บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มา

การใช้พลังงานในอดีตนั้นผู้ใช้มิได้ให้ความสำคัญกับปริมาณพลังงานที่ถูกใช้ไป ทั้งนี้เนื่องมาจากเชื้อเพลิงมีจำนวนมากและราคาต้นทุนผลิตเป็นพลังงานในยุคก่อนนั้นมีราคาถูก แต่ภายหลังจากการปรับเพิ่มราคาของน้ำมันโลกอย่างรวดเร็วประกอบกับความต้องการการใช้เชื้อเพลิงเพื่อนำมาผลิตพลังงานมีความต้องการสูงขึ้นเรื่อยๆ ในขณะเดียวกันเชื้อเพลิงที่มีอยู่อย่างจำกัดก็มีปริมาณลดน้อยอย่างรวดเร็วด้วย จึงทำให้ในปัจจุบันมีการตื่นตัวที่จะคิดค้นหาวิธีการใหม่ๆ ซึ่งจะช่วยในการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ ในอาคารต่างๆ ก็เช่นกันได้มีวิธีการใหม่ๆ หลายวิธีการที่ถูกคิดค้นขึ้นมา เพื่อจัดการการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพของระบบต่างๆ ในอาคาร ซึ่งก็รวมถึงระบบระบายอากาศของอาคารด้วย

การระบายอากาศในอาคารนั้นเป็นสิ่งจำเป็นซึ่งเป็นการนำเอาอากาศบริสุทธิ์จากภายนอกเข้ามาใช้ภายในอาคารและทำให้มลพิษของอากาศภายในอาคารเจือจางลง และอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ ความต้องการอากาศภายนอกจะถูกควบคุมด้วยระดับของคาร์บอนไดออกไซด์ และมลพิษอื่น ๆ ภายในอาคาร (คุณภาพอากาศในอาคาร, IAQ) เพื่อให้มีจำนวนอากาศบริสุทธิ์จากภายนอกที่เพียงพอสำหรับความปลอดภัยและสำหรับสุขภาพที่ดีของทุกๆ คน

อัตราการใช้ออกซิเจนและผลิตคาร์บอนไดออกไซด์นั้นขึ้นอยู่กับพฤติกรรมของผู้อยู่อาศัย ภาระการระบายอากาศจะเพิ่มขึ้นเมื่อมีความต้องการอากาศภายนอกเพื่อที่จะทำให้ความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ที่ถูกผลิตโดยผู้อยู่อาศัยเจือจางลง ดังนั้นคาร์บอนไดออกไซด์จึงถูกใช้เป็นตัวบ่งชี้ความเพียงพอของการระบายอากาศและป้องกันการเกิดกลิ่นที่ไม่ต้องการ ใน ASHRAE Standard 62-1989 แนะนำว่าอัตราการระบายอากาศอย่างน้อยที่สุด 15 ลบ.ฟุต ต่อนาทีต่อคน ควรถูกนำมาใช้เพื่อควบคุมความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ภายในอาคารไม่ให้เกิน 1000 ppm และเพื่อให้สอดคล้องกับเกณฑ์ความสบาย(ในเรื่องของกลิ่น)

ในอดีตที่ผ่านมาวิศวกรที่ออกแบบระบบปรับอากาศ จะออกแบบระบบการระบายอากาศในอาคาร โดยยึดถือจำนวนคนที่คาดว่าจะอยู่ในอาคารกับอัตราการระบายอากาศที่ถูกแนะนำเอาไว้ใน ASHRAE Standard 62-1989 ตามตารางที่ 1.1 แสดงอัตราการระบายอากาศแนะ

นำ สำหรับบริเวณที่มีผู้คนอยู่อาศัยตามสถานที่ใช้งานต่างๆ เมื่อความหนาแน่นของผู้อยู่อาศัยแตกต่างไปจากที่ระบุไว้ในตารางมาตราฐานของ ASHRAE อัตราการระบายอากาศที่ออกแบบก็มักจะถูกคิดโดยประมาณหรืออนุมานขึ้น ในการออกแบบอัตราการระบายอากาศโดยทั่วไปผู้ออกแบบมักจะไม่คำนึงถึงจำนวนคนที่มีอยู่จริงในเวลานั้น ๆ แต่จะออกแบบโดยสมมุติจำนวนคนที่คาดว่าจะอยู่ในบริเวณนั้นสูงสุด และมีจำนวนคนอยู่คงที่ตลอดเวลา และอัตราการระบายอากาศก็จะคงที่ตลอดเวลาด้วย

ในความเป็นจริงแล้วจำนวนคนทีอยู่ในอาคารส่วนใหญ่จะแปรเปลี่ยนไม่คงที่เพราะคนที่อาศัยอยู่ในอาคารจะไม่ได้อยู่ในอาคารตลอดเวลาทำงาน และอาจจะมีผู้มาติดต่อเข้าออกอาคารตลอดเวลา และในอาคารบางประเภท เช่น ห้างสรรพสินค้าจะมีจำนวนลูกค้าเข้าออกไม่คงที่เปลี่ยนแปลงตลอดเวลา เป็นต้น ทำให้ภาระการระบายอากาศเปลี่ยนแปลงไม่คงที่ แต่ยังมีการระบายอากาศด้วยอัตราการระบายอากาศที่คงที่อยู่ ในระบบระบายอากาศที่ออกแบบด้วยอัตราการระบายอากาศที่คงที่นั้นก็จะก่อให้เกิดการระบายอากาศที่สิ้นเปลือง และไม่จำเป็นขึ้นเป็นจำนวนมากในขณะที่มีผู้อาศัยอยู่ในอาคารน้อยกว่าที่กำหนดไว้หรือเปลี่ยนแปลงไม่คงที่ นอกจากนั้นแล้วเมื่ออาคารมีการระบายอากาศออกไปเราจำเป็นต้องนำเอาอากาศใหม่(Fresh Air) จากภายนอกอาคารเข้ามา อากาศใหม่(Fresh Air)นี้ผู้ใช้ต้องนำมาปรับสภาวะอากาศก่อนที่จะนำไปจ่ายให้แก่บริเวณที่ทำงานในอาคารซึ่งจะเป็นการเพิ่มภาระให้แก่ระบบปรับอากาศด้วย

ปัญหาที่กล่าวมาแล้วสามารถแก้ไขได้ โดยการใช้ระดับความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์เป็นตัวบ่งบอกความต้องการของการระบายอากาศ และใช้ carbon dioxide sensor เป็นตัวควบคุมการระบายอากาศ ระดับความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์จะสูงหรือต่ำจะขึ้นอยู่กับจำนวนคนที่อาศัยอยู่ในอาคารเพราะว่าคนจะหายใจให้คาร์บอนไดออกไซด์ออกมาตลอดเวลา เมื่อระดับความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์มีระดับสูงกว่าระดับที่ต้องการ (ASHRAE Standard 62-1989 แนะนำว่าระดับของคาร์บอนไดออกไซด์ไม่ควรเกินกว่า 1000 ppm) ตัว sensor จะส่งสัญญาณให้พัดลมระบายอากาศทำงานเพื่อให้มีการระบายอากาศเกิดขึ้น ในช่วงที่มีคนอยู่น้อยหรือไม่มีคนเลย sensor นี้ก็จะปรับลดปริมาณการระบายอากาศลง การทำเช่นนี้จะช่วยลดพลังงานในการระบายอากาศลงได้เป็นอย่างมากและเหมาะสมกับสภาพการใช้งานจริง

การควบคุมการระบายอากาศตามความต้องการจริงโดยใช้ตัวตรวจรู้คาร์บอนไดออกไซด์(carbon dioxide sensor)นี้จะเป็นวิธีที่ดีและถูกต้อง สำหรับอาคารที่ต้องการอัตราการระบายอากาศที่เหมาะสมกับจำนวนคนที่มีอยู่จริง ขณะเดียวกันก็จะลดภาระระบบปรับอากาศและค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับการระบายอากาศส่วนที่เกินจริง ทำให้เกิดการประหยัดพลังงาน และลดค่าใช้จ่าย (ค่าพลังงาน) ลงได้เป็นอย่างมาก

ตารางที่ 1.1 แสดงอัตราการระบายอากาศซึ่งแนะนำโดย ASHRAE Standard 62-1989

การประยุกต์ใช้	จำนวนคนที่อาศัยอยู่มากที่สุดโดยประมาณ (คน/1000 ตร.ฟุต หรือ 100 ตร.เมตร)	ความต้องการอากาศภายนอก			
		ลบ.ฟุตต่อนาทีต่อคน	ลิตรต่อวินาทีต่อคน	ลบ.ฟุตต่อนาทีต่อตร.ฟุต	ลิตรต่อวินาทีต่อตร.เมตร
ซักแห้ง.ซักรีด					
ร้านซักรีด	10	25	13		
ร้านซักแห้ง	30	30	15		
ที่เก็บของ	30	35	18		
ห้องเก็บเงิน	20	15	8		
บริการเครื่องดื่มและอาหาร					
Dining rooms	70	20	10		
ห้องขายอาหาร	100	20	10		
บาร์	100	30	15		
ห้องครัว	20	15	8		
สถานบริการซ่อม					
โรงรถยนต์				1.50	7.50
ห้องซ่อมเครื่องยนต์				1.50	7.50
โรงแรม.หอพัก.ที่พักตากอากาศ				ลบ.ฟุตต่อนาทีต่อห้อง	ลิตรต่อวินาทีต่อห้อง
ห้องนอน				30	15
ห้องอยู่อาศัย				30	15
ห้องอาบน้ำ				35	18
ห้องโถง	30	15	8		
ห้องประชุม	50	20	10		
ห้องนัดพบ	120	15	8		

ตารางที่ 1.1 แสดงอัตราการระบายอากาศซึ่งแนะนำโดย ASHRAE Standard 62-1989(ต่อ)

การประยุกต์ใช้	จำนวนคนที่อาศัยอยู่มากที่สุดโดยประมาณ (คน/1000 ตร.ฟุต หรือ 100 ตร.เมตร)	ความต้องการอากาศภายนอก			
		ลบ.ฟุตต่อนาทีต่อคน	ลิตรต่อวินาทีต่อคน	ลบ.ฟุตต่อนาทีต่อตร.ฟุต	ลิตรต่อวินาทีต่อตร.เมตร
ที่นอนของห้องพัก	20	15	8		
ที่เล่นการพนัน	120	30	15		
สำนักงาน					
พื้นที่สำนักงาน	7	20	10		
พื้นที่ต้อนรับ	60	15	8		
พื้นที่ที่เป็นศูนย์กลางการติดต่อสื่อสาร	60	20	10		
ห้องประชุม	50	20	10		
พื้นที่สาธารณะ					
ทางเดิน				0.05	0.25
ห้องเช่า		50	25		
ห้องแต่งตัว				0.50	2.50
ที่สูบบุหรี่	70	60	30		
ลิฟต์				1.00	5.00
ร้านขายปลีก. พื้นที่ขายของ.ห้องแสดงสินค้า					
ชั้นล่างและถนน	30			0.30	1.50
ชั้นบน	20			0.20	1.00
ห้องเก็บของ	15			0.15	0.75
ห้องแต่งตัว				0.20	1.00
ทางเดินชมสินค้า	20			0.20	1.00
ที่ส่งของและรับรอง	10			0.15	0.75

ตารางที่ 1.1 แสดงอัตราการระบายอากาศซึ่งแนะนำโดย ASHRAE Standard 62-1989(ต่อ)

การประยุกต์ใช้	จำนวนคนที่อาศัยอยู่มากที่สุดโดยประมาณ (คน/1000 ตร.ฟุต หรือ 100 ตร.เมตร)	ความต้องการอากาศภายนอก			
		ลบ.ฟุตต่อนาทีต่อคน	ลิตรต่อวินาทีต่อคน	ลบ.ฟุตต่อนาทีต่อตร.ฟุต	ลิตรต่อวินาทีต่อตร.เมตร
คลังสินค้า	5			0.05	0.25
ที่สูบบุหรี่	70	60	30		
ร้านขายของประเภทเดียวโดยเฉพาะ					
ร้านตัดผม	25	15	8		
ร้านเสริมสวย	25	25	13		
ห้องรับแขก	20	15	8		
ร้านขายดอกไม้	8	15	8		
ร้านตัดเสื้อ				0.30	1.50
ร้ายขายยา,ร้านขายผ้า	8	15	8		
ซุปเปอร์มาร์เกต	8	15	8		
ร้านขายสัตว์เลี้ยง				1.00	5.00
กีฬาและบันเทิง					
พื้นที่สำหรับชมกีฬา	150	15	8		
ห้องเล่นเกม	70	25	13		
พื้นที่เล่นกีฬา				0.50	2.50
สระน้ำ				0.50	2.50
โรงพละ	30	20	10		
ห้องเต้นรำ	100	25	13		
ลานโบล์ลิ่ง	70	25	13		
โรงหนัง					
ห้องขายบัตร	60	20	10		

ตารางที่ 1.1 แสดงอัตราการระบายอากาศซึ่งแนะนำโดย ASHRAE Standard 62-1989(ต่อ)

การประยุกต์ใช้	จำนวนคนที่อาศัยอยู่มากที่สุดโดยประมาณ (คน/1000 ตร.ฟุต หรือ 100 ตร.เมตร)	ความต้องการอากาศภายนอก			
		ลบ.ฟุตต่อนาทีต่อคน	ลิตรต่อวินาทีต่อคน	ลบ.ฟุตต่อนาที ต่อ ตร.ฟุต	ลิตรต่อวินาทีต่อ ตร.เมตร
ห้องโถง	150	20	10		
ห้องประชุม	150	15	8		
เวที	70	15	8		
<u>การขนส่ง</u>					
ห้องนั่งรอ	100	15	8		
ชานชาลา	100	15	8		
ยานพาหนะ	150	15	8		
<u>ห้องทำงาน</u>					
การทำสินค้าอาหาร	10	15	8		
ห้องถ่ายรูป	10	15	8		
ห้องมืดล้างรูป	10			0.50	2.50
ห้องปรุงยา	20	15	8		
ห้องเก็บเงิน	5	15	8		
ห้องพิมพ์งาน				0.50	2.50

1.2 วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการประยุกต์ใช้ตัวตรวจรู้คาร์บอนไดออกไซด์ (carbon dioxide sensor) เพื่อใช้เป็นตัวควบคุมปริมาณการระบายอากาศในอาคารสำนักงานที่ตั้งอยู่ในประเทศไทย เพื่อลดการใช้พลังงานไฟฟ้าของประเทศ

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

1.3.1 ศึกษาระดับความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ทั้งภายในและภายนอกอาคารในอาคารสำนักงานขนาดใหญ่ของการปิโตรเลียมแห่งประเทศไทย (อาคาร ปตท.) เพื่อนำไปใช้เปรียบเทียบกับผลการทำนายระดับคาร์บอนไดออกไซด์ โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ในอาคารสำนักงาน

1.3.2 ศึกษาความเป็นไปได้ในการนำตัวตรวจรู้คาร์บอนไดออกไซด์(carbon dioxide sensor) มาใช้เป็นตัวควบคุมปริมาณการระบายอากาศสำหรับอาคารสำนักงานโดยคำนึงถึงความคุ้มทุนเป็นหลัก แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ตามหัวข้อ 1.3.1 จะถูกนำมาใช้ร่วมกับโปรแกรมสำเร็จรูป ASCOS เพื่อคำนวนค่าใช้จ่ายด้านพลังงานที่ลดลง

1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

จากการวิจัยจะได้คำตอบสำหรับแนวทางเลือกใหม่ในการออกแบบระบบระบายอากาศในอาคารสำนักงานเพื่อการประหยัดพลังงาน ถ้าในอาคารสำนักงานทั้งเก่าและใหม่มีการติดตั้งและใช้งานตัวตรวจรู้คาร์บอนไดออกไซด์(carbon dioxide sensor) นี้กันมากขึ้น ก็จะช่วยลดปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของประเทศลงได้ ซึ่งจะเป็นผลทำให้ทางการไฟฟ้าไม่จำเป็นต้องสร้างโรงไฟฟ้าเพิ่มขึ้น ซึ่งส่งผลที่ดีแก่ระบบต่างๆ เช่น สิ่งแวดล้อมจะถูกทำลายน้อยลง เป็นต้น

1.5 ผลงานวิจัยที่ผ่านมา

ผลงานวิจัยที่เกี่ยวกับเรื่อง ความเป็นไปได้ในการนำเอาตัวตรวจรู้คาร์บอนไดออกไซด์ (carbon dioxide sensor) มาเป็นตัวควบคุมการระบายอากาศในอาคารนั้นยังมีผู้ทำการศึกษาและวิจัยไม่มาก และที่มีอยู่ก็เป็นการศึกษาในเชิงเศรษฐศาสตร์ซึ่งไม่สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้กับอาคารสำนักงานในประเทศไทย ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่ผ่านมานั้นได้แก่

1.5.1 ผลงานวิจัยของ MILTON MECKLER ได้ศึกษาในหัวข้อเรื่อง "Demand-Control Ventilation Strategies for Acceptable IAQ" ได้ศึกษาถึงผลการคำนวนเปรียบเทียบทางเศรษฐศาตร์เมื่อนำ carbon dioxide sensor มาใช้เป็นตัวควบคุมการระบายอากาศของอาคาร 10 ชั้น โดยสมมุติว่าอาคารหลังนี้ตั้งอยู่ใน 5 รัฐในสหรัฐอเมริกา คือในมลรัฐ Miami, Atlanta, Washington D.C., New York และ Chicago แล้วคำนวนการใช้พลังงานโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปคำนวนการใช้พลังงานของระบบปรับอากาศตลอดทั้งปี การเปรียบเทียบนั้นกระทำโดยพิจารณาจากการระบายอากาศ 3 แบบคือ

1. การระบายอากาศคงที่โดยคิดที่ 20 ลบ.ฟุตต่อนาทีต่อคน
2. การระบายอากาศทำโดยตั้งระดับความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ไว้ที่ 800 ppm
3. การระบายอากาศทำโดยตั้งระดับความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ไว้ที่ 920 ppm

จากการศึกษาจะพบว่า การใช้พลังงานของอาคารที่มีการระบายอากาศโดยตั้งระดับความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ไว้ที่ 800 และ 920 ppm จะมีค่าการใช้พลังงานลดลงเมื่อเทียบกับระบบการระบายอากาศแบบอัตราการระบายคงที่โดยคิดที่ 20 ลบ.ฟุตต่อนาทีต่อคน และจะได้ค่าระยะเวลาคืนทุนของระบบ Demand-Control Ventelation (DCV) ที่ตั้งค่าไว้ที่ 920 ppmนั้นมีค่า เท่ากับ 1.42-1.83 ปี และระบบ DCV ที่ตั้งค่าไว้ที่ 800 ppm นั้นจะมีค่าระยะเวลาคืนทุนอยู่ในช่วง 1.53-2.23 ปี

1.5.2 ผลงานวิจัยของ MILTON MECKLER อีกเรื่องได้ศึกษา "Carbon Dioxide Prediction Model For VAV System Part-Load Evaluation" งานวิจัยได้กล่าวถึงความสำคัญของการระบายอากาศที่มีผลต่อปริมาณความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ของอากาศในอาคารอันจะมีผลเกี่ยวพันถึงความรู้สึกสบายและความเป็นอันตรายของสภาพอากาศต่อผู้อยู่อาศัยอีกด้วย แต่ในขณะเดียวกันการระบายอากาศที่มากเกินจำเป็นก็จะก่อให้เกิดการสิ้นเปลืองพลังงานสำหรับอาคารปรับอากาศเช่นกัน ดังนั้นการกำหนดปริมาณการระบายอากาศที่เหมาะสมจึงเป็นเรื่องที่สำคัญในงานวิจัย

การทดสอบพบว่าโดยทั่วไปก๊าซที่เป็นอันตรายต่อคนในอาคารจะขึ้นอยู่กับตัวแปรที่สำคัญ 2 ประการคือ จำนวนของผู้ที่อยู่อาศัยและกิจกรรม(activity) ที่ผู้คนกระทำเป็นหลักใหญ่ ปริมาณของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ซึ่งมีความสัมพันธ์กับตัวแปรข้างต้นทั้งสองเช่นกัน จึงถูกใช้เป็นเกณฑ์หลักในการกำหนดค่าการระบายอากาศที่เหมาะสม

งานวิจัยได้ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์และรูปแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ในการประมาณค่าของปริมาณการระบายอากาศที่เหมาะสมสำหรับอาคารที่ใช้ในการทดสอบ ซึ่งเป็นอาคารสูงที่ใช้เป็นสำนักงาน(Highrise Office Building) แห่งหนึ่งในเมือง Los Angeles ผลการประมาณให้ค่าการระบายอากาศอยู่ระหว่าง 15 ถึง 20 ลบ.ฟุตต่อนาทีต่อคน (เมื่อสมมุติให้อาคารหลังดังกล่าวมีการระบายอากาศที่คงที่ตลอดวันและมีค่าการระบายอากาศเท่ากับค่าต่ำสุดที่ยอมรับได้ตามที่ระบุไว้ใน ASHRAE Standard 62-1989)

จากนั้นจึงทำการตรวจวัดค่าความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ในพื้นที่จริงโดยปรับเปลี่ยนค่าปริมาณการระบายอากาศไปเรื่อยๆ จาก 15 ลบ.ฟุตต่อนาทีต่อคน จนถึง 20 ลบ.ฟุตต่อนาทีต่อคน ผลลัพธ์ที่ได้แสดงให้เห็นค่าสูงสุดของปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์จะเกิดขึ้นอยู่ระหว่างเวลา 15.00-17.00 น. โดยที่การระบายอากาศคิดที่ 15 ลบ.ฟุตต่อนาทีต่อคน จะมีค่าความเข้มข้นคาร์บอนไดออกไซด์สูงสุดเกินกว่า 1000 ppm และที่ค่าการระบายอากาศ 20 ลบ.ฟุตต่อนาทีต่อคน จะมีค่าความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์สูงสุดต่ำกว่า 1000 ppm (ค่า 1000 ppm เป็นเกณฑ์มาตราฐานที่ยอมรับได้) อย่างไรก็ดีค่าที่สูงเกินกว่า 1000 ppm สำหรับการระบายอากาศขนาด 15 ลบ.ฟุตต่อนาทีต่อคนนี้จะเกิดขึ้นในระยะสั้นๆ ดังนั้นการระบายอากาศขนาด 15 ลบ.ฟุตต่อนาทีต่อคน จึงใช่ว่าจะใช้ไม่ได้เสียทีเดียว

อนึ่ง MILTON MECKLER ซึ่งเป็นผู้วิจัยได้ให้ข้อคิดไว้ว่า การระบายอากาศด้วยอัตราต่างๆ ในการคำนวนด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์หรือแบบจำลองทางคณิตศาสตร์นั้น เป็นการสมมุติให้อากาศดี(Fresh Air) และอากาศเสียภายในห้องมีการผสมกันอย่างดีก่อนที่จะทำการระบายออก ซึ่งเป็นข้อด้อยของวิธีการทั้งสองนี้ นอกจากนี้การใช้คาร์บอนไดออกไซด์เป็นตัวบ่งชี้ปริมาณอากาศเสีย สำหรับห้องที่มีสภาวะไม่ปกติก็จะไม่สัมฤทธิ์ผลได้ จำเป็นจะต้องใช้ตัวแปรตัวอื่นเข้ามาร่วมในการคิดคำนวณด้วย