการเรียนรู้แบบหน่วย	27,890	129.7	1.73

เมื่อนำระยะเวลาการทำงานเฉลี่ยและปริมาณแนวเชื่อมต่อสะสมของข้อมูลการทำงานจากภาคสนาม จากแบบจำลองของการเรียนรู้แบบผลรวม และแบบจำลองของการเรียนรู้แบบหน่วย ไปพล็อตกราฟเพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน ( $R^2$ ) พบว่า ค่า  $R^2$  ที่ได้มีค่า 0.7155, 0.7715 และ 0.7664 ตามลำดับ



รูปที่ 2 กราฟแสดงผลการเปรียบเทียบระยะเวลาการทำงานเฉลี่ยต่อแนวเชื่อมของช่างเชื่อมจากภาคสนามกับผลที่ได้จากแบบจำลอง

### อภิปรายผลการศึกษา

จากผลการศึกษาพบว่าระยะเวลาการทำงานสะสมของช่างเชื่อมที่ประมาณการด้วยแบบจำลองของการเรียนรู้แบบผลรวม (Cumulative Learning Curve Model) และแบบจำลองของการเรียนรู้แบบหน่วย (Unit Learning Curve Model) มีความแตกต่างไปจากระยะเวลาการทำงานจริงซึ่งเก็บรวบรวมได้จากภาคสนามร้อยละ 1.76 และร้อยละ 1.73 ตามลำดับ ซึ่งแบบจำลองทั้ง 2 แบบที่นำมาศึกษานี้ให้ผลที่ใกล้เคียงกับระยะเวลาการทำงานจริง สามารถใช้แบบจำลองทั้ง 2 แบบในการประมาณการระยะเวลาการทำงานของช่างเชื่อมได้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับผลกระทบของจำนวนคนงานในการประมาณเวลาการทำงานโดยใช้ทฤษฎีการเรียนรู้ของวอร์ธวิตซ์ แด้มทอง (2547) ที่พบว่าแบบจำลองของการเรียนรู้แบบผลรวม และแบบจำลองของการเรียนรู้แบบหน่วย ให้ผลการพยากรณ์ที่ใกล้เคียงกันสามารถนำแบบจำลองทั้ง 2 แบบมาใช้ในการคำนวณเวลาในการทำงานของแรงงานเพื่อประมาณค่าแรงได้เช่นเดียวกัน

นอกจากนี้เมื่อทำการหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน ( $R^2$ ) พบว่า ค่า  $R^2$  ที่ได้จากการนำเข้าข้อมูลแบบสะสม (Cumulative Data) และแบบหน่วย (Unit Data) มีค่า 0.7715 และ 0.7664 ตามลำดับ โดยการนำเข้าข้อมูลแบบสะสมนั้นให้ค่า  $R^2$  สูงสุด ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของบัญชา เทียนเงิน (2549) ที่ทำการศึกษาการประยุกต์ใช้ทฤษฎีการเรียนรู้ในงานก่อสร้าง พบว่า การนำเข้าข้อมูลแบบเฉลี่ยสะสมในแบบจำลองของการเรียนรู้ เป็นแบบจำลองและวิธีการนำเข้าข้อมูลที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สันสูงที่สุด

แบบจำลองที่ได้จากงานวิจัยนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้เพื่อการประมาณการแนวโน้มของระยะเวลาการทำงาน ของช่างเชื่อมในอนาคต ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในการวางแผนงาน การบริหารงาน และการจัดการทรัพยากรในโครงการก่อสร้างให้เกิดประสิทธิภาพต่อไป

### สรุปผลการศึกษา

จากการศึกษาพบว่าผลการประมาณการระยะเวลาการทำงานของช่างเชื่อมที่ได้จากแบบจำลองของการเรียนรู้แบบผลรวม และแบบจำลองของการเรียนรู้แบบหน่วยมีความแตกต่างจากระยะเวลาการทำงานจริงที่ได้จากภาคสนาม ร้อยละ 1.76 และร้อยละ 1.73 ตามลำดับ แบบจำลองทั้ง 2 แบบจึงมีความเหมาะสมที่จะนำมาประยุกต์ใช้ในการประมาณระยะเวลาการทำงานของช่างเชื่อม





### ข้อเสนอแนะ

ในการนำแบบจำลองของการเรียนรู้แบบเส้นตรงไปประยุกต์ใช้สำหรับประมาณการระยะเวลาการทำงานของแรงงานนั้น ผู้ใช้งานควรพิจารณาถึงลักษณะของงานที่ใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการสร้างแบบจำลอง และลักษณะของงานที่นำแบบจำลองนั้นไปใช้ ซึ่งควรที่จะมีความคล้ายคลึงหรือมีความแตกต่างในรายละเอียดของงานไม่มากนัก อันเนื่องมาจากข้อจำกัดของแบบจำลองซึ่งถูกสร้างขึ้นจากข้อมูลการทำงานในอดีต อนึ่ง ควรที่จะได้มีการศึกษาเพิ่มเติมถึงผลของการเปลี่ยนแปลงอัตราการเรียนรู้ในการทำงาน อันเนื่องมาจากประสบการณ์ในการทำงานของแรงงาน

### กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณฝ่ายก่อสร้างและปรับปรุงอุปกรณ์การผลิตบนฝั่ง บริษัท ปตท. สำรวจและผลิตปิโตรเลียม จำกัด (มหาชน) แหล่งน้ำมันสิริกิติ์ และบริษัท เทสโก้ เอนจิเนีย จำกัด ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์เอกสารและข้อมูลที่ใช้ในงานวิจัย ตลอดจนอำนวยความสะดวกในการเก็บข้อมูลที่ภาคสนาม จนทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปตามวัตถุประสงค์

### เอกสารอ้างอิง

- Carr, R. I. (1998). *Cumulative Learning Curve Midel*, Class note for construction cost engineering, Construction and Management Program. Michigan: University of Michigan.
- Crawford, J. R. (1947). *Learning Curve, Ship Curve, Ratios, Related Data*. California: Lockheed Aircraft Corporation.
- F. Jordan Srour, Daoud Kiomijan, & Issam M. Srour. (2016). Learning Curves in Construction: A Critical Review and New Model. *Journal of Construction Engineering and Management*, 142(4). doi:doi:10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0001096
- H. Randolph Thomas, Cody T. Mathews, & James G. Ward. (1986). Learning Curve Models of Construction Productivity. *Journal of Construction Engineering and Management*, 112(2), 245 – 258. doi:doi:10.1061/(ASCE)0733-9364(1986)112:2(245)
- H. Randolph Thomas. (2009). Construction Learning Curves. *Practice Periodical on Structural Design and Construction*, 14(1), 14–20. doi:doi:10.1061/(ASCE)1084-0680(2009)14:1(14)
- Taro Yamane. (1973). *Static: An Introductory Analysis* (3<sup>rd</sup> ed.). New York: Harper and Row.
- Wannawit Taemthong (narrator). June 23–25, 2003. *Using learning curve models to estimate labor time*. In International Conference on Innovation in Architecture, Engineering and Construction (AEC). United Kingdom: King Mongkut's University of Technology North Bangkok.
- Wright T. P. (1936). Factors Affecting the Cost of Airplanes. *Journal of the Aeronautical Sciences*, 3(4), 122–128. doi:10.2514/8.155
- บัญชา เทียนเงิน. (2549). การประยุกต์ใช้ทฤษฎีการเรียนรู้ในงานก่อสร้าง กรณีศึกษาการปรับปรุงผลิตภาพในงานตอกเสาเข็ม. วิทยานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, กรุงเทพมหานคร.
- วรรณวิทย์ เต็มทอง (ผู้บรรยาย). 19–21 พฤษภาคม 2547. ผลกระทบของจำนวนคนงานในการประมาณเวลาการทำงานโดยใช้ทฤษฎีการเรียนรู้. ใน การประชุมวิศวกรรมโยธาแห่งชาติครั้งที่ 9. เพชรบุรี: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- วุฒิชัย จำนงค์. (ม.ป.ป.). การเรียนรู้ทฤษฎีเบื้องต้นและประยุกต์. กรุงเทพมหานคร: เจริญรัตน์การพิมพ์.