กลุ่มงานวิจัย / วิทยานิพนธ์

สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

การศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพการดูดซับกลีเซอรีน และน้ำมันดอกทานตะวันของใยบวบ

A COMPARATIVE STUDY OF THE ADSORPTION EFFICIENCY OF GLYCERIN AND SUNFLOWER OIL OF LUFFA FIBER

ฟองจิตต์ นาคพิน
หลักสูตรวิทยาศาสตร์เครื่องสำอาง คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต
shineday_wave001.@hotmail.com
ปรียานุช พงษ์ประพันธ์
หลักสูตรวิทยาศาสตร์เครื่องสำอาง คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต
best_cosmetics_007@hotmail.coth
ศิรดา ธิกำไร
หลักสูตรวิทยาศาสตร์เครื่องสำอาง คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต
luk_chinjang@hotmail.com
ประดับฟ้า นาคนก
หลักสูตรวิทยาศาสตร์เครื่องสำอาง คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต
pradupfah_n@hotmail.com
สรรค์ชัย เหลือจันทร์
หลักสูตรเทคโนโลยีเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต
sanchai_lua@hotmail.com
พรพัสนันท์ เดชประสิทธิโชค
หลักสูตรเทคโนโลยีเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต
ppsndpstch@hotmail.com

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้ เพื่อศึกษาการใช้ใยบวบเป็นตัวดูดซับสารให้ความชุ่มชื้นสองชนิด ได้แก่ กลีเซอรีนและน้ำมันดอกทานตะวัน โดยเก็บตัวอย่างเส้นใยบวบจากจังหวัดมุกดาหาร แล้วนำมาปรับสภาพเส้นใยบวบด้วยสารโซเดียมไฮดรอกไซด์ การศึกษาเวลาในการเข้าสู่สมดุลของสารให้ความชุ่มชื้นทั้งสองชนิด ทำได้โดยนำใยบวบที่แห้งจำนวน 0.25 กรัม ใส่ลงในกลีเซอรีน หรือน้ำมันดอกทานตะวัน ความเข้มข้น 1 กรัมต่อร้อยมิลลิลิตร ปริมาตร 50 มิลลิลิตร เขย่าที่เวลาต่างๆกัน (0, 10, 20, 30, 60, 120 นาที) และการศึกษาปริมาณการดูดซับสารให้ความชุ่มชื้นทั้งสองชนิด ทำได้โดยนำใยบวบที่แห้งจำนวน 0.25 กรัม แช่ลงในกลีเซอรีน หรือน้ำมันดอกทานตะวันปริมาตร 50 มิลลิลิตร ที่ความเข้มข้นต่างๆกัน (1, 2, 3, 4, 5, 10, 15, 30, 50 และ 100 กรัมต่อร้อยมิลลิลิตร) แล้วเขย่าเป็นเวลา 60 นาที ผลของการศึกษาเวลาในการเข้าสู่สมดุล พบว่ากลีเซอรีนใช้เวลาในการเข้าสู่สมดุล 40 นาที ในขณะที่น้ำมันดอกทานตะวันใช้เวลาในการเข้าสู่สมดุล 60 นาที สำหรับผลของการศึกษาหาความเข้มข้นที่จุดสมดุลของสารให้ความชุ่มชื้นทั้งสองชนิด พบว่าใยบวบดูดซับน้ำมันดอกทานตะวันได้มากกว่ากลีเซอรีน ผลการวิจัยนี้สามารถนำมาใช้ในการประเมินความเหมาะสม และประสิทธิภาพของใยบวบในการดูดซับสารให้ความชุ่มชื้น เพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในการผลิตใยบวบขัดผิว

คำสำคัญ: การดูดซับ เครื่องสำอางขัดผิว สารให้ความชุ่มชื้น ใยบวบ

ABSTRACT

The objective of this research was to study the adsorption of two types of moisturizers; glycerin and sunflower oil by luffa fibers. The samples of the luffa fibers were obtained from Mukdahan province. The samples were pretreated with sodium hydroxide (NaOH). The equilibrium time experiments: 0.25 g of dried luffa fibers were immersed into 50 mL of glycerin or sunflower oil with a concentration of 1 g/100 mL. The solutions were shaken for various times (0, 10, 20, 30, 60, and 120 minutes). Investigating the adsorption quantity of moisturizers by luffa fibers, 0.25 g of dried luffa fibers were immersed into 50 mL of glycerin or sunflower oil with different concentration levels (1, 2, 3, 4, 5, 10, 15, 30, 50 and 100 g/100 mL). The solutions were shaken for 60 minutes. The finding was that the equilibrium time for glycerin and sunflower oil were achieved at 40 and 60 minutes, respectively. For the finding revealed that luffa fibers had a greater ability to adsorb the amount of sunflower oil than glycerin. The findings of this study would be beneficial to evaluate the suitability and efficiency of adsorption of moisturizer by luffa fibers for the future application such as body scrub.

KEYWORDS: Adsorption, Cosmetic scrub, Moisturizer, Luffa fiber

บทนำ

ใยบวบเป็นเส้นใยธรรมชาติ ที่มีลักษณะคล้ายฟองน้ำ (Zampieri et al., 2006) เส้นใยมีความเหนียว นิยมนำไปใช้ทำความสะอาดร่างกาย ปัจจุบันใยบวบขัดผิวเป็นที่นิยมกันอย่างแพร่หลายในประเทศไทย เกษตรกรไทยจึงนิยมปลูกบวบหอม เพื่อนำมาทำเป็นใยบวบหอมขัดผิวกันเป็นจำนวนมาก ลักษณะที่เด่นของเส้นใยบวบ คือ ใยบวบมีเซลลูโลสเป็นองค์ประกอบหลัก (Tanobe et al., 2005) ใยบวบจึงถูกนำมาใช้เป็นวัสดุแทนฟองน้ำขัดทำความสะอาดร่างกาย ซึ่งปัจจุบันคนเราใส่ใจในเรื่องของสุขภาพและความงามกันมากขึ้น จึงทำให้ผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางถูกผลิตขึ้นมากมายหลายประเภท โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางที่มาจากธรรมชาติ เนื่องจากมีความเชื่อกันว่ามีผลข้างเคียงน้อยกว่าสารสังเคราะห์ มีความเป็นพิษน้อย และเป็นวัตถุดิบที่หาได้ง่ายในประเทศ โดยเฉพาะตามชุมชนได้มีการนำสมุนไพรพื้นบ้านของไทยแต่โบราณ หรือผลผลิตจากพืชมาใช้เป็นวัตถุดิบหลักในการผลิตและพัฒนาเป็นเครื่องสำอางที่ใช้ทำความสะอาดกันมากขึ้น เพื่อเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับวัตถุดิบที่ได้จากธรรมชาติ โดยเครื่องสำอางเป็นผลิตภัณฑ์ที่ใช้กับร่างกายในชีวิตประจำวัน เพื่อทำความสะอาด ทำนุบำรุง เสริมสร้าง ปกป้อง แก้ไขข้อบกพร่อง หรือตกแต่งสีสันให้กับส่วนต่างๆ ของร่างกาย เพื่อให้สวยงามและสะอาด ทำให้ผู้ใช้มีบุคลิกชวนมองยิ่งขึ้น และเพิ่มความมั่นใจในการเข้าสังคม

ทางคณะผู้วิจัยเห็นความสำคัญ ณ จุดนี้จึงได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของใยบวบในการดูดซับสารให้ความชุ่มชื้นที่ละลายในน้ำ คือ กลีเซอรีน และสารให้ความชุ่มชื้นที่ละลายในน้ำมัน คือ น้ำมันดอกทานตะวัน เพื่อนำไปใช้ เป็นผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางขัดผิวกาย ซึ่งเป็นการนำเอาวัตถุดิบท้องถิ่นภูมิปัญญาไทยที่มีอยู่มาใช้ให้เกิดประโยชน์ และเพื่อลดการใช้สารสังเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ ที่อาจก่อให้เกิดอาการแพ้ และระคายเคืองได้ง่าย ซึ่งทางคณะผู้วิจัยหวังว่าการศึกษานี้ จะเป็นประโยชน์ต่อผู้ที่สนใจพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางในอนาคตต่อไป

กรอบแนวคิดและทฤษฎี

บวบหอมจัดอยู่ในพืชผักตระกูลแตง ชื่อวิทยาศาสตร์ คือ *Luffa cylindrica (Linn.) M.J Roem* เป็นพืชสวนครัว และพืชสมุนไพรของไทย ใยบวบมีลักษณะคล้ายฟองน้ำ (Zampieri et al., 2006) เส้นใยเหนียว สีขาวหรือสีเหลืองออกขาว น้ำหนักเบา ใยบวบประกอบด้วยเซลลูโลส ถึงประมาณร้อยละ 90 และลิกนินประมาณร้อยละ 10 (Tanobe et al., 2005) ใยบวบที่จะนำมาใช้ประโยชน์ควรมีการกำจัดแว็ก และกัมมี่ ซึ่งสามารถทำได้หลายวิธี โดยนำใยบวบมาต้มในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ที่ความเข้มข้นต่างๆ (Ghali et al., 2009; Tanobe et al., 2005 and Demir et al., 2008) จากนั้นควรนำใยบวบไปอบให้แห้ง ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง (Ghali et al., 2009) หรือนำเข้าตู้อบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 6 ชั่วโมง (Demir et al., 2008) การอบใยบวบให้แห้งจะเป็นการขจัดน้ำออกจากใยบวบ ปัจจุบันมีการนำใยบวบมาใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ มากมาย เช่น การนำใยบวบมาผลิตเป็นจุลผลึกเซลลูโลส (Ohwoavworhua et al., 2004 and Ejikeme, 2008) เนื่องจากจุลผลึกเซลลูโลสเป็นผลิตภัณฑ์ ที่มีความสำคัญสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างกว้างขวางในอุตสาหกรรมเภสัช อาหาร เครื่องสำอาง และอุตสาหกรรมอื่นๆ นอกจากนี้ใยบวบยังมีประสิทธิภาพเป็นตัวดูดซับ เช่น การดูดซับสีย้อมเมทิลีนบลูในน้ำ เนื่องจากสีย้อมดังกล่าว นิยมใช้เป็นสีย้อมกระดาษ สีย้อมหนัง หรือสิ่งทอต่างๆ แต่สีย้อมเมทิลีนบูลมีความเป็นพิษต่อมนุษย์ (Demir et al., 2008) การดูดซับน้ำมัน ในแหล่งน้ำเสีย (Annunciado

et al., 2005) การดูดซับโลหะหนักต่างๆ ในน้ำ เช่น แคดเมียม (Akhtar et al., 2003) นิกเกิล (Akhtar et al., 2004) ทองแดง (Laidani et al., 2011) จากงานวิจัยดังกล่าวข้างต้น สมมติฐานได้ว่า ใยบวบซึ่งเป็นวัสดุธรรมชาติที่มีองค์ประกอบของเซลลูโลสสูง มีคุณสมบัติเป็นตัวดูดซับที่ดีชนิดหนึ่ง โดยการดูดซับเป็นขบวนการสะสมของสารชนิดหนึ่งระหว่างผิวของสองวัฏภาค อาจเป็นระหว่างแก๊สกับของแข็ง สารละลายกับของแข็ง สารละลายกับแก๊ส หรือสารละลายกับสารละลาย ใยบวบจึงน่าที่จะสามารถดูดซับสารที่มีคุณสมบัติในการให้ความชุ่มชื้นได้ดี ดังนั้น การนำใยบวบมาปรับปรุงคุณภาพด้วยเบส โดยการดัดแปลงจากวิธีของ Demir และคณะ (Demir et al., 2008) และ Ghali และคณะ (Ghali et al., 2009) และการหาความเหมาะสม เพื่อนำใยบวบมาใช้ในการดูดซับสารให้ความชุ่มชื้นชนิดต่างๆ จะสามารถนำผลวิจัยที่ได้ไปเลือกใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์เพิ่มความ ชุ่มชื้น เช่น เครื่องสำอางเพิ่มความชุ่มชื้นให้กับผิวกายได้เป็นอย่างดี

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของใยบวบในการดูดซับสารให้ความชุ่มชื้นที่ละลายในน้ำ คือ กลีเซอรีน และสารให้ความชุ่มชื้นที่ละลายในน้ำมัน คือ น้ำมันดอกทานตะวัน

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเตรียมใยบวบ ใช้การเตรียมโดยการดัดแปลงจากวิธีของ Demir และคณะ (Demir et al., 2008) และ Ghali และคณะ (Ghali et al., 2009) มีขั้นตอนดังนี้

1) เก็บตัวอย่างบวบสด จากคุณพวงเพชร ระนา บ้านเลขที่ 118 หมู่ 1 ตำบลภูวง อำเภอหนองสูง จังหวัดมุกดาหาร

2) กำจัดสิ่งสกปรก โดยนำบวบสดที่เก็บได้มาล้างน้ำ

3) ลอกเปลือกออก และทำให้แห้ง โดยนำเข้าตู้อบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง จากนั้นนำเข้าไว้ในเดสิกเคเตอร์เพื่อป้องกันการดูดความชื้น

4) นำบวบที่อบแห้งแล้วมาบดให้มีขนาด 150 ไมโครเมตร (100 เมช) ด้วยเครื่องปั่นน้ำผลไม้

5) นำใยบวบมาต้มในสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ความเข้มข้น 1 โมลต่อลิตร ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง

6) กรองและล้างใยบวบด้วยน้ำกลั่นจนน้ำทิ้งจากการล้างมีความเป็นกรด-ด่าง (ค่า pH) เท่ากับ 7 จากนั้นนำไปเข้าตู้อบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง นำใยบวบที่ได้มาเติมในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที จากนั้นนำไปเข้าตู้อบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง แล้วนำเข้าไว้ในเดสิกเคเตอร์

2. การศึกษาเวลาในการเข้าสู่สมดุลของใยบวบในการดูดซับกลีเซอรีน และน้ำมันดอกทานตะวัน โดยใช้วิธีการทดลองแบบทีละเท ดังนี้

1) ศึกษาความสามารถของใยบวบในการดูดซับสารกลีเซอรีน โดยชั่งน้ำหนักที่แน่นอนของใยบวบที่ผ่านการปรับสภาพ ปริมาณ 0.25 กรัม ใส่ลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร จำนวน 6 ขวด

2) ใส่กลีเซอรีนความเข้มข้น 1 กรัมต่อร้อยมิลลิลิตร 50 มิลลิลิตร ลงในขวดรูปชมพู่ทั้ง 6 ใบที่เตรียมไว้ แล้วนำไปเขย่าด้วยเครื่องเขย่า โดยควบคุมความเร็วให้เท่ากับ 100 รอบต่อนาที ณ อุณหภูมิห้อง ตามระยะเวลาต่างๆ ได้แก่ 0, 10, 20, 30, 60 และ 120 นาที

3) ชั่งน้ำหนักกระดาษกรองก่อนกรองใยบวบ

4) กรองใยบวบที่ดูดซับสารกลีเซอรีนที่เวลาต่างๆ ด้วยเครื่องกรองแบบสุญญากาศ

5) นำไปเข้าตู้อบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำไปชั่งหาน้ำหนักกระดาษกรอง และใยบวบที่ดูดซับกลีเซอรีนที่เวลาต่าง ๆ

6) ทำการทดลองซ้ำ จากข้อ 1) ถึงข้อ 5) อีกสองซ้ำ แล้วนำผลการทดลองที่ได้มาคำนวณหาค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$)

7) นำข้อมูลที่ได้มาพล็อตกราฟหาความสัมพันธ์ระหว่างเวลา (t) กับปริมาณการดูดซับกลีเซอรีนของใยบวบ (N)

8) ศึกษาความสามารถของใยบวบในการดูดซับน้ำมันดอกทานตะวัน โดยทำการทดลองเหมือนกับการศึกษาความสามารถของใยบวบในการดูดซับสารกลีเซอรีน แต่เปลี่ยนจากสารกลีเซอรีนเป็นน้ำมันดอกทานตะวัน

3. การศึกษาปริมาณการดูดซับของใยบวบในการดูดซับกลีเซอรีน และน้ำมันดอกทานตะวัน โดยใช้วิธีการทดลองแบบทีละเท ดังนี้

1) ศึกษาปริมาณการดูดซับของใยบวบในการดูดซับกลีเซอรีน โดยชั่งน้ำหนักที่แน่นอนของใยบวบที่ผ่านการปรับสภาพ ปริมาณ 0.25 กรัม ลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร จำนวน 10 ขวด

2) ใส่กลีเซอรีนความเข้มข้นที่ 1, 2, 3, 4, 5, 10, 15, 30, 50 และ100 กรัมต่อร้อยมิลลิลิตร ลงในขวดรูปชมพู่ทั้ง 10 ขวด ที่เตรียมไว้ตามลำดับ แล้วนำไปเขย่าด้วยเครื่องเขย่า โดยควบคุมความเร็วให้เท่ากับ 100 รอบต่อนาที ณ อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 60 นาที

3) ชั่งน้ำหนักกระดาษกรองก่อนอบใยบวบ

4) กรองใยบวบที่ดูดซับกลีเซอรีนที่เวลาต่างๆ ด้วยเครื่องกรองแบบสุญญากาศ

5) นำไปเข้าตู้อบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำไปชั่งหาน้ำหนักกระดาษกรองและใยบวบที่ดูดซับกลีเซอรีน

6) ทำการทดลองซ้ำ จากข้อ 1) ถึงข้อ 5) อีกสองซ้ำ แล้วนำผลการทดลองที่ได้มาคำนวณหาค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$)

7) นำข้อมูลที่ได้มาพล็อตกราฟหาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของกลีเซอรีน (C) กับปริมาณการดูดซับกลีเซอรีนของใยบวบ (N) และหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficient; R^2)

8) ศึกษาปริมาณการดูดซับของใยบวบในการดูดซับน้ำมันดอกทานตะวัน โดยทำการทดลองเช่นเดิมแต่เปลี่ยนจากกลีเซอรีนเป็นน้ำมันดอกทานตะวัน

9) เปรียบเทียบปริมาณการดูดซับของใยบวบในการดูดซับกลีเซอรีน และน้ำมันดอกทานตะวัน

สรุปผลการวิจัย

ผลจากการนำใยบวบที่ผ่านการปรับสภาพมาศึกษาเวลาในการเข้าสู่สมดุลของสารกลีเซอรีน และน้ำมันดอกทานตะวัน พบว่าน้ำมันดอกทานตะวันใช้เวลาในการเข้าสู่สมดุล 60 นาที ซึ่งมากกว่ากลีเซอรีน เนื่องจากกลีเซอรีนใช้เวลาในการเข้าสู่สมดุล 40 นาที ดังนั้นเวลาในการเข้าสู่สมดุลของน้ำมันดอกทานตะวันจึงถูกนำไปกำหนดเป็นเวลาที่ใช้ในการหาปริมาณในการดูดซับของกลีเซอรีนและน้ำมันดอกทานตะวัน ผลจากการศึกษาความสามารถของใยบวบในการดูดซับสารให้ความชุ่มชื้นที่ละลายในน้ำคือ กลีเซอรีน และสารให้ความชุ่มชื้นที่ละลายในน้ำมัน คือ น้ำมันดอกทานตะวัน ที่ความเข้มข้นต่างๆ ได้แก่ 1, 2, 3, 4, 5, 10, 15, 30, 50 และ 100 กรัมต่อร้อยมิลลิลิตร ตามลำดับ พบว่าเมื่อความเข้มข้นมากขึ้นใยบวบจะมีความสามารถในการดูดซับสารทั้ง 2 ชนิดได้มากขึ้นโดยใยบวบดูดซับน้ำมันดอกทานตะวันได้ดีกว่ากลีเซอรีน แสดงว่าใยบวบมีประสิทธิภาพเป็นตัวดูดซับน้ำมันดอกทานตะวันได้ดีกว่ากลีเซอรีน ดังนั้นในการทำผลิตภัณฑ์ขัดผิวกาย ควรนำใยบวบมาดูดซับน้ำมันดอกทานตะวันมากกว่านำมาดูดซับกลีเซอรีน ผลการวิจัยนี้สามารถนำมาใช้ในการประเมินความเหมาะสมและประสิทธิภาพของใยบวบในการดูดซับสารให้ความชุ่มชื้น เพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์ใยบวบขัดผิว

อภิปรายผล

เมื่อนำใยบวบที่ผ่านการปรับสภาพพื้นผิว จำนวน 0.25 กรัม มาดูดซับกลีเซอรีน 50 มิลลิลิตร โดยนำไปเขย่าด้วยเครื่องเขย่า ที่ความเร็วในการเขย่าเท่ากับ 100 รอบต่อนาที ณ อุณหภูมิห้องที่เวลาต่าง ๆ ได้แก่ 0, 10, 20, 30, 60 และ 120 นาที ตามลำดับ เพื่อศึกษาหาเวลาในการเข้าสู่สมดุลของใยบวบในการดูดซับกลีเซอรีน และน้ำมันดอกทานตะวัน แสดงดังภาพประกอบ 1 และ 2 โดย แกน X คือ เวลา (นาที) ใช้สัญลักษณ์เป็น t (min) แกน Y คือ ปริมาณของกลีเซอรีน หรือน้ำมันดอกทานตะวัน ที่ถูกดูดซับต่อน้ำหนักของใยบวบหนึ่งกรัม (กรัมต่อกรัม) ใช้สัญลักษณ์เป็น N (g/g) ตามลำดับ

ภาพประกอบ 1 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับปริมาณการดูดซับกลีเซอรีนของใยบวบ

จากภาพประกอบ 1 พบว่า ใยบวบสามารถดูดซับกลีเซอรีนได้เพิ่มขึ้น เมื่อเวลามากขึ้น จากเวลา 0-30 นาที โดยค่าความสามารถในการดูดซับกลีเซอรีนของใยบวบจะเริ่มคงที่ เมื่อใช้เวลาในการดูดซับประมาณ 40 นาทีขึ้นไป แสดงว่าใยบวบที่ดูดซับกลีเซอรีนเริ่มเข้าสู่สมดุลที่เวลา 40 นาที โดยมีค่าการดูดซับประมาณ 0.04 กรัมของกลีเซอรีนต่อใยบวบหนึ่งกรัม

ภาพประกอบ 2 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับปริมาณการดูดซับน้ำมันดอกทานตะวันของใยบวบ

จากภาพประกอบ 2 พบว่าใยบวบสามารถดูดซับน้ำมันดอกทานตะวันได้เพิ่มขึ้นเมื่อเวลามากขึ้น จากเวลา 0-60 นาที โดยค่าความสามารถในการดูดซับน้ำมันดอกทานตะวันของใยบวบจะเริ่มคงที่ เมื่อใช้เวลาในการดูดซับตั้งแต่ 60 นาทีขึ้นไป จากภาพประกอบพบว่า ณ ที่เวลา 60 นาที และ 120 นาที ใยบวบดูดซับน้ำมันดอกทานตะวันได้ใกล้เคียงกันคือมีค่าเท่ากับ 1.67 และ 1.69 กรัมต่อกรัม ตามลำดับ แสดงว่าใยบวบที่ดูดซับน้ำมันดอกทานตะวันเริ่มเข้าสู่สมดุลที่เวลา 60 นาที

ผลจากการศึกษาเวลาในการเข้าสู่สมดุลของสารกลีเซอรีน และน้ำมันดอกทานตะวัน พบว่าน้ำมันดอกทานตะวัน ใช้เวลาในการเข้าสู่สมดุลนานกว่ากลีเซอรีน จึงนำไปกำหนดเป็นเวลาที่ใช้ในการหาปริมาณการดูดซับของใยบวบ ในการดูดซับของกลีเซอรีนและน้ำมันดอกทานตะวัน เพื่อเป็นข้อมูลสำหรับนำไปประยุกต์ใช้กับตำรับเครื่องสำอางขัดผิวกาย สำหรับข้อมูลจากการศึกษาปริมาณการดูดซับของใยบวบในการดูดซับกลีเซอรีนที่ความเข้มข้น 1, 2, 3, 4, 5, 10, 15, 30, 50 และ 100 กรัมต่อร้อยมิลลิลิตร ตามลำดับ แสดงดังภาพประกอบ 3 โดยแกน X คือ ความเข้มข้นของกลีเซอรีน (กรัมต่อร้อยมิลลิลิตร) ใช้สัญลักษณ์เป็น C_e (g/100mL) แกน Y คือ ปริมาณของกลีเซอรีนที่ถูกดูดซับต่อน้ำหนักของใยบวบหนึ่งกรัม (กรัมต่อกรัม) ใช้สัญลักษณ์เป็น N (g/g)

ภาพประกอบ 3 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของกลีเซอรีนกับปริมาณการดูดซับกลีเซอรีนของใยบวบ

จากภาพประกอบ 3 พบว่ากราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของกลีเซอรีนกับปริมาณการดูดซับกลีเซอรีนของใยบวบมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.997 แสดงว่าความเข้มข้นของกลีเซอรีนมีความสัมพันธ์แบบเชิงเส้นตรงกับปริมาณของกลีเซอรีนที่ถูกดูดซับต่อน้ำหนักของใยบวบหนึ่งกรัม จากกราฟพบ ว่าใยบวบสามารถดูดซับกลีเซอรีนได้เพิ่มขึ้น เมื่อความเข้มข้นเพิ่มมากขึ้น สำหรับการศึกษาปริมาณการดูดซับของใยบวบในการดูดซับน้ำมันดอกทานตะวัน ที่ความเข้มข้นที่ 1, 2, 3, 4, 5, 10, 15, 30, 50 และ 100 กรัมต่อร้อยมิลลิลิตร ตามลำดับ แสดงดังภาพประกอบ 4

ภาพประกอบ 4 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของน้ำมันดอกทานตะวัน กับปริมาณการดูดซับน้ำมันดอกอกทานตะวันของใยบวบ

จากภาพประกอบ 4 พบว่ากราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของน้ำมันดอกทานตะวันกับปริมาณการดูดซับน้ำมันดอกทานตะวันของใยบวบมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.929 แสดงว่าความเข้มข้นของ

น้ำมันดอกทานตะวัน มีความสัมพันธ์แบบเชิงเส้นตรงกับปริมาณของน้ำมันดอกทานตะวัน ที่ถูกดูดซับต่อน้ำหนักของใยบวบหนึ่งกรัม เช่นเดียวกับกลีเซอรีน โดยภาพประกอบ 4 แสดงให้เห็นว่าใยบวบสามารถดูดซับน้ำมันดอกทานตะวันเพิ่มขึ้น เมื่อความเข้มข้นเพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการดูดซับกลีเซอรีน และน้ำมันดอกทานตะวันของใยบวบ พบว่าใยบวบดูดซับน้ำมันดอกทานตะวันได้ดีกว่ากลีเซอรีน จากการศึกษาความสามารถของใยบวบในการดูดซับสารให้ความชุ่มชื้นที่ละลายในน้ำคือ กลีเซอรีน และสารให้ความชุ่มชื้นที่ละลายในน้ำมัน คือ น้ำมันดอกทานตะวัน ที่ความเข้มข้นต่างๆ กัน พบว่าใยบวบมีความสามารถในการดูดซับสารทั้งสองชนิด เนื่องจากใยบวบที่ผ่านการปรับสภาพด้วยเบสแก่ จะมีลักษณะโครงสร้างของเส้นใยเซลลูโลสเป็นโพรงขนาดเล็ก (Demir et al., 2008) แสดงว่าใยบวบมีประสิทธิภาพเป็นตัวดูดซับที่ดีชนิดหนึ่ง

ข้อเสนอแนะ

1) งานวิจัยนี้สามารถนำผลวิจัยไปเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการดูดซับกับวัสดุดูดซับทางธรรมชาติชนิดอื่นๆ

2) งานวิจัยนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง โดยการเพิ่มสารให้ความชุ่มชื้นให้กับผิว เพื่อเป็นการเพิ่มอาชีพและรายได้ให้กับชุมชน และเพื่อการขยายสู่ระดับอุตสาหกรรมต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ หลักสูตรเทคโนโลยีเคมี หลักสูตรวิทยาศาสตร์เครื่องสำอาง คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต เป็นอย่างสูง ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ในการทำปฏิบัติการทดลอง ทำให้งานวิจัยเรื่องนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

รายการอ้างอิง

Akhtar, N., Iqbal, J., and Iqbal, M. 2003. “Chlorella sorokiniana immobilized on the biomatrix of vegetable sponge of Luffa cylindrical: a new system to remove cadmium from contaminated aqueous medium.” **Bioresource Technology**, 88, 2: 163-165.

Akhtar, N., Iqbal, J., and Iqbal, M. 2004. “Removal and recovery of nickel (II) from aqueous solution by luffa sponge-immobilized biomass of Chlorella sorokiniana: characterization studies.” **Journal of Hazardous Materials**, B108: 85-94.

Annunciado, T. R., Sydenstrickers, T. H. D., and Amico, S. C. 2005. “Experiment investigation of various vegetable fibers as sorbent materials for oil spills.” **Marine Pollution Bulletin**, 50: 1340-1360.

Demir, H., Top, D. A., Balkose, D., and Ulku, S. 2008. “Dye adsorption behavior of Luffa cylindrical fibers.” **Journal of Hazardous Materials**, 153: 389-394.

Ejikeme, P. M. 2008. “Investigation of the physicochemical properties of microcrystalline cellulose from agricultural wastes I: Orange mesocarp.” **Cellulose**, 15: 141–147.

Ghali, L., Msahli, S., Zidi, M., and Sakli, F. 2009. "Effect of pre-treatment of Luffa fibres on the structural properties." **Materials Letters**, 63: 61-63.

Laidani, Y. 2011. "Use of fiber Luffa cylindrica for waters treatment charged in copper. Study of the possibility of its regeneration by desorption chemical." **Energy Procedia**, 6: 381-388.

Ohwoavworhua, F. O., Kunle, O. O., and Ofoefule, S. I. 2004. "Extraction and characterization of microcrystalline cellulose derived from luffa cylindrica plant." **African Journal of Pharmaceutical Research and Development**, 1, 1: 1–6.

Tanabe, V. O. A., Sydenstricker, T. H. D., Munaro, M., and Amico, S. C. 2005. "A comprehensive characterization of chemically treated Brazilian sponge-gourds (Luffa cylindrical)." **Polymer Testing**, 24: 474-482.

Zampieri, A., Mabande, P. T. G., Selvam, T., Schwieger, W., Rudolph, A., Hermann, R., Sieber, H., and Greil, P. 2006. "Biotemperating on Luffa cylindrical sponges to self-supporting hierarchical zeolite macrostructures for bio-inspired structured catalytic reactors." **Materials Science and Engineering**, C26: 130-135.

การศึกษาความต้องการทางด้านเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารของผู้สูงอายุในเขตพื้นที่กรุงเทพมหานคร

AN EMPIRICAL INVESTIGATION OF NEEDS FOR INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGY OF SENIOR CITIZENS IN BANGKOK AREA

สุรศักดิ์ มังสิงห์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สถาบันวิทยาการสารสนเทศ มหาวิทยาลัยศรีปทุม

Email: surasak.mu@spu.ac.th

จารุวรรณ มณฑิราช

นักวิชาการคอมพิวเตอร์ชำนาญการ กระทรวงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร

Email: m_jar14@hotmail.com

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอผลงานวิจัย การศึกษาความต้องการทางด้านเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารของผู้สูงอายุในเขตพื้นที่กรุงเทพมหานคร มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความต้องการทางด้านเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร ปัญหาและอุปสรรคของการเข้าถึงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารของประชากรผู้สูงอายุชาวไทยที่อาศัยอยู่ในเขตพื้นที่กรุงเทพมหานคร โดยเก็บข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างผู้สูงอายุ ที่มีอายุตั้งแต่ 60 ปีขึ้นไป โดยสุ่มตัวอย่างจากสมาชิกสมาคมผู้สูงแห่งประเทศไทยและผู้สูงอายุที่อาศัยอยู่บริเวณใกล้เคียงศูนย์การเรียนรู้ไอซีทีชุมชน ในเขตพื้นที่กรุงเทพมหานคร จำนวน 120 คน ผลการศึกษาพบว่าผู้สูงอายุในเขตพื้นที่กรุงเทพมหานครมีความต้องการทางด้านเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารในระดับสูง 3 ด้าน คือ (1) ต้องการให้หน่วยงานภาครัฐหรือผู้ที่เกี่ยวข้องให้ความสำคัญในการลดความเหลื่อมล้ำในการเข้าถึงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร (2) ต้องการให้หน่วยงานภาครัฐหรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้องจัดสรรเครื่องมืออุปกรณ์สำหรับการเข้าใช้งานให้ และ (3) ต้องการให้หน่วยงานภาครัฐหรือผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องให้ความสำคัญในการส่งเสริมการเรียนรู้ สำหรับปัญหาและอุปสรรคในการเข้าถึงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารนั้น ผู้สูงอายุส่วนใหญ่มีความเห็นว่า การใช้งานเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารมีความยุ่งยากซับซ้อน ขาดความรู้และทักษะในการใช้งาน และไม่มีงบประมาณสำหรับเป็นค่าบริการอินเทอร์เน็ตรายเดือน นอกจากนี้ ผลการวิเคราะห์ยังพบว่าปัจจัยด้านลักษณะอาชีพ มีความสัมพันธ์กับความต้องการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารเพื่อให้ความรู้และการช่วยเหลือทางด้านสุขภาพของผู้สูงอายุ ปัจจัยด้านอายุมีความสัมพันธ์กับความต้องการให้หน่วยงานภาครัฐหรือผู้ที่เกี่ยวข้องให้ความสำคัญในการส่งเสริมการเรียนรู้ด้านเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร และมีความสัมพันธ์กับความต้องการให้หน่วยงานภาครัฐหรือผู้ที่เกี่ยวข้องให้ความสำคัญในการลดความเหลื่อมล้ำในการเข้าถึงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร

คำสำคัญ : ความต้องการทางด้านเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร, เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร, ผู้สูงอายุ

ABSTRACT

This paper presents an empirical investigation of needs for information and communication technology (ICT) of senior citizens in Bangkok, Thailand. The objective is to study needs, difficulties and barriers in accessing information and communication technology of Thai senior people in Bangkok area. Data were collected via questionnaires from 120 senior citizens, at age of 60 or older, random sampling from members of the Seniors Association of Thailand and senior citizens who live nearby community ICT-Training centers in Bangkok. The study results found that the senior citizens in Bangkok area need ICT supports, from relevant public organizations, at high level, in three areas: (1) reducing gap for ICT accessing; (2) provision of facilities for ICT accessing; and (3) ICT training for senior citizens. The difficulties or barriers for ICT accessing include perception that ICT is too complex to use, lacking of knowledge and skills in ICT accessing, and lacking of budget for Internet service monthly fee. In addition, the analytical results showed that the basic characteristic of careers were correlated to the needs for ICT in senior-citizen health education and assisting, the ages of senior - citizens were significantly correlated to the needs for ICT - training support, by the reverent public organization, and also the ages of senior citizens were correlated to the needs for reducing gap for ICT accessing, by the relevant public organization.

KEYWORD: needs for information and communication technology, information and communication technology, senior citizens.

1. บทนำ

เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารมีบทบาทสำคัญต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์ ในการสร้างสังคมแห่งภูมิปัญญาและการเรียนรู้ (Knowledge Base Society) ที่เป็นตัวจักรสำคัญในการสร้างความเจริญให้กับสังคม ตลอดจนสร้างความมั่นคงให้แก่ประเทศ การเปลี่ยนแปลงต่างๆ ทั้งทางด้านเศรษฐกิจ สังคม และเทคโนโลยี รวมถึงความก้าวหน้าทางด้านการแพทย์ ส่งผลทำให้ประชากรมีอายุยืนยาวขึ้น ซึ่งดูได้จาก อายุคาดเฉลี่ย (Life Expectancy) ที่สูงขึ้น ประกอบกับการที่โครงสร้างประชากรของประเทศไทยมีการเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่องโดยเป็นผลมาจากการเกิดที่ลดลง ซึ่งจากหนังสือ “สรุปผลที่สำคัญ การสำรวจประชากรสูงอายุในประเทศไทย พ.ศ. 2550” ของสำนักงานสถิติแห่งชาติ ได้กล่าวถึงแนวโน้มของประชากรสูงอายุ ไว้ว่า “จากผลสำรวจของสำนักงานสถิติแห่งชาติปี 2550 พบว่าผู้สูงอายุเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 10.7 โดยเป็นชายร้อยละ 44.6 และเป็นหญิงร้อยละ 55.4 ผลการสำรวจครั้งล่าสุดในปี 2550 ประเทศไทยมีสัดส่วนของประชากรวัยสูงอายุเพิ่มมากขึ้นจนเกือบจะเป็นครึ่งหนึ่งของประชากรวัยเด็กคือ 47.7 ประเทศไทยได้ก้าวเข้าสู่การเป็นสังคมผู้สูงอายุ (Aging Society) ตั้งแต่ปี 2548 เพื่อรองรับการขยายตัวและเพื่อมุ่งเน้นการลดปัญหาความเหลื่อมล้ำในการเข้าถึงเทคโนโลยีสารสนเทศและ

การสื่อสาร ข้อมูลข่าวสาร เป็นการพัฒนาคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้น จึงได้มีการศึกษาความต้องการรวมถึงปัญหาและอุปสรรคของการเข้าถึงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารของผู้สูงอายุที่มีอายุ 60 ปี ขึ้นไป โดยเริ่มทำการศึกษากลุ่มผู้สูงอายุที่อาศัยอยู่ในพื้นที่เขตกรุงเทพมหานคร เพื่อประโยชน์แก่หน่วยงานในการพัฒนาการบริการและการนำไปปรับปรุงและออกกรอบแนวนโยบายหรือสร้างแผนงาน/โครงการช่วยเหลือสนับสนุนให้ผู้สูงอายุได้รับประโยชน์จากการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารในการพัฒนาคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้นต่อไป

2. วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. เพื่อศึกษาความต้องการทางด้านเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารของผู้สูงอายุที่มีอายุตั้งแต่ 60 ปีขึ้นไปที่อาศัยอยู่ในเขตพื้นที่กรุงเทพมหานคร
2. เพื่อศึกษาปัญหา อุปสรรคของการเข้าถึงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารของประชากรผู้สูงอายุในประเทศไทยที่อาศัยอยู่ในเขตพื้นที่กรุงเทพมหานคร
3. เพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของอาชีพกับความต้องการด้านเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารของผู้สูงอายุ

3. ขอบเขตของงานวิจัย

ศึกษาความต้องการทางด้านเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร ปัญหาและอุปสรรคในการเข้าถึงเทคโนโลยสารสนเทศและการสื่อสารของประชากรผู้สูงอายุที่มีอายุตั้งแต่ 60 ปีขึ้นไป ในเขตพื้นที่กรุงเทพมหานคร และความสัมพันธ์ของปัจจัยพื้นฐานกับความต้องการทางด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ

4. รูปแบบการวิจัย

เป็นการวิจัยเชิงสำรวจ โดยใช้แบบสอบถามเก็บรวบรวมข้อมูลจากประชากรกลุ่มตัวอย่าง แบบสอบถามที่ใช้มี 5 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม ได้แก่ เพศ อายุ สถานภาพ ระดับการศึกษาสูงสุดลักษณะอาชีพ รายได้เฉลี่ยต่อเดือน

ส่วนที่ 2 ข้อคำถามเกี่ยวกับการมีและการใช้อุปกรณ์และเครื่องมือทางด้านเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร

ส่วนที่ 3 ข้อคำถามเกี่ยวกับความต้องการทางด้านเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร เป็นแบบสอบถามลักษณะการตอบเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) เป็นรูปแบบของการถามที่ใช้ประเมินค่าสิ่งที่ต้องการวัด โดยใช้ชนิดที่เป็นมาตราส่วนประมาณค่าแบบตัวเลข (Numerical Rating) 5 ระดับ เรียงลำดับจากน้อยที่สุดถึงมากที่สุด

ส่วนที่ 4 ข้อคำถามเกี่ยวกับปัญหาและอุปสรรคในการเข้าถึงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร เป็นแบบสอบถามลักษณะการตอบเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) เป็นรูปแบบของการถามที่ใช้ประเมินค่าสิ่งที่ต้องการวัด ชนิดที่เป็นมาตราส่วนประมาณค่าแบบตัวเลข (Numerical Rating) และมีการสรุปจัดลำดับความสำคัญของปัญหา

ส่วนที่ 5 ข้อคำถามปลายเปิดเป็นข้อคำถามเกี่ยวกับข้อเสนอแนะเพิ่มเติมหรือข้อคิดเห็นที่ต้องการให้หน่วยงานภาครัฐเข้ามาช่วยเหลือ

5. ประชากรหรือกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรสำหรับงานวิจัยนี้คือผู้สูงอายุ ทั้งเพศชายและเพศหญิงชาวไทยที่มีอายุตั้งแต่ 60 ปีขึ้นไปและอาศัยอยู่ในเขตพื้นที่กรุงเทพมหานคร จำนวนรวมทั้งสิ้น 692,654 คน (ข้อมูลของกรมการปกครอง กระทรวงมหาดไทย ปี พ.ศ.2553) เมื่อคำนวณขนาดกลุ่มตัวอย่างตามสูตรของ ทาโร่ ยามาเน่ (Taro Yamane) จะได้กลุ่มตัวอย่างขนาด 100 คน ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 90 สำหรับงานวิจัยนี้ ได้ใช้กลุ่มตัวอย่างขนาด 120 คน

6. สรุปผลการวิจัย

1. ผลการสำรวจข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม พบว่า จากกลุ่มตัวอย่างจำนวน 120 คน เป็นเพศหญิงร้อยละ 56.7 และเพศชาย ร้อยละ 43.3 ส่วนใหญ่ (ร้อยละ 68.3) มีอายุระหว่าง 60 - 65 ปี รองลงมา (ร้อยละ 16.7) มีอายุมากกว่า 65 จนถึง 70 ปี ส่วนใหญ่ (ร้อยละ 61.6) มีสถานภาพสมรสแล้ว และ รองลงมา (ร้อยละ 29.2) เป็นหม้าย/หย่าร้าง ทางด้านการศึกษาระดับสูงสุดนั้น ส่วนใหญ่ (ร้อยละ 25.8) สำเร็จปริญญาตรีและ รองลงมา (ร้อยละ 24.2) เรียนจบระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย/เทียบเท่า สำหรับลักษณะอาชีพที่ทำอยู่ในปัจจุบันส่วนใหญ่ (ร้อยละ 42.5)ไม่ได้ประกอบอาชีพ และรองลงมา (ร้อยละ 26.7) ประกอบอาชีพอิสระ ในส่วนของรายได้ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่ (ร้อยละ 36.7) มีรายได้เฉลี่ยเดือนละ 5,000 – 10,000 บาท และรองลงมา (ร้อยละ 17.5) มีรายได้เฉลี่ยต่อเดือน 15,001 – 20,000 บาท

2. ด้านความต้องการทางด้านเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร

จากการศึกษาความต้องการทางด้านเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารของกลุ่มตัวอย่างพบว่า ผู้สูงอายุมีความต้องการทางด้านเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารในระดับปานกลาง คือมีคะแนนเฉลี่ยในภาพรวม 2.99 จากคะแนนเต็ม 5.00 และเมื่อพิจารณาความต้องการทางด้านเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารเป็นรายด้าน(ดูตารางที่ 1) พบว่ามีความต้องการในระดับมากจำนวน 3 ด้าน คือความต้องการให้หน่วยงานภาครัฐหรือผู้ที่เกี่ยวข้องให้ความสำคัญในการลดความเหลื่อมล้ำในการเข้าถึงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มีค่าคะแนนเฉลี่ย 4.03 มีความต้องการให้หน่วยงานภาครัฐหรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้องจัดสรรเครื่องมืออุปกรณ์สำหรับการเข้าใช้งานให้ มีคะแนนเฉลี่ย 3.93 และมีความต้องการให้หน่วยงานภาครัฐหรือผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องให้ความสำคัญในการส่งเสริมการเรียนรู้ มีคะแนนเฉลี่ย 3.87

ตารางที่ 1 ความต้องการทางด้านเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารด้านต่างๆ

ความต้องการทางด้านเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร	$\bar{X}$	S.D.	การแปลค่า
1. มีความต้องการใช้งานคอมพิวเตอร์เพื่อการพิมพ์งาน	2.68	1.391	ปานกลาง
2. มีความต้องการใช้งานคอมพิวเตอร์เพื่อการคำนวณ	2.41	1.333	ปานกลาง
3. มีความต้องการใช้งานเพื่อการอ่านข้อมูล ข่าวสาร	3.21	1.302	ปานกลาง
4. มีความต้องการใช้งานเพื่อการพูด – คุย	2.59	1.435	ปานกลาง
5. มีความต้องการใช้งานจดหมายอิเล็กทรอนิกส์ (E-mail) เพื่อการติดต่อสื่อสาร	2.46	1.408	ปานกลาง
6. มีความต้องการใช้งานเพื่อส่งเสริมอาชีพ เสริมสร้างรายได้	2.55	1.377	ปานกลาง
7. มีความต้องการใช้งานเพื่อการซื้อหรือขายสินค้า ผลิตภัณฑ์	2.25	1.361	น้อย
8. มีความต้องการใช้งานเพื่อช่วยอำนวยความสะดวกในด้านต่างๆ	3.30	1.157	ปานกลาง
9. มีความต้องการใช้เพื่อการติดต่อสื่อสารกับบุตรหลาน/ญาติมิตรที่อยู่ต่างพื้นที่	3.12	1.139	ปานกลาง
10. มีความต้องการใช้เพื่อให้ความรู้และช่วยเหลือทางด้านสุขภาพ	3.50	1.152	ปานกลาง
11. มีความต้องการใช้เพื่อการค้นคว้า หาข้อมูล	3.33	1.392	ปานกลาง
12. มีความต้องการใช้เพื่อศึกษาธรรมะ	2.82	1.290	ปานกลาง
13. มีความต้องการใช้เพื่อตรวจฉลากกินแบ่งรัฐบาล	2.40	1.503	ปานกลาง
14. มีความต้องการใช้เพื่อความบันเทิง สนุกสนาน เพลิดเพลิน	2.81	1.398	ปานกลาง
15. มีความต้องการใช้เพื่อคลายความเหงา	2.78	1.361	ปานกลาง
16. มีความต้องการใช้เพื่อฆ่าเวลาในแต่ละวัน	2.59	1.411	ปานกลาง
17. มีความต้องการใช้งานเพื่อรู้เท่าทันต่อบุตรหลานและคนในครอบครัว	3.07	1.352	ปานกลาง
18. มีความต้องการให้หน่วยงานภาครัฐหรือผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องให้ความสำคัญในการส่งเสริมการเรียนรู้	***3.87***	***1.178***	***มาก***
19. มีความต้องการให้หน่วยงานภาครัฐหรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้องจัดสรรเครื่องมืออุปกรณ์สำหรับการเข้าใช้งานให้	***3.93***	***1.214***	***มาก***
20. มีความต้องการให้หน่วยงานภาครัฐหรือผู้ที่เกี่ยวข้องให้ความสำคัญในการลดความเหลื่อมล้ำในการเข้าถึงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร	***4.03***	***1.166***	***มาก***
ค่าเฉลี่ยรวม	**2.99**	**1.316**	**ปานกลาง**

3. ด้านการมีและการใช้อุปกรณ์และเครื่องมือทางด้านเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร

จากการศึกษาด้านการมีและการใช้อุปกรณ์และเครื่องมือทางด้านเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร พบว่า กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่มีโทรศัพท์มือถือแบบทั่วไปร้อยละ 24.8 แต่มีโทรศัพท์มือถือแบบสมาร์ทโฟนเพียงร้อยละ 1.1 เท่านั้น กลุ่มตัวอย่างรู้จักร้านอินเทอร์เน็ตร้อยละ 50.3 และรู้จักศูนย์การเรียนรู้ ICT ชุมชนร้อยละ 30.1 สำหรับการใช้อินเทอร์เน็ตนั้นพบว่าใช้อินเทอร์เน็ตจากที่บ้านร้อยละ 31.3 จากร้านอินเทอร์เน็ตร้อยละ 20.6 และ ไม่เคยใช้บริการ จำนวน 42 คน คิดเป็นร้อยละ 26.3 ในส่วนของการฝึกอบรมพบว่า กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่ (ร้อยละ 45.5)ไม่เคยได้รับการฝึกอบรมหรือคำแนะนำเกี่ยวกับการใช้คอมพิวเตอร์และอินเทอร์เน็ต เคยได้รับคำแนะนำ มาบ้างแล้วและเคยเข้ารับการอบรมแล้วมีจำนวนคิดเป็นร้อยละ 35.8 และ 18.7 ตามลำดับ ในส่วนของการใช้บริการผ่านระบบอินเทอร์เน็ต (ดูตารางที่ 2) พบว่ากลุ่มตัวอย่างมีการใช้บริการผ่านระบบอินเทอร์เน็ต เพื่อ

การเรียนรู้ออนไลน์ เพื่อติดต่อกับหน่วยงานภาครัฐ และเพื่อการยื่นภาษีเงินได้ มีจำนวนคิดเป็นร้อยละ 29.4, 18.2 และ12.2 ตามลำดับ

ตารางที่ 2 ปัญหาและอุปสรรคในการเข้าถึงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร

การใช้บริการผ่านอินเทอร์เน็ต	จำนวน (คน)	ร้อยละ
1. การยื่นภาษีเงินได้	22	12.2
2. การติดต่อหน่วยงานภาครัฐ	33	18.2
3. การเรียนรู้ออนไลน์	37	20.4
4. การซื้อสินค้าออนไลน์	21	11.6
5. การขายสินค้าออนไลน์	6	3.3
6. อื่นๆ	8	4.4
7. ไม่เคยใช้บริการผ่านระบบอินเทอร์เน็ต	54	29.8
รวม	**181**	**100.0**

4. ด้านปัญหาและอุปสรรคในการเข้าถึงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร

ผลสำรวจปัญหาและอุปสรรคในการเข้าถึงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารของกลุ่มตัวอย่าง (ดูตารางที่ 3) พบว่า กลุ่มตัวอย่างมีปัญหาและอุปสรรคในการเข้าถึงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร ในระดับปานกลาง เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่า ปัญหาและอุปสรรคในการเข้าถึงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารที่อยู่ในระดับมาก คือ การขาดความรู้ความสามารถและทักษะในการใช้งาน รองลงมาอยู่ระดับปานกลาง คือ การใช้งานมีความยุ่งยากซับซ้อน

ตารางที่ 3 ปัญหาและอุปสรรคในการเข้าถึงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร

ปัญหาและอุปสรรคในการเข้าถึงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร	$\bar{X}$	S.D.	การแปลค่า
1. ไม่มีเครื่องมืออุปกรณ์ในการใช้งาน	3.17	1.434	ปานกลาง
2. มีเครื่องมือหรืออุปกรณ์ไม่เพียงพอต่อความต้องการ	2.88	1.391	ปานกลาง
3. ขาดงบประมาณในการซื้อเครื่องมืออุปกรณ์	3.17	1.324	ปานกลาง
4. ขาดงบประมาณสำหรับค่าใช้จ่ายในการใช้บริการอินเทอร์เน็ตรายเดือน	3.18	1.288	ปานกลาง
5. ขาดความรู้ความสามารถและทักษะในการใช้งาน	***3.74***	***1.647***	***มาก***
6. มีความเกรงกลัวที่จะใช้งาน	3.04	1.325	ปานกลาง
7. การใช้งานมีความยุ่งยากซับซ้อน	***3.46***	***1.152***	***ปานกลาง***
8. ไม่มีเวลาในการเข้าใช้งาน	2.88	1.086	ปานกลาง
9. ไม่ทราบสถานที่ตั้งของแหล่งให้บริการ	2.80	1.339	ปานกลาง
10. แหล่งบริการอยู่ไกล ไม่สะดวกในการเดินทาง	2.74	1.226	ปานกลาง
11. ไม่ทราบถึงประโยชน์	2.72	1.265	ปานกลาง
12. ไม่เห็นความสำคัญ	2.49	1.290	ปานกลาง
ค่าเฉลี่ยรวม	**2.94**	**1.314**	**ปานกลาง**

5. ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะอาชีพในปัจจุบันกับความต้องการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารเพื่อให้ความรู้และช่วยเหลือด้านสุขภาพ (ดูตารางที่ 4) พบว่าลักษณะอาชีพในปัจจุบันส่งผลต่อความต้องการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารเพื่อให้ความรู้และช่วยเหลือด้านสุขภาพโดยมีค่าความสำคัญทางสถิติที่ระดับ .002

ตารางที่ 4 แสดงค่าการทดสอบการแจกแจงแบบไคสแควร์ระหว่างลักษณะอาชีพในปัจจุบันกับความต้องการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารเพื่อให้ความรู้และช่วยเหลือด้านสุขภาพ

	Value	df	Asymp.Sig.(2-side)
Pearson Chi-Square	37.119[a]	16	.002
Likelihood Ratio	38.032	16	.001
N of Valid Cases	120		

7. อภิปรายผลการวิจัย

จากผลการศึกษาพบว่าในภาพรวมผู้สูงอายุที่อาศัยอยู่ในพื้นที่กรุงเทพมหานครมีความต้องการทางด้านเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารในระดับปานกลาง แต่เมื่อพิจารณาความต้องการเป็นรายด้าน พบว่ามีความต้องการให้หน่วยงานภาครัฐหรือผู้ที่เกี่ยวข้องให้ความสำคัญในการลดความเหลื่อมล้ำในการเข้าถึงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร ในระดับสูง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ดนุวศิน เจริญ (2551) ที่พบว่า อายุเป็นปัจจัยที่น่ากังวลสำหรับปัญหาความเหลื่อมล้ำในการเข้าถึงข้อมูล โดยมีผู้ที่มีอายุมากกว่า 50 ปี เพียงร้อยละ 4.4 ที่ใช้คอมพิวเตอร์ และร้อยละ 2.9 ที่ใช้อินเทอร์เน็ต

ผลการวิเคราะห์ในประเด็นความต้องการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารเพื่อให้ความรู้และความช่วยเหลือด้านสุขภาพแก่ผู้สูงอายุ พบว่า สาเหตุที่ความต้องการทางด้านนี้ยังไม่อยู่ในระดบสูง อาจเป็นผลมาจากปัญหาอุปสรรคในเรื่องของการขาดความสามารถและทักษะในการใช้งานทางด้านเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารของกลุ่มตัวอย่าง หากกลุ่มตัวอย่างได้รับความช่วยเหลือในด้านการฝึกอบรมหรือได้รับคำแนะนำเพื่อเพิ่มพูนพัฒนาความรู้ความสามารถและทักษะในการใช้งานแล้ว คาดว่ากลุ่มตัวอย่างจะมีความต้องการทางด้านนี้สูงขึ้น

ผลการวิเคราะห์ในประเด็นความต้องการให้หน่วยงานภาครัฐหรือผู้เกี่ยวข้องให้ความสำคัญในการส่งเสริมการเรียนรู้ด้านเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารของผู้สูงอายุ พบว่า ผู้สูงอายุมีความต้องการในระดับสูง เนื่องจากผู้สูงอายุส่วนใหญ่มีความเห็นว่าการใช้งานระบบเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารมีความยุ่งยากซับซ้อน และตนเองยังขาดความรู้และประสบการณ์ในการเข้าถึงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารอย่างมีประสิทธิภาพ

ผลการวิเคราะห์ในประเด็นความต้องการให้หน่วยงานภาครัฐหรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้องจัดสรรเครื่องมืออุปกรณ์สำหรับการใช้งานของผู้สูงอายุ พบว่า ผู้สูงอายุมีความต้องการเป็นอย่างมาก เนื่องจากผู้สูงอายุส่วนใหญ่มีรายได้น้อย (เฉลี่ยเดือนละ 5,000 - 10,000 บาท) ส่งผลให้ผู้สูงอายุส่วนใหญ่ขาดแคลนอุปกรณ์สำหรับการเข้าถึงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร และไม่มีงบประมาณสำหรับค่าเช่าบริการอินเทอร์เน็ต

ผลการวิเคราะห์ในประเด็นความต้องการให้หน่วยงานภาครัฐหรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้องให้ความสำคัญในการลดความเหลื่อมล้ำในการเข้าถึงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร พบว่า ผู้สูงอายุมีความต้องการเป็นอย่างมาก แม้ว่ากระทรวงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารได้จัดให้มีโครงการต่างๆ เพื่อลดความเหลื่อมล้ำในการเข้าถึงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร เช่น โครงการจัดตั้งศูนย์การเรียนรู้ ICT ชุมชนซึ่งได้จัดตั้งไปแล้วทั่วประเทศ กว่า 1,800 แห่ง แต่มีศูนย์การเรียนรู้ ICT ชุมชนในกรุงเทพมหานครเพียง 34 แห่ง และมีผู้สูงอายุเพียงร้อยละ 20 เท่านั้นที่รู้จัก การประชาสัมพันธ์และจัดกิจกรรมเพื่อใช้ศูนย์การเรียนรู้ ICT ชุมชน ส่งเสริมการเรียนรู้ให้แก่ประชาชนในชุมชนจะช่วยลดช่องว่างดิจิทัลได้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ โปรดปราน บุญยพุกกณะ (2554)

8. ข้อเสนอแนะ

จากผลการศึกษาความต้องการทางด้านเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารของผู้สูงอายุในเขตพื้นที่กรุงเทพมหานคร ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะในการนำงานวิจัยนี้ไปใช้ประโยชน์และข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป ดังนี้

8.1 ข้อเสนอแนะในการนำงานวิจัยนี้ไปใช้ประโยชน์

การศึกษาความต้องการทางด้านเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารของผู้สูงอายุในเขตพื้นที่กรุงเทพมหานคร ทำให้ได้ข้อมูลผลการศึกษาด้านความต้องการทางด้านเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร รวมถึงปัญหาและอุปสรรคในการเข้าถึงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารของผู้สูงอายุที่อาศัยอยู่ ในพื้นที่กรุงเทพมหานคร หน่วยงานภาครัฐ เอกชน หรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้องสามารถนำผลการศึกษาในครั้งนี้ไปใช้ให้เกิดประโยชน์ได้ ดังนี้

1. นำผลการศึกษานี้ไปใช้เพื่อสนับสนุนการคิดวิเคราะห์ พิจารณา วางกรอบนโยบาย ยุทธศาสตร์ โครงสร้าง กลไก หรือแผนงาน สำหรับโครงการต่างๆ ที่เกี่ยวกับการส่งเสริม อำนวยความสะดวก เพื่อการพัฒนาคุณภาพชีวิตของประชากรผู้สูงอายุด้านเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร ทั้งในส่วนของซอฟต์แวร์ ฮาร์ดแวร์ การพัฒนาเครื่องมืออุปกรณ์ทางเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร อาทิ โทรศัพท์มือถือ การขยายปริมาณและการเพิ่มคุณภาพแหล่งให้บริการทางด้านคอมพิวเตอร์และอินเทอร์เน็ต โดยให้ความสำคัญกับกลุ่มเป้าหมายที่เป็นผู้สูงอายุให้มากขึ้น และผลการศึกษาครั้งนี้ จะเป็นประโยชน์มากต่อหน่วยงานหรือองค์กรที่ปฏิบัติภารกิจเกี่ยวกับการส่งเสริมสนับสนุนความเท่าเทียมในการเข้าถึงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารของประชาชนในประเทศไทย เช่น กระทรวงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร และเหมาะสมกับหน่วยงานที่มีภารกิจในการพัฒนาคุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุ เช่น ศูนย์พัฒนาคุณภาพชีวิตผู้สูงอายุและประชาชน สำนักงานส่งเสริมสวัสดิภาพและพิทักษ์เด็ก เยาวชน ผู้ด้อยโอกาส และผู้สูงอายุ เช่น กระทรวงการพัฒนาสังคมและความมั่นคงของมนุษย์

2. หน่วยงานทั้งภาครัฐและภาคเอกชนควรนำผลการศึกษาในครั้งนี้ไปใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาการให้บริการในทุกด้านที่เกี่ยวข้องกับผู้สูงอายุเพื่อมุ่งตอบสนองความต้องการและการแก้ไขปัญหาและอุปสรรคในการเข้าถึงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารของผู้สูงอายุ อาทิ การจัดกิจกรรมที่เป็นประโยชน์ในการเพิ่มพูนความรู้และทักษะในการใช้งานเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร เพื่อให้ผู้สูงอายุมีทักษะความรู้ในการใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

8.2 ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

เนื่องจากการศึกษาวิจัยครั้งนี้เป็นการสำรวจความต้องการทางด้านเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารของผู้สูงอายุเฉพาะในเขตพื้นที่กรุงเทพมหานครเท่านั้น ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะว่า ในการศึกษาวิจัยครั้งต่อไป ควรทำการวิจัยให้ครอบคลุมพื้นที่ในจังหวัดอื่นๆ เพิ่มเติม เนื่องจากคาดว่าความต้องการ รวมถึงปัญหาและอุปสรรคในแต่ละพื้นที่จังหวัดอาจมีความแตกต่างกัน

9. เอกสารอ้างอิง

กระทรวงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร. 2552. **แผนแม่บทเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร (ฉบับที่ 2) ของประเทศไทย พ.ศ. 2552 – 2556.**

ดนุวศิน เจริญ. 2551. **ความเลื่อมล้ำในการเข้าถึงเทคโนโลยี (Digital Divide): ปัญหาและแนวทางแก้ไข.** รายงานการวิจัย คณะบริหารธุรกิจ สถาบันพัฒนบริหารศาสตร์.

คณะกรรมการกิจการโทรคมนาคมแห่งชาติ. 2550. **รายงานแนวทางกำกับดูแลนโยบายอินเทอร์เน็ตเพื่อแก้ไขปัญหาความเหลื่อมล้ำในการเข้าถึงข้อมูลสารสนเทศทางอินเทอร์เน็ต.** สำนักงานคณะกรรมการกิจการโทรคมนาคมแห่งชาติ.

โปรดปราน บุญยพุกกณะ. 2554. **ความเหลื่อมล้ำและความไม่เป็นธรรมด้านสารสนเทศ.** ปาฐกถาเสาหลักของแผ่นดิน ชุดความเหลื่อมล้ำและความไม่เป็นธรรมในการเข้าถึงทรัพยากรและบริการพื้นฐานของประเทศไทย. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วาสนา สุขกระสานติ. 2541. **โลกของคอมพิวเตอร์และสารสนเทศ.** พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิเศษศักดิ์ โคตรอาษา. 2542. เท**คโนโลยีสารสนเทศเพื่อการเรียนรู้.** กรุงเทพฯ: เธิร์ดเวฟ เอ็ดดูเคชั่น.

สำนักงานสถิติแห่งชาติ. 2551. **สรุปผลที่สำคัญ การสำรวจประชากรสูงอายุในประเทศไทย พ.ศ. 2550.**

การพัฒนาแอพพลิเคชั่นฝึกทักษะทางคณิตศาสตร์บนเครื่องคอมพิวเตอร์แท็บเล็ต สำหรับนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 1

THE DEVELOPMENT OF MATHEMATICAL SKILL EXERCISES APPLICATION FOR TABLET: CASE STUDY OF ELEMENTARY EDUCATION STUDENTS (GRADE 1)

วิลัยพร ไชยสิทธิ์

อาจารย์ประจำสาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยราชภัฏหมู่บ้านจอมบึง

E-mail: kungwi@gmail.com

บทคัดย่อ

การพัฒนาแอพพลิเคชั่นฝึกทักษะทางคณิตศาสตร์บนเครื่องคอมพิวเตอร์แท็บเล็ตสำหรับนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 มีวัตถุประสงค์ดังนี้ 1) เพื่อพัฒนาแอพพลิเคชั่นฝึกทักษะทางคณิตศาสตร์บนเครื่องคอมพิวเตอร์แท็บเล็ตสำหรับนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 2) เพื่อประเมินประสิทธิภาพของแอพพลิเคชั่นฝึกทักษะทางคณิตศาสตร์บนเครื่องคอมพิวเตอร์แท็บเล็ตปฏิบัติการแอนดรอยด์ และ 3) เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ด้วยแอพพลิเคชั่นฝึกทักษะทางคณิตศาสตร์ กลุ่มตัวอย่างในการวิจัยในครั้งนี้เป็นนักเรียน ชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนบ้านจอมบึง (วาปีพร้อมประชาศึกษา) อ.จอมบึง จ.ราชบุรี จำนวน 30 คน ได้มาโดยการสุ่มอย่างง่าย (Sample Random Sampling) เครื่องมือที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูลประกอบด้วยแอพพลิเคชั่นฝึกทักษะทางคณิตศาสตร์ ซึ่งใช้ภาษา Action script 3.0 ในการพัฒนาแบบประเมินประสิทธิภาพของแอพพลิเคชั่นฝึกทักษะทางคณิตศาสตร์ และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และสถิติทดสอบค่าที (t-test Statistic) ผลการวิจัยพบว่า 1) ผลการประเมินคุณภาพของแอพพลิเคชั่นโดยผู้เชี่ยวชาญ 3 ด้าน คือด้านเนื้อหา ด้านการออกแบบแอพพลิเคชั่น และด้านการวัดผลและประเมินผล ภาพรวมทุกด้านมีคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก ที่ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.79 2) ผลการประเมินประสิทธิภาพของแอพพลิเคชั่น มีประสิทธิภาพเท่ากับ 80.78/95.11 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ 80/80 3) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ก่อนกับหลังเรียนด้วยแอพพลิเคชั่น พบว่า คะแนนหลังการเรียนรู้สูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 แสดงว่าแอพพลิเคชั่นที่พัฒนาขึ้นสามารถนำไปใช้ในการเรียนการสอนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ : แอพพลิเคชั่น, แบบฝึกทักษะ, แท็บเล็ต, แอนดรอยด์

ABSTRACT

In this study of the development of mathematical skill exercises application for tablet PC : case study of elementary education students (grade 1), the objectives were 1) to develop a mathematical skill exercises application for tablet PC for elementary education students (grade 1) 2) to measure the efficiency of the mathematical skill exercises application on an android OS tablet PC, 3) to compare students' achievement from learning through the application. A sample of 30 students was chosen by "Sample Random Sampling", from Prathomsuksa 1 class in Ban Chombueng School - Wapree Prom Pracha Suksa- in Choumbueng Subdistrict, Chombueng, Ratchaburi. The instruments used for data collecting consisted of a mathematical skill exercises application, the Action script 3.0 language which was employed for developing evaluation form to measure efficiency of the mathematical skill exercises application, and an achievement test instrument. The statistics used for analyzing data were mean, standard deviation, and t-test (t-test Statistic). The findings showed 1) the result of the application quality, evaluated by experts, set into 3 categories: content, design, and testing and evaluating. The overall result was in excellent level at the mean of 4.79, 2) the result of the application efficiency. It was at 80.78 /95.11, which considered higher than the standard of 80/80, and 3) the result of students' achievement occurred before and after learning through the application. The students' score after learning was higher than the score before learning at a level of 0.01 statistically significant. This implied that the application can be applied in teaching efficiently.

KEYWORDS : application, skill exercises, tablet, android

บทนำ

การศึกษามีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ กระทรวงศึกษาธิการจึงได้กำหนดหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 สำหรับท้องถิ่นและสถานศึกษาได้นำไปใช้เป็นกรอบและทิศทางในการจัดทำหลักสูตรสถานศึกษาการจัดการเรียนการสอน เพื่อพัฒนาเด็กและเยาวชนไทยทุกคนในระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานให้มีคุณภาพด้านความรู้ และทักษะที่จำเป็นสำหรับการดำรงชีวิตในสังคมที่มีการเปลี่ยนแปลงและแสวงหาความรู้เพื่อพัฒนาตนเองอย่างต่อเนื่องตลอดชีวิต โดยแบ่งเป็น 8 กลุ่มสาระการเรียนรู้ คือ ภาษาไทย คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ สังคมศาสตร์ ศาสนาและวัฒนธรรม สุขศึกษาและพลศึกษา ศิลปะ การงานอาชีพและเทคโนโลยี และภาษาต่างประเทศ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551) กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์มีบทบาทสำคัญยิ่งต่อการพัฒนาความคิดมนุษย์ ทำให้มนุษย์มีความคิดสร้างสรรค์ คิดอย่างมีเหตุผล เป็นระบบ มีแบบแผน สามารถวิเคราะห์ปัญหาหรือสถานการณ์ได้อย่างถี่ถ้วนรอบคอบ ช่วยให้คาดการณ์ วางแผน ตัดสินใจ แก้ปัญหา และนำไปใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างถูกต้องเหมาะสม

ปัจจุบันการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ในโรงเรียนระดับประถมศึกษาอาจจะยังไม่ประสบผลสำเร็จตามตัวชี้วัดของหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานมากนัก อย่างไรก็ตามดังจะเห็นได้จากรายงานการประเมินคุณภาพการศึกษาระดับชาติด้านคณิตศาสตร์ ในปีการศึกษา 2548 ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 คิดเป็น

ร้อยละ 41.11 และในส่วนของเรื่อง จำนวนและการดำเนินการ คิดเป็นร้อยละ 36.74 (สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาสงขลา เขต 2, 2548) จะเห็นว่านักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ทำคะแนนได้ไม่ถึงร้อยละ 50 เพราะนักเรียนไม่มีพื้นฐานในการคิดคำนวณมาในชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 อาจเนื่องมาจากปัญหาในเรื่องทักษะการคิดคำนวณพื้นฐานทางคณิตศาสตร์

จากข้อมูลและปัญหาที่เกิดขึ้นดังกล่าว ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดการพัฒนาแอพพลิเคชั่นฝึกทักษะทางคณิตศาสตร์บนเครื่องคอมพิวเตอร์แท็บเล็ตสำหรับนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 ซึ่งเป็นทักษะสำหรับใช้ในการศึกษาต่อในระดับที่สูงขึ้น อย่างไรก็ตามผู้พัฒนาเองมีความปรารถนาดีเพื่อจะได้เห็นการเติบโตทางการศึกษาของเด็กนักเรียนไทย และพร้อมสอดรับกับนโยบายเร่งด่วนของรัฐบาล คือ *"จัดหาเครื่องคอมพิวเตอร์แท็บเล็ตให้แก่โรงเรียนโดยเริ่ม ทดลอง ดำเนินการในโรงเรียนนำร่องสำหรับระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ ๑ ปีการศึกษา พ.ศ. ๒๕๕๕ ควบคู่กับการเร่งพัฒนาเนื้อหาที่เหมาะสมตามหลักสูตรบรรจุลงใน คอมพิวเตอร์แท็บเล็ต รวมทั้งจัดทำระบบอินเทอร์เน็ตไร้สายตามมาตรฐานการให้ บริการในสถานศึกษาที่กำหนดโดยไม่เสียค่าใช้จ่าย"* แอพพลิเคชั่นที่ทำงานบนเครื่องคอมพิวเตอร์แท็บเล็ตจึงเป็นสิ่งที่จำเป็นและสำคัญอย่างยิ่งบนการเปลี่ยนแปลงทางเทคโนโลยียิ่งนับวันจะมีแนวโน้มที่สูงและรวดเร็วมากขึ้นทุกที อีกทั้งจะเพิ่มศักยภาพของครูผู้สอนและของนักเรียนเอง เพื่อที่พร้อมสำหรับการแข่งขันในโลกของโลกาภิวัฒน์ได้อย่างมีประสิทธิภาพเช่นเดียวกัน

กรอบแนวคิดและทฤษฎี

จากกรอบแนวคิดในการวิจัยจะทำให้ผู้วิจัยและผู้อ่านงานวิจัยได้มองเห็นภาพรวมงานวิจัยของตนเองได้ชัดเจนขึ้น มองเห็นความสัมพันธ์ของตัวแปรที่ใช้ในการศึกษา นั้นก็คือมีตัวแปรต้นได้แก่ การพัฒนาแอพพลิเคชั่นฝึกทักษะทางคณิตศาสตร์บนเครื่องคอมพิวเตอร์แท็บเล็ตสำหรับนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 และตัวแปรตามได้แก่ ประสิทธิภาพของแอพพลิเคชั่นฝึกทักษะทางคณิตศาสตร์บนเครื่องคอมพิวเตอร์แท็บเล็ต และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนก่อนและหลังเรียนของนักเรียน ซึ่งตัวแปรต้นจะส่งผลให้เกิดตัวแปรตาม เช่น เมื่อนำแอพพลิเคชั่นไปใช้ในการเรียนการสอนแล้วส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

วิลัยพร ไชยสิทธิ์ (2553) ได้ศึกษาการพัฒนาบทเรียนออนไลน์ เรื่อง โครงสร้างข้อมูลเบื้องต้น มีวัตถุประสงค์ เพื่อพัฒนาบทเรียนออนไลน์ ศึกษาประสิทธิภาพของบทเรียน เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและประเมินความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อบทเรียน กลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาชั้นปีที่ 1 สาขาวิชาเทคโนโลยี

สารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏหมู่บ้านจอมบึง จำนวน 22 คน ซึ่งได้มาด้วยวิธีการสุ่มแบบเจาะจง (Purposive Sampling) เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาประกอบด้วย บทเรียนออนไลน์ แบบทดสอบหาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบประเมินคุณภาพของบทเรียน และแบบประเมินความพึงพอใจของผู้เรียน สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และสถิติทดสอบค่าที (t-test Statistic) ผลการวิจัยพบว่า บทเรียนออนไลน์ที่พัฒนาขึ้นประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญ พบว่า มีคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก ที่ค่าเฉลี่ย 4.71 และประสิทธิภาพของบทเรียนที่ 81.82/87.43 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด เมื่อทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มที่ทำการศึกษาพบว่า กลุ่มตัวอย่างมีผลสัมฤทธิ์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนที่นัยสำคัญทางสถิติ 0.01 และความพึงพอใจของผู้เรียนทีมีต่อบทเรียน อยู่ในระดับความพึงพอใจมาก ที่ค่าเฉลี่ย 4.37

วัฒน์ พลอยศรี (2551) ได้ศึกษา การสร้างบทเรียนออนไลน์แบบมีปฏิสัมพันธ์ เรื่องเทคโนโลยีก่อนพิมพ์ ผลการวิจัยพบว่า บทเรียนออนไลน์แบบมีปฏิสัมพันธ์มีผลการประเมินคุณภาพด้านเนื้อหา มีค่าเท่ากับ 4.25 อยู่ในระดับมีคุณภาพดี มีผลการประเมินคุณภาพด้านการผลิตสื่อและการนำเสนอ มีค่าเท่ากับ 3.95 อยู่ในระดับมีคุณภาพดี ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ 0.01 และความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างที่มีต่อบทเรียนมีค่าเท่ากับ 4.30 อยู่ในระดับพึงพอใจมาก

นาจรี ถือศิลป์ (2551) ได้ศึกษา การพัฒนาระบบสื่อหลายมิติแบบปรับตัวตามรูปแบบการเรียนรู้ มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบสื่อหายมิติแบบปรับตัวตามรูปแบบการเรียนรู้ เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังเรียน และศึกษาความคิดเห็นของผู้เรียนด้วยระบบสื่อหลายมิติแบบปรับตัวตามรูปแบบการเรียนรู้ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนเพชรพิทยาคม ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2551 จำนวน 40 คน โดยวิธีการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Sampling) เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ประกอบด้วย บทเรียนออนไลน์วิชาการงานอาชีพและเทคโนโลยี แบบประเมินด้านเนื้อหาและเทคนิควิธีการระบบสื่อหลายมิติแบบปรนัยตามรูปแบบการเรียนรู้ แบบประเมินประสิทธิภาพระบบ แบบสำรวจรูปแบบการเรียนรู้ แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและแบบสอบถามความคิดเห็นของผู้เรียน สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบสมมติฐานโดยใช้ t-test ผลการวิจัย พบว่า 1) ระบบสื่อหลายมิติแบบปรับตัวตามรูปแบบการเรียนรู้ที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพอยู่ในระดับดี 2) คะแนนเฉลี่ยจากแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ 3) ความคิดเห็นของผู้เรียนที่มีต่อระบบสื่อหลายมิติแบบปรับตัวตามรูปแบบการเรียนรู้อยู่ในระดับดี แสดงว่าระบบสื่อหลายมิติแบบปรับตัวตามรูปแบบการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นสามารถทำไปใช้กับการเรียน การสอนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

Petty and Gunawardena (2012) ได้ศึกษาการใช้เครื่องแท็บเล็ตในการศึกษาคณิตศาสตร์พื้นฐาน เพื่อสร้างและพัฒนาระบบการสอนคณิตศาสตร์พื้นฐาน เพื่อลดภาระงานสอนของครูให้มีโอกาสในการสร้างและพัฒนาเชิงเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ให้มากยิ่งขึ้น กลุ่มตัวอย่างเป็นการศึกษาวิจัยกับผู้เรียนระดับ 4 ของโรงเรียนในมลรัฐเพนซิลเวเนีย (Pennsylvania) โดยใช้สื่อแท็บเล็ตที่วางไว้หลังห้องเรียนจำนวน 6 เครื่องเป็นเครื่องมือในการช่วยสอนรวมเวลา 6 สัปดาห์ ซึ่งเป็นลักษณะของการหมุนเวียนให้ผู้เรียนได้ใช้ประโยชน์จากการสืบค้นหรือเรียนรู้งาน โดยการผลัดเปลี่ยนหมุนเวียนของกลุ่มตัวอย่างในขณะที่จัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์แต่ละครั้ง

ผลจากการการเรียนคณิตศาสตร์โจทย์ปัญหา 18,992 โจทย์ผ่านสื่อแท็บเล็ต พบว่าผู้เรียนสามารถตอบโจทย์ได้มากกว่า 16,736 โจทย์ ไม่ตอบเพราะไม่แน่ใจ 2,211 โจทย์ และตอบผิดเพียง 2,216 โจทย์ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการเรียนผ่านสื่อดังกล่าวช่วยให้ผู้เรียนเกิดผลการเรียนรู้ที่พึงประสงค์ และผู้เรียนมีความคิดเห็นต่อสื่อแท็บเล็ตในด้านการยอมรับในประโยชน์ของการใช้สอยได้อย่างมีประสิทธิภาพ

บุพผา เจียมสวัสดิ์ (2549) ได้ศึกษาการพัฒนาแบบฝึกทักษะการบวกลบ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาที่ 1 การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อพัฒนาแบบฝึกทักษะการบวกลบสำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 ให้มีประสิทธิภาพ 2) เพื่อศึกษาผลการใช้แบบฝึกทักษะการบวกลบสำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 ดังนี้ 2.1) เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียน เรื่องการบวกลบก่อนและหลังการใช้แบบฝึกทักษะการบวกลบ 2.2) เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักเรียน ต่อการใช้แบบฝึกทักษะการบวกลบ ผลการวิจัยสรุปได้ว่า 1) การพัฒนาแบบฝึกทักษะการบวกลบ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 มีประสิทธิภาพ 88.04 / 82.38 นักเรียนทำแบบฝึกทักษะการบวกลบระหว่างเรียนได้ถูกต้อง เฉลี่ยร้อยละ 88.04 และนักเรียนทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนได้เฉลี่ยร้อยละ 82.38 แสดงว่าแบบฝึก ทักษะการบวกลบที่ผู้วิจัยพัฒนา มีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด คือ 80 / 80 2) ผลสัมฤทธิ์หลังเรียนโดยใช้แบบฝึกทักษะการบวกลบสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 3) นักเรียนมีความพึงพอใจต่อการเรียนโดยใช้แบบฝึกทักษะการบวกลบ โดยภาพรวม อยู่ในระดับมาก

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาแอพพลิเคชั่นฝึกทักษะทางคณิตศาสตร์บนเครื่องคอมพิวเตอร์แท็บเล็ตสำหรับนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 1

2. เพื่อประเมินประสิทธิภาพของแอพพลิเคชั่นฝึกทักษะทางคณิตศาสตร์บนเครื่องคอมพิวเตอร์แท็บเล็ตปฏิบัติการแอนดรอยด์

3. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ด้วยแอพพลิเคชั่นฝึกทักษะทางคณิตศาสตร์

สมมติฐาน

1. ประสิทธิภาพของแอพพลิเคชั่นฝึกทักษะทางคณิตศาสตร์บนเครื่องคอมพิวเตอร์แท็บเล็ตสำหรับนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐาน 80/80

2. การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.01

วิธีการดำเนินการวิจัย

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร : นักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนบ้านจอมบึง (วาปีพร้อมประชาศึกษา) อำเภอจอมบึง จังหวัดราชบุรี สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษา ราชบุรี เขต 1 จำนวน 108 คน ปีการศึกษาที่ 1/2555

กลุ่มตัวอย่าง : นักเรียนระดับประถมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนบ้านจอมบึง (วาปีพร้อมประชาศึกษา) สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาราชบุรี เขต 1 จำนวน 30 คน ใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบอย่างง่าย (Simple random sampling) ซึ่งใช้วิธีการจับฉลาก โดยนำสลากที่ที่ทำหมายเลขกำกับตามหน่วยของประชากร ตั้งแต่ 1 ถึง 108 แล้วทำการสุ่มจับฉลากขึ้นมาที่ละใบ จนครบ จำนวน 30 คน ตามที่ต้องการ

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย มีดังนี้

1. แอพพลิเคชั่นฝึกทักษะทางคณิตศาสตร์
2. แบบประเมินคุณภาพของแอพพลิเคชั่นฝึกทักษะทางคณิตศาสตร์
3. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล มีขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูลดังนี้

1) นำแอพพลิเคชั่นฝึกทักษะทางคณิตศาสตร์บนเครื่องคอมพิวเตอร์แท็บเล็ต ที่พัฒนาเสร็จสมบูรณ์ นำไปทดลองใช้กับนักเรียนกลุ่มทดลองเพื่อหาประสิทธิภาพของเครื่องมือ

2) เก็บรวบรวมข้อมูลที่ได้จากการนำแอพพลิเคชั่นฝึกทักษะไปใช้กับกลุ่มทดลอง นำมาหาประสิทธิภาพของเครื่องมือด้วยการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

3) นำแอพพลิเคชั่นฝึกทักษะทางคณิตศาสตร์บนเครื่องคอมพิวเตอร์แท็บเล็ตปรับปรุงแก้ไขเรียนร้อยแล้ว ไปใช้กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่างจริง มีขั้นตอนดังนี้

- นักเรียนทำแบบทดสอบก่อนเรียน และเก็บรวบรวมข้อมูลที่ได้จากแบบทดสอบทดสอบ เรื่องการบวกลบเลข
- ให้นักเรียน เรียนการบวกลบเลข จากแอพพลิเคชั่นฝึกทักษะทางคณิตศาสตร์ (บวกและลบเลขบนเครื่องคอมพิวเตอร์แท็บเล็ตสำหรับนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 1)
- นักเรียนทำแบบทดสอบหลังเรียน และเก็บรวบรวมข้อมูลที่ได้จากแบบทดสอบทดสอบ
- นำผลมาวิเคราะห์ด้วยวิธีการทางสถิติ

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

1) วิเคราะห์หาค่าความเที่ยงตรงของแบบประเมินคุณภาพของแอพพลิเคชั่น และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยใช้ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC)

2) วิเคราะห์ค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

3) วิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยใช้วิธีของคูเดอร์ริชาร์ดสัน (Kuder – Richardson) สูตร KR-20

4) หาประสิทธิภาพของบทเรียน โดยการหาความสัมพันธ์ระหว่างคะแนน ที่ได้จากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยคิดคะแนนเป็นร้อยละ จากนั้นนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบและหาประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80

6) การวิเคราะห์ข้อมูล ค่าเฉลี่ย (X) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)

7) การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ใช้ t-test

สรุปผลการวิจัย

1) ผลการพัฒนาแอพพลิเคชั่นฝึกทักษะทางคณิตศาสตร์ แอพพลิเคชั่นที่พัฒนาขึ้นแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ

- **การบวก** ประกอบไปด้วย 3 เรื่องย่อย คือ เรื่องการบวกจำนวนด้วยภาพ การบวกจำนวนด้วยประโยคสัญลักษณ์ และการบวกแนวตั้ง
- **การลบ** ประกอบไปด้วย 3 เรื่องย่อย คือ เรื่องการลบจำนวนด้วยภาพ การลบจำนวนด้วยประโยคสัญลักษณ์ และการลบแนวตั้ง

ภาพประกอบที่ 1 แสดงตัวอย่างหน้าจอของแอพพลิเคชั่น

จากภาพประกอบที่ 1 เรื่องการบวกจำนวนด้วยภาพ และการลบจำนวนด้วยภาพ มีลักษณะเป็นแบบเลือกตอบแบบสองตัวเลือก ใช้วิธีการคลิกเลือกคำตอบที่ถูกต้อง ส่วนการบวกจำนวนด้วยประโยคสัญลักษณ์ การบวกแนวตั้ง และการลบจำนวนด้วยประโยคสัญลักษณ์ การลบแนวตั้ง มีสามตัวเลือกใช้วิธีการลากคำตอบไปไว้ในช่องใส่คำตอบ

2) ผลการประเมินคุณภาพของแอพพลิเคชั่นฝึกทักษะทางคณิตศาสตร์ ผลการประเมินคุณภาพของแอพพลิเคชั่นฝึกทักษะทางคณิตศาสตร์ มีทั้งหมด 3 ด้าน ดังนี้ ด้านเนื้อหา ด้านการออกแบบแอพพลิเคชั่น และด้านการวัดผลและประเมินผล ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงผลการประเมินคุณภาพของแบบประเมินแอพพลิเคชั่น

รายการประเมิน	ระดับคะแนน		
	$\overline{X}$	*S.D.*	ระดับคุณภาพ
1. ด้านเนื้อหา	4.69	0.47	ดีมาก
2. ด้านการออกแบบแอพพลิเคชั่น	4.87	0.31	ดีมาก
3. ด้านการวัดผลและประเมินผล	4.80	0.35	ดีมาก
ผลการประเมินประสิทธิภาพโดยรวม	4.79	0.38	ดีมาก

จากตารางที่ 1 ผลการประเมินโดยรวมทุกด้านอยู่ในระดับดีมาก ($\bar{x}$ = 4.79, S.D. = 0.38) เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่า ด้านเนื้อหา มีค่าเฉลี่ยที่ 4.69 ส่วนด้านการออกแบบแอพพลิเคชั่น มีค่าเฉลี่ยที่ 4.87 และด้านการวัดผลและประเมินผล มีค่าเฉลี่ยที่ 4.80 ซึ่งทุกด้านมีคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก

3) ผลการประเมินประสิทธิภาพของแอพพลิเคชั่น พบว่า คะแนนเฉลี่ยจากการทำแบบทดสอบก่อนเรียน (E1) ที่ร้อยละ 80.78 และ 95.11 เมื่อทดสอบหลังเรียน (E2) แสดงว่าแอพพลิเคชั่นที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพที่ 80.78/95.11 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด 80/80 ดังภาพประกอบที่ 2

ภาพประกอบที่ 2 แสดงกราฟเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยก่อนและหลังเรียน

4) การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียน ดังแสดงรายละในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนก่อนและหลังเรียน (paired Samples Test)

กลุ่มตัวอย่าง	N	$\overline{X}$	S.D.	t-test	Sig.
แบบทดสอบก่อนเรียน	30	24.23	3.91	-7.021*	.000
แบบทดสอบหลังก่อนเรียน	30	28.53	1.14		

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

จากตารางที่ 2 พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

อภิปรายผล

1) ผลการประเมินคุณภาพของแอพพลิเคชั่นฝึกทักษะทางคณิตศาสตร์ พบว่า แอพพลิเคชั่นที่พัฒนาขึ้นได้รับการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 9 ท่าน โดยรวมมีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับดีมาก ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของ วิลัยพรไชยสิทธิ์ (2553) ได้ศึกษาการพัฒนาบทเรียนออนไลน์ เรื่องโครงสร้างข้อมูลเบื้องต้น ผลการวิจัยพบว่า บทเรียนออนไลน์ที่พัฒนาขึ้นประเมินคุณภาพโดยผู้เชี่ยวชาญ มีคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก ที่ค่าเฉลี่ย 4.71 และยังสอดคล้องกับผลการวิจัยของ วัฒน์ พลอยศรี (2551) ได้ทำการศึกษาการสร้างบทเรียนออนไลน์แบบมีปฏิสัมพันธ์ เรื่องเทคโนโลยีก่อนพิมพ์ ผลการวิจัยพบว่า บทเรียนออนไลน์แบบมีปฏิสัมพันธ์มีผลการประเมินคุณภาพด้านเนื้อหา มีค่าเท่ากับ 4.25 อยู่ในระดับมีคุณภาพดี มีผลการประเมินคุณภาพด้านการผลิตสื่อและการนำเสนอ มีค่าเท่ากับ 3.95 อยู่ในระดับมีคุณภาพดี

2) ผลการประเมินประสิทธิภาพของแอพพลิเคชั่นฝึกทักษะทางคณิตศาสตร์ พบว่า แอพพลิเคชั่นแบบฝึกทักษะทางคณิตศาสตร์ ที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพของบทเรียน 80.78/95.11 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ 80/80 โดยที่คะแนนเฉลี่ยจากการทำแบบทดสอบก่อนเรียน (E1) เท่ากับ 80.78 ส่วนประสิทธิภาพโดยวัดจากคะแนนการทำแบบทดสอบหลังเรียน (E2) เท่ากับ 95.11 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ในสมมติฐานที่ตั้งไว้ อาจเป็นผลสืบเนื่องมาจากแอพพลิเคชั่นสร้างขึ้นได้พัฒนาและออกแบบให้น่าสนใจเหมาะกับระดับของผู้เรียน เนื้อหาของแบบทดสอบเรียงจากง่ายไปหายาก อีกทั้งยังผ่านการตรวจสอบและได้รับคำแนะนำจากผู้เชี่ยวชาญ มีการดำเนินการทดลองตามกระบวนการวิจัยและพัฒนา ซึ่งสอดคล้องกับผลงานวิจัยของ วิลัยพร ไชยสิทธิ์ (2553) ได้ศึกษาการพัฒนาบทเรียนออนไลน์ เรื่อง โครงสร้างข้อมูลเบื้องต้น ผลการวิจัยพบว่า บทเรียนออนไลน์ที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพที่ 81.82/87.43 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด และยังสอดคล้องกับ สมชาติ บุญมัติ (2550) ได้ศึกษา การสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน วิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง บทประยุกต์สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 พบว่า บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพ 80.53/84.73 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้คือ 80/80

3) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียน พบว่า หลังเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ ซึ่งสอดคล้องกับผลงานวิจัยของ นาจรี ถือศิลป์ (2551) ได้ศึกษาการพัฒนาระบบสื่อหลายมิติแบบปรับตัวตามรูปแบบการเรียนรู้ ผลการวิจัยพบว่า ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05และยังสอดคล้องกับผลการวิจัยของ วัฒน์ พลอยศรี (2551) ได้ทำการศึกษาการสร้างบทเรียนออนไลน์แบบมีปฏิสัมพันธ์ เรื่อง เทคโนโลยีก่อนพิมพ์ ผลการวิจัยพบว่า ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ 0.01 และยังสอดคล้องกับผลการวิจัยของ วิลัยพร ไชยสิทธิ์ (2553) ได้ศึกษาการพัฒนาบทเรียนออนไลน์ เรื่อง โครงสร้างข้อมูลเบื้องต้น ผลการวิจัยพบว่า ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนที่นัยสำคัญทางสถิติ 0.01 และยังสอดคล้องกับผลการวิจัยของ บุพผา เจียมสวัสดิ์ (2549) ได้ทำการศึกษาการพัฒนาแบบฝึกทักษะการบวกลบ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาที่ 1 ผลการวิจัยพบว่า ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์หลังเรียนโดยใช้แบบฝึกทักษะการบวกลบสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

สรุปได้ว่าแอพพลิเคชั่นที่พัฒนาขึ้น มีประสิทธิภาพและเหมาะสมกับระดับผู้เรียน และสามารถที่จะนำไปใช้เป็นสื่อประกอบการเรียนการสอนอีกรูปแบบหนึ่ง สามารถลดปัญหาความแตกต่างของผู้เรียน ลดข้อจำกัดด้านเวลา และสถานที่ของการเรียน และสามารถตอบสนองความต้องการเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ข้อเสนอแนะ

1. ควรนำรูปแบบการพัฒนาแอพพลิเคชั่นดังกล่าวนี้ไปพัฒนา ในเรื่องอื่นๆ หรือในรายวิชาอื่นๆ
2. ควรมีการศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจากแอพพลิเคชั่นกับสื่อการเรียนการสอนในรูปแบบวิธีสอนอื่น ๆ
3. ควรมีการส่งเสริมให้อาจารย์ผู้สอนจัดทำแอพพลิเคชั่นในรายวิชาอื่นๆ เพื่อใช้เป็นสื่อในการจัดการเรียนการสอนอย่างต่อเนื่องและทั่วถึง
4. ควรมีการพัฒนาแอพพลิเคชั่นควรมีข้อคำถามที่หลากหลายรูปแบบ เช่น แบบทดสอบแบบจับคู่ แบบอัตนัย การเติมคำ และแบบอื่นๆ

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยเรื่อง การพัฒนาแอพพลิเคชั่นฝึกทักษะทางคณิตศาสตร์บนเครื่องคอมพิวเตอร์แท็บเล็ตสำหรับนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 นี้ มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อพัฒนาแอพพลิเคชั่น ได้รับทุนสนับสนุนจากมหาวิทยาลัยราชภัฏหมู่บ้านจอมบึง งบประมาณ พ.ศ. 2555 และได้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีโดยได้รับความช่วยเหลือและอนุเคราะห์จากบุคคลต่อไปนี้ ขอกราบขอบพระคุณผู้เชี่ยวชาญและผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่านที่ให้ความอนุเคราะห์ในการตรวจ แก้ไขเครื่องมือและให้คำแนะนำต่างๆ ส่งผลให้งานวิจัยในครั้งนี้มีประสิทธิภาพและสำเร็จได้ด้วยดี ขอกราบขอบพระคุณ คุณเฉลิม เทพสวัสดิ์ ผู้อำนวยการโรงเรียนบ้านจอมบึง (วาปีพร้อมประชาศึกษา) ที่ให้ความอนุเคราะห์และอำนวยความสะดวกในการทดลองใช้เครื่องมือในการวิจัยในครั้งนี้ รวมถึงขอบคุณนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มตัวอย่างที่ให้ความร่วมมือในการเก็บข้อมูลเป็นอย่างดียิ่ง ขอกราบขอบพระคุณคุณพ่อ คุณแม่ซึ่งให้ความรักความห่วงใยและเป็นกำลังใจให้เสมอมา และเพื่อนๆ พี่ๆ น้องๆ ทุกคน ที่ให้ความช่วยเหลือในหลายๆ เรื่องเป็นอย่างดียิ่ง ขอคุณคณะนักศึกษาสาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศที่ให้ความช่วยเหลือในการเก็บรวบรวมข้อมูลและทดลองใช้มืองานวิจัย ขอขอบคุณ ผู้เขียนตำรา งานวิจัย และเอกสารต่างๆ ที่ผู้วิจัยใช้ในการทำวิจัยครั้งนี้ และท้ายสุดนี้ ผู้วิจัยขอขอบคุณ มหาวิทยาลัยราชภัฏหมู่บ้านจอมบึงเป็นอย่างยิ่งที่สนับสนุนทุนอุดหนุนการวิจัยในครั้งนี้

รายการอ้างอิง

กระทรวงศึกษาธิการ. 2551. **หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน**. กรุงเทพมหานคร.

นาจรี ถือศิลป์. 2551. **พัฒนาระบบสื่อหลายมิติแบบปรับตัวตามรูปแบบการเรียนรู้**. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

บุพผา เจียมสวัสดิ์. 2549, **การพัฒนาแบบฝึกทักษะการบวกลบ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาที่ 1**. ครุศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาหลักสูตรและการสอน มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา.

ไพฑูรย์ ศรีฟ้า. 2554. **เปิดโลก Tablet สู่ทิศทางการวิจัยด้านเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา : จาก แนวคิดสู่กระบวนการปฏิบัติ**. เอกสารประกอบการบรรยาย ณ มหาวิทยาลัยทักษิณ จังหวัดสงขลา.

วิภาดา ปัญญาประชุม. 2540. **"แบบฝึกเสริมทักษะที่มีประสิทธิภาพ วิชาคณิตศาสตร์ เรื่องโจทย์ปัญหาการคูณการหาร ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3"**. วิทยานิพนธ์ กศ.ม. มหาสารคาม ภาควิชาหลักสูตรและการสอน มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

วิลัยพร ไชยสิทธิ์. 2553**. การพัฒนาบทเรียนออนไลน์ เรื่อง โครงสร้างข้อมูลเบื้องต้น**. มหาวิทยาลัยราชภัฏหมู่บ้านจอมบึง จังหวัดราชบุรี

วัฒน์ พลอยศรี.2551. "**การสร้างบทเรียนออนไลน์แบบมีปฏิสัมพันธ์ เรื่อง เทคโนโลยีก่อนพิมพ์"**. วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

สมชาติ บุญมัติ. 2550. **"การสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน วิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง บทประยุกต์สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6"** . ครุศาสตรมหาบัณฑิต (หลักสูตรและการสอน) มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์.

John W. Best. 1970. **Research in Education.** Englewood Cliffs, New Jersey : Prentice Hall.

Kuder Richardson .1979. **Statistic for research London** : Oxford University Press.

Petty , D. and Gunawardena , A. (n.d.). 2012. **The Use of Tablet PC in Early Mathematics Education.** February 18 ,2012, from http://www.cs.cmu.edu/_ab/TRETCO7/Using%20T.pdf

การศึกษาผลกระทบของฮาร์มอนิกที่ส่งผลต่อความเสียหายของคาปาซิเตอร์ปรับค่าตัวประกอบกำลังในโรงงานอุตสาหกรรม

AN INVESTIGATION OF THE HARMONICS EFFECT ON THE DAMAGE OF POWER FACTOR CORRECTION CAPACITORS IN INDUSTRIAL

นิมิต บุญภิรมย์

อาจารย์ประจำ สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม

E-mail: nimit.bo@spu.ac.th

บทคัดย่อ

บทความฉบับนี้เป็นการศึกษาผลกระทบของฮาร์มอนิกที่ส่งผลต่อความเสียหายคาปาซิเตอร์ของระบบไฟฟ้ากำลังในโรงงานอุตสาหกรรม วัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ผลกระทบของฮาร์มอนิกที่เกิดจากการใช้ตัวขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำด้วยการปรับความถี่หรือเรียกว่า วี เอฟ ดี ที่บริษัทไทยอิเทอร์ซิเลส จังหวัดระยอง ส่งผลให้เกิดการไหลของกระแสฮาร์มอนิกเข้าสู่วงจรคาปาซิเตอร์ปรับค่าตัวประกอบกำลัง เกิดปรากฏการเรโซแนนซ์แบบขนานขณะที่คาปาซิเตอร์ปรับค่าเพื่อชดเชยกำลังไฟฟ้ารีแอคทีฟส่งผลให้คาปาซิเตอร์เสียหายจากค่าแรงดันสูง การศึกษาจะเป็นการสร้างวงจรสมมูลจากค่าพารามิเตอร์ของบริษัทฯ เพื่อจำลองการเกิดเรโซแนนซ์แบบขนานเมื่อมีการปรับค่าคาปาซิเตอร์ในระดับต่าง ๆ เกิดการขยายกระแสฮาร์มอนิกจนทำให้แรงดันที่คาปาซิเตอร์มีค่าสูง นอกจากนี้ได้ออกแบบการติดตั้งตัวรีแอคเตอร์เพื่อป้องกันความเสียหายของคาปาซิเตอร์

คำสำคัญ : ฮาร์มอนิก เรโซแนนซ์แบบขนาน คาปาซิเตอร์ปรับค่าตัวประกอบกำลัง วี เอฟ ดี

ABSTRACT

An investigation of the harmonics effect on the damage of power factor correction capacitors in industrial is proposed. This paper discusses the damage of power correction capacitors from harmonic current, which is generated from variable frequency driver (VFD), at Thai Ethoxylate Company, Rayong as a case study. The main objective is to investigate the effect of harmonics current flow from the VFD to the power factor correction capacitors circuit. As the result, the parallel resonance while compensating the reactive power is occurred. Then, this capacitors are damaged due to the over voltage limit. Moreover, the equivalent circuit of parallel resonance in case of capacitor step changing, which causes harmonics current and capacitor terminal voltage are amplified, is simulated. In the addition, the design and implementation of reactor to prevent the capacitor is also presented.

KEYWORDS : harmonics, parallel resonance, power factor correction capacitors, variable frequency drive (VFD).

1. บทนำ

ปัจจุบันในโรงงานอุตสาหกรรมส่วนใหญ่มักจะนำตัวขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้าที่ใช้อิเล็กทรอนิกส์กำลังที่เรียกว่า VSD (Variable Speed Drive) หรือ VFD (Variable Frequency Drive) เพื่อวัตถุประสงค์ในการเพิ่มประสิทธิภาพการขับเคลื่อนและการลดกำลังไฟฟ้าสูญเสียในขณะเริ่มหมุน (Mark F. McGranagham & David R. Mueller,1999) อย่างไรก็ดีอุปกรณ์ประเภทนี้จะกำเนิดกระแสฮาร์มอนิกจำนวนมากเข้าสู่ระบบจ่ายกำลังไฟฟ้า เกิดสภาวะเรโซแนนซ์และส่งผลกระทบกับคาปาซิเตอร์ที่ใช้รักษาระดับตัวประกอบกำลังของระบบไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรม (Belgin Turkay, 2001) ทำให้คาปาซิเตอร์ชำรุดจากการระเบิดบ่อยครั้ง ได้มีงานวิจัยเพื่อแก้ปัญหาและป้องกันการเกิดเรโซแนนซ์อาทิเช่น การใช้ตัวกรองแบบแอคทีฟ (Ricardo Lucio de Araujo, & Raphaell Maciel deSousa, 2012) ซึ่งใช้งบประมาณค่อนข้างสูง นอกจากนี้มีการใช้ตัวแปลงผันเพื่อลดการแพร่กระจายของกระแสฮาร์มอนิก (Jinn-Chang Wu & Hurng-Liahng Jou, 2004) แต่ละวิธีส่วนใหญ่จะมีความซับซ้อนและมีราคาสูงมากสำหรับการติดตั้งระบบใหญ่ ซึ่งในการป้องกันการเกิดเรโซแนนซ์ในทางปฏิบัติอาจจะใช้หลักการในการลดการขยายกระแสฮาร์มอนิกด้วยวงจรที่ไม่ซับซ้อน ในบทความฉบับนี้ได้ศึกษาปัญหาของฮาร์มอนิกที่เกิดจากตัว-ขับเคลื่อนVFD ของบริษัทไทยอิเทอร์ซิเลส จังหวัดระยอง ซึ่งเป็นบริษัทที่ผลิตสารเคมี มีการใช้ตัวขับเคลื่อน VFDจำนวนมาก ทำให้เกิดปัญหาของคาปาซิเตอร์ชำรุดหลายครั้งจากปัญหาของกระแสฮาร์มอนิก การแก้ปัญหาในที่นี้ใช้วิธีติดตั้งตัวรีแอคเตอร์เพื่อลดอัตราการขยายของกระแสฮาร์มอนิกที่ไหลเข้าคาปาซิเตอร์ ซึ่งถือว่าเป็นวิธีที่ประหยัดและได้ผลดี

2. วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

เพื่อศึกษาและวิเคราะห์การเกิดฮาร์มอนิกของระบบไฟฟ้าที่บริษัทไทยอิเทอร์ซิเลส จำกัด จังหวัดระยอง เป็นผลให้การเกิดความเสียหายของตัวคาปาซิเตอร์ปรับค่าตัวประกอบกำลังของบริษัท วิเคราะห์องค์ประกอบของวงจรสมมูลของระบบไฟฟ้ากำลังที่ประกอบด้วยคาปาซิเตอร์จากข้อมูลของบริษัท และการเกิดเรโซแนนซ์แบบขนานส่งผลให้เกิดการขยายของกระแสฮาร์มอนิกที่ไหลเข้าคาปาซิเตอร์ การแก้ปัญหาใช้วิธีติดตั้งรีแอคเตอร์อนุกรมกับคาปาซิเตอร์ขนาด 7% ของขนาดคาปาซิเตอร์เพื่อลดการขยายกระแสฮาร์มอนิกที่ไหลเข้าคาปาซิเตอร์

3. ขอบเขตของงานวิจัย

1. ตรวจวัดแรงดันฮาร์มอนิกและกระแสฮาร์มอนิกที่โดยเครื่องวิเคราะห์ฮาร์มอนิกที่ตู้ระบบไฟฟ้าเมนท์หลักของบริษัท ไทยอิเทอร์ซิเลส

2. สร้างวงจรสมมูลของระบบไฟฟ้าเพื่อวิเคราะห์การเกิดกระแสฮาร์มอนิกและการเกิดเรโซแนนซ์จากความถี่ฮาร์มอนิก

3. วิเคราะห์พฤติกรรมของการเกิดเรโซแนนซ์เมื่อมีการปรับเปลี่ยนค่าคาปาซิทีฟเพื่อรักษาระดับตัวประกอบกำลัง

4. ออกแบบตัวรีแอคเตอร์เพื่อลดกระแสฮาร์มอนิกเพื่อป้องกันความเสียหายของคาปาซิเตอร์

4. หลักการเบื้องต้นของการเกิดเรโซแนนซ์จากความถี่ฮาร์มอนิก

การไหลของกระแสฮาร์มอนิกจากโหลดที่เป็นอิเล็กทรอนิกส์กำลังหรือโหลดที่ไม่เป็นเชิงเส้น กระแสฮาร์มอนิกจะไหลหรือแพร่ออกมาในความถี่ต่าง ๆ ตามอนุกรมของสมการที่ (1)

$$i(t) = I_o + \sum_{h}^{N} I_h \sin(hwt + \phi_h) \qquad (1)$$

โดยที่ h = ลำดับความถี่ฮาร์มอนิก

เมื่อพิจารณาค่าอิมพิแดนซ์ของระบบไฟฟ้าและหม้อแปลงไฟฟ้า จะเห็นได้ทั้งสองส่วนจะอยู่ในรูปวงจรขนานกับวงจรของตัวคาปาซิเตอร์ เมื่อความถี่ใดความถี่หนึ่ง ทำให้ค่าอิมพิแดนซ์ 3 ส่วนคือระบบไฟฟ้า หม้อแปลงไฟฟ้าและวงจร คาปาซิเตอร์มีค่าใกล้เคียงกันจะทำให้เกิดสภาวะเรโซแนนซ์แบบขนานผลจะทำให้เกิดอิมพิแดนซ์รวมมีค่าสูงสุดมีผลที่แรงดันที่ตกคร่อมวงจรขนานจะมีค่าสูงมาก ดังแสดงรูปที่ 1(ก-ง)

ก. ทิศทางการไหลของกระแสฮาร์มอนิก

ข. กระแสฮาร์มอนิกเข้าส่วงจรคาปาซิเตอร์

ค. การเปลี่ยนแปลงของค่าอิมพิแดนซ์

ง. วงจรสมมูลของเรโซแนนซ์แบบขนาน

รูปที่ 1 แสดงการเกิดเรโซแนนซ์แบบขนาน

เมื่อพิจารณาวงจรสมมูลที่แสดงในรูปที่ 1 ง. จะพบว่าค่าอิมพิแดนซ์ของระบบไฟฟ้าและหม้อแปลงไฟฟ้ามีค่าต่ำมาก ดังนั้นค่าอิมพิแดนซ์ที่โหลดในส่วนอื่น ๆ ที่ขนานกันและมีค่าสูงกว่าก็สามารถไม่นำมาพิจารณาได้จากองค์ประกอบความถี่ h ที่แสดงในรูป เป็นตัวบ่งบอกว่าค่ารีแอคทีฟอินดัดแตนซ์ และคาปาซิทีฟอินดัคแตนซ์จะแปรเปลี่ยนตามความถี่ ซึ่งสามารถแสดงได้ในสมการที่ (2) จะเห็นได้ว่าประเด็นสำคัญอยู่ที่ตัวหารของสมการที่ (2) เมื่อความถี่ใด ความถี่หนึ่งของฮาร์มอนิกทำให้ค่า $(hX_s - \frac{X_c}{h})$ เข้าใกล้ศูนย์แล้วจะทำให้ Z_h มีค่าสูงสุดและแรงดันก็จะสูงตามไปด้วย เมื่อวิเคราะห์จากสมการที่ (2)-(8) จะพบว่า การแปรเปลี่ยนของอิมพิแดนซ์เปรียบเสมือนกับการขยายกระแสฮาร์มอนิกที่ไหลจากแหล่งจ่ายฮาร์มอนิกที่เกิดจากโหลดที่เป็นอิเล็กทรอนิกส์กำลังในที่นี้ก็คือ VFD เข้าไปสู่ระบบไฟฟ้าและวงจรของตัวคาปาซิเตอร์ (ไชยะ แช่มช้อย, 2554)

$$Z_h = \frac{(R_s + jhX_s)(-\frac{jX_c}{h})}{R_s + j(hX_s - \frac{X_c}{h})} \quad (2)$$

$$h = \sqrt{\frac{X_c}{X_s}} \quad (3)$$

$$X_c = \frac{Vcr^2}{Q_c} \quad (4)$$

$$X_s = \frac{V_s^{\ 2}}{S_{sc}} \quad (5)$$

$$h = \frac{V_{cr}}{V_s}\sqrt{\frac{S_{sc}}{S_{cap}}} \quad (6)$$

$$\beta_{sys} = \frac{Z_{sh}}{Z_{sh} + Z_{ch}} \quad (7)$$

$$\beta_{cap} = \frac{Z_{ch}}{Z_{sh} + Z_{ch}} \quad (8)$$

โดยที่

Z_h = ค่าอิมพิแดนซ์ของวงจรสมมูลที่ความที่ h , h = ความถี่ฮาร์มอนิก

X_c = ค่าคาปาซิทีฟอิมพิแดนซ์ , X_s = ค่าอิมพิแดนซ์ของระบบไฟฟ้าและหม้อแปลงไฟฟ้ารวมกัน

β_{sys}= อัตราการขยายกระแสฮาร์มอนิกที่ระบบไฟฟ้า, β_{cap} = อัตราการขยายกระแสฮาร์มอนิกที่ระบบไฟฟ้า

S_{sc} = กำลังไฟฟ้าลัดวงจร, S_{cap}= กำลังไฟฟ้าที่คาปาซิเตอร์, V_{cr} = แรงดันที่คาปาซิเตอร์ ,

V_s = แรงดันที่ระบบไฟฟ้า, Q_c= กำลังไฟฟ้ารีแอคทีฟ

5. การศึกษาและวิเคราะห์การเกิดการไหลของกระแสฮาร์มอนิกจากVFD

กระบวนการในการศึกษา แบ่งได้เป็น 3 ส่วน คือ ส่วนที่ 1. การสร้างวงจรสมมูลของการเกิดเรโซแนนซ์ แบบขนาน ส่วนที่ 2. การตรวจวัดแรงดันและกระแสฮาร์มอนิกในระบบจริง ส่วนที่ 3. การวิเคราะห์การเกิดเรโซแนนซ์ในการปรับระดับค่าคาปาซิแตนซ์

5.1 การสร้างวงจรสมมูลของการเกิดการเรโซแนนซ์แบบขนาน

ในขั้นแรกของการศึกษา จะนำข้อมูลของโรงงาน เช่น ระบบไฟฟ้า ขนาดหม้อแปลงไฟฟ้า และโหลด มาหาค่าอิมพิแดนซ์ของระบบไฟฟ้าและโหลดในแต่ละส่วนดังแสดงในตารางที่ 1มาสร้างวงจรสมมูลการเกิดเรโซแนนซ์แบบขนานเพื่อวิเคราะห์การไหลของกระแสฮาร์มอนิก เข้าสู่ระบบไฟฟ้าและวงจรตัวคาปาซิเตอร์

ตารางที่ 1 ค่าอิมพิแดนซ์ของหม้อแปลงไฟฟ้าและระบบไฟฟ้า

System Impedance (X_s)	(0.57708 + j5.7708)x10^{-4}	Ω
Transformer Impedance	(0.595 + j 4.7629)x10^{-3}	Ω
Load Impedance	0.8633 + j0.4529	Ω
Capacitive Reactance (X_c)	-j2.768	Ω

ก.วงจรสมมูลของการเรโซแนซ์แบบขนาน

ข.การไหลของกระแสฮาร์มอนิก

รูปที่ 2 แสดงวงจรสมมูลของระบบไฟฟ้าที่เกิดการไหลของฮาร์มอนิกของบริษัทไทยอิเทอร์ซิเลส

5.2 การวัดปริมาณฮาร์มอนิกของแรงดันและกระแสในระบบไฟฟ้าของบริษัท

จุดประสงค์ของการวัดกระแสฮาร์มอนิกเพื่อตรวจสอบกระแสฮาร์มอนิกที่ไหลจริงจากตัว VFD และอัตราความเพี้ยนของแรงดันฮาร์มอนิก (THDv)และกระแสฮาร์มอนิก (THDi) และแนวโน้มในการไหลเข้าสู่วงจรคาปาซิเตอร์

อุปกรณ์ในการวัด : Power Quality Analyzer ตามมาตรฐาน CA8334: EN 50160, IEC 61000-4-15, IEC 61000-4-30, IEC 61000-4-7.

ขั้นตอนในการวัด

1. ติดตั้ง Power Quality Analyzer ในตำแหน่ง A ของตัวเมนท์หลักของบริษัท (ดังรูปที่ 3) สุ่มตัวอย่างทุก ๆ 1 นาที บันทึกผลเป็นเวลา 1สัปดาห์

2. ผลของการวัดค่า THDv และ THDi ในตำแหน่ง A ของรูปที่ 3 จะแสดงให้เห็นถึงค่า THDi มีค่าสูงมากกว่า 40 เปอร์เซ็นต์ในลำดับที่ 5 แสดงให้เห็นถึงการเกิดการไหลของกระแสฮาร์มอนิกจากโหลดในตำแหน่งนี้ที่เป็นสาเหตุดังแสดงในรูปที่ 4

3. วัดค่าสเปคตรัมของกระแสฮาร์มอนิกที่ตำแหน่ง A และที่คาปาซิเตอร์ที่ตำแหน่ง B เมื่อปรับค่าคาปาซิเตอร์ 1 ระดับมีการชดเชยเฟสละ 50 kVAR วัดแรงดันที่คร่อมคาปาซิเตอร์ 372 V คำนวณค่า X_c ได้เท่ากับ 2.768 Ω

รูปที่ 3 แสดง Single Line Diagram ของระบบไฟฟ้าทั้งหมดของบริษัท ไทยอิเทอร์ซิเลส จำกัด

ก. ค่า THDi ข. รูปคลื่นแรงดันและกระแส

รูปที่ 4 แสดงค่า THDv และ THDi ตำแหน่ง A ในรูปที่ 3

ก. ที่จุด A ข ที่จุด B

รูปที่ 5 แสดงค่าสเปคตรัมของกระแสฮาร์มอนิกที่จุด A และ B

จากรูปที่ 5 จะเห็นได้ว่าค่าสเปคตรัมของกระแสฮาร์มอนิกที่ไหลออกแหล่งจ่ายฮาร์มอนิกมีปริมาณมากที่ลำดับ 5 และ 7 แต่เมื่อวัดกระแสฮาร์มอนิกที่ผ่านคาปาซิเตอร์พบว่า ที่ลำดับ 17-23 ขยายขึ้นสอดคล้องกับสมการที่ (8) ในเงื่อนไขของระดับค่าคาปาซิเตอร์ 1 ระดับ

ก. ระดับที่ 1 (50 kVAR)

ข. ระดับที่ 2 (100 kVAR)

ค. ระดับที่ 3 (150 kVAR)

ง. ระดับที่ 4 (200 kVAR)

รูปที่ 6 แสดงการเปลี่ยนแปลงของตำแหน่งความถี่เรโซแนนซ์เมื่อมีการเปลี่ยนระดับของการปรับค่าคาปาซิเตอร์

ก. ระดับ 1

ข. ระดับ 2

รูปที่ 7 แสดงการเปลี่ยนแปลงของกระแสฮาร์มอนิกที่คาปาซิเตอร์ที่วัดได้เมื่อเปลี่ยนระดับ 1 และ ระดับ 2

5.3 วิเคราะห์ตำแหน่งของการเกิดเรโซแนนซ์แบบขนานเมื่อปรับค่าคาปาซิเตอร์ในระดับต่าง ๆ

หลังจากทำการวัดค่าสเปคตรัมของกระแสฮาร์มอนิก ต่อไปเป็นการวิเคราะห์หาตำแหน่งของการเกิดเรโซแนนซ์โดยคำนวณหาค่าอัตราการขยายกระแสฮาร์มอนิก เมื่อคาปาซิเตอร์เปลี่ยนระดับต่าง ๆ (ดังแสดงในรูปที่ 6) เพื่อปรับค่าตัวประกอบกำลังให้คงที่ จากสมการ (2)-(8) นำมาสร้างโปรแกรมการวิเคราะห์เพื่อหาตำแหน่งของการเกิดเรโซแนนซ์ และอัตราการขยายกระแสสูงสุดในระดับ 1-4 ของการปรับคาปาซิเตอร์ จะพบว่า

เมื่อระดับของการเปลี่ยนระดับของคาปาซิเตอร์เพิ่มมากขึ้น ลำดับความถี่เรโซแนนซ์จะน้อยลงเรื่อยๆ ค่าอัตราการขยายกระแสจะเปลี่ยนตำแหน่ง ซึ่งการลดลำดับความถี่จะทำให้ค่ากระแสฮาร์มอนิกสูงขึ้น เปรียบเทียบกับการวัดจริงในรูปที่ 7 เปลี่ยนจากลำดับความถี่ที่ 23 มาที่ลำดับ 17 รูปที่ 6 ข. ลำดับ 23 จะลดลง (การวัดจริงสามารถปรับค่าคาปาซิเตอร์ได้เพียง 2 ระดับเท่านั้นเพราะการปรับระดับมากขึ้นอาจจะเกิดอันตรายจากการเกิดเรโซแนนซ์ ซึ่งจะเป็นอันตรายต่อผู้วัดได้)

6. การติดตั้งตัวรีแอคเตอร์เพื่อป้องกันความเสียหายของคาปาซิเตอร์

การแก้ปัญหาการเกิดเรโซแนนซ์แบบขนานจากปัญหาของกระแสฮาร์มอนิกส์ ที่ทำให้เกิดความเสียหายของคาปาซิเตอร์ปรับตัวประกอบกำลังที่นำเสนอในบทความนี้ จะใช้วิธีติดตั้งตัวรีแอคเตอร์อนุกรมกับคาปาซิเตอร์ แม้ว่าจะเป็นวิธีง่าย ๆแต่ก็มีข้อดีในทางปฏิบัติ เพราะนอกจากจะมีราคาถูก เมื่อเทียบกับวิธีอื่นๆ แล้วยังไม่จำเป็นต้องเปลี่ยนขนาดคาปาซิเตอร์เหมือนกับการใช้ตัวกรองแบบ Detune ซึ่งการเปลี่ยนขนาดคาปาซิเตอร์เท่ากับต้องจัดหาคาปาซิเตอร์ชุดใหม่ทั้งชุดซึ่งมีราคาสูง แต่อาจเกิดปัญหาเรื่องความคลาดเคลื่อนของค่ากำลังไฟฟ้ารีแอคทีฟของคาปาซิเตอร์บ้างแต่ไม่ส่งผลมากนักเพราะคาปาซิเตอร์มีหลายระดับ นอกจากนี้การใช้ตัวกรองแบบพาสซีสหรือแอคทีฟจะต้องใช้งบประมาณมาก การออกแบบขนาดของรีแอคเตอร์จะใช้รีแอคเตอร์มีขนาดของค่ารีแอคแตนซ์เป็น 7% ของค่าขนาด รีแอคแตนซ์ของคาปาซิเตอร์ ผลของการติดตั้งจะทำให้ตำแหน่งของความถี่เรโซแนนซ์ต่ำกว่าฮาร์มอนิกลำดับที่ 5 ซึ่งในย่านนั้นจะไม่เกิดฮาร์มอนิกเพราะปัญหาที่เกิดจะเป็นฮาร์มอนิกส์ลำดับคี่ ตั้งแต่ลำดับ 5 ขึ้นไป ลำดับที่ 3 จะเกิดน้อยมากเพราะต่อวงจรแบบเดลต้า ดังแสดงให้เห็นเกณฑ์การขยายจะถูกชดเชยด้วยค่าอิมพิแดนซ์ของรีแอคเตอร์ ดังสมการที่ (9) ผลของการชดเชยสามารถลดการขยายกระแสฮาร์มอนิกได้ตั้งแต่ลำดับที่ 5 เป็นต้นไป แม้ว่าจะมีการขยายในลำดับต่ำแต่ก็มีค่าน้อยมาก อยู่ในระดับของความปลอดภัย ดังแสดงในรูปที่ 8 แสดงให้เห็นถึงการเกิด เรโซแนนซ์ที่ตำแหน่งเดียวกันแม้ว่าระดับของคาปาซิเตอร์จะเปลี่ยนระดับก็ตาม

$$\beta_{cap} = \frac{Z_{ch}}{Z_{sh} + Z_{comp} + Z_{ch}} \tag{9}$$

โดยที่ Z_{comp} = อิมพิแดนซ์ของตัวรีแอคเตอร์ที่นำมาชดเชย

ก. วงจรการชดเชยค่ารีแอคเตอร์

ข. คาปาซิเตอร์ระดับที่ 1

ค. คาปาซิเตอร์ระดับที่ 2

ง. คาปาซิเตอร์ระดับ 3

รูปที่ 8 การชดเชยตัวรีแอคเตอร์เพื่อลดการขยายกระแสฮาร์มอนิกที่ไหลเข้าคาปาซิเตอร์ เมื่อคาปาซิเตอร์เปลี่ยนระดับ 1-3 ตามลำดับ

7. สรุปและเสนอแนะ

จากผลการศึกษาพบว่ากระแสฮาร์มอนิกที่เกิดจากการใช้ตัวขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้า VFD ไหลกลับสู่ระบบไฟฟ้าและวงจรคาปาซิเตอร์ที่ใช้ปรับค่าตัวประกอบกำลังเกิดเรโซแนนซ์แบบขนานขณะมีการปรับระดับของคาปาซิเตอร์ ทำให้แรงดันที่คาปาซิเตอร์เพิ่มขึ้นจนทำให้คาปาซิเตอร์เสียหาย การแก้ปัญหาที่กล่าวในบทความนี้เป็นการแก้ปัญหาทางปฏิบัติที่คำนึงถึงความสะดวกไม่ซับซ้อนและใช้งบประมาณต่ำ โดยการติดตั้งรีแอคเตอร์ที่วงจรคาปาซิเตอร์ จากผลการวิเคราะห์พบว่าสามารถลดอัตราการขยายกระแสฮาร์มอนิกที่ไหลเข้าสู่คาปาซิเตอร์ได้ ทำให้ลดความเสียหายของคาปาซิเตอร์ที่บริษัทไทยอิเทอร์ซิเลส ได้เป็นอย่างดี

8. เอกสารอ้างอิง

ไชยะ แช่มช้อย, 2554 “Power System Harmonics” เอกสารประกอบการบรรยาย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย หน้า 3-38.

ABB Company, “Power Factor Correction and Harmonic Filter in Electric Plants” **Technical Application Paper:** 20-23.

Belgin Turkay. 2001. “Harmonic Filter Design and Power Factor Correction in a Cement Factory” **IEEE Porto Tech Conference,** 10-13th September, Porto, Portugal.

Jinn-Chang Wu. Hurng-Liahng Jou. 2004 “Power Converter-Based Method for Protecting Three-Phase Power Capacitor From Harmonic Destruction” **IEEE Transactions on Power Delivery:** 1434-1441.

Mark F. McGranagham & David R. Mueller. 1999. “Designing Harmonic Filter for Adjustable-Speed Drive to Comply with IEEE-519.” **IEEE Transaction on Power Delivery:** 312-318.

Ricardo Lucio de Araujo, Christian Cesar de Azevedo & Raphaell Maciel deSousa. 2012. "A Robust Adaptive Control Strategy of Active Power Filter for Power Factor Correction, Harmonic Compensation, and Balancing of Nonlinear Loads" **IEEE Transaction on Power Electronics:** 718-730.

การประยุกต์ใช้เซ็นเซอร์แสงเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทดสอบสมรรถภาพทางกายสำหรับผู้สูงอายุไทย

APPLICATION OFOPTICAL SENSORTOINCREASE THE EFFICIENCY OFPHYSICAL FITNESS TESTINGFORTHAI ELDERLY

เพชร นันทิวัฒนา[1]

กีรดิษ สายพัทลุง[1]

สุรศักดิ์ เพชรอยู่[1]

เตชภณ ทองเติม[2]

และอารีรัตน์ สุพุทธิธาดา[3]

[1]กลุ่มศึกษาและวิจัยเชิงประยุกต์ไมโครคอนโทรลเลอร์ อิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม (SARGMET) สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม

[2]โปรแกรมวิชาสาธารณสุขชุมชน คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษ

[3]ภาควิชาเวชศาสตร์ฟื้นฟู คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

E-mail : petch.na@spu.ac.th, keeradit.sai@hotmail.com, embeddedthai@gmail.com.

บทคัดย่อ

บทความนี้เป็นนำเสนอการสร้างอุปกรณ์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทดสอบสมรรถภาพทางกายที่มีผลต่อคุณภาพชีวิตผู้สูงอายุ โดยพัฒนาจากแบบทดสอบสมรรถภาพทางกายที่มีผลต่อคุณภาพชีวิตผู้สูงอายุไทย (Chula-Elderly Physical Fitness Test) โดยการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีเซ็นเซอร์แสง (Photoelectric Sensor) เบอร์ E3F-DS30C4 โดยเซ็นเซอร์แสงจะทำการส่งสัญญาณ เมื่อมีวัตถุตัดผ่านส่งให้กับหน่วยประมวลผลกลาง ในการระบุการจับเวลา การนับจำนวนครั้งต่างๆ แทนการระบุด้วยสายตาและนาฬิกาจับเวลา อีกทั้งงานวิจัยนี้ยังนำเทคโนโลยีระบบการชี้เฉพาะด้วยคลื่นความถี่วิทยุ (RFID) ในการบันทึกข้อมูลของผู้สูงอายุซึ่งผลจากการทดสอบจะแสดงให้เห็นว่าการประยุกต์ใช้เซ็นเซอร์แสง (Photoelectric Sensor) จะทำให้เกิดความแม่นยำในการระบุการจับเวลา การนับจำนวนครั้งต่างๆ อีกทั้งมีความถูกต้องมากกว่าการระบุด้วยสายตาและนาฬิกาจับเวลาช่วยลดระยะเวลาในการทดสอบคิดเป็น 28.57 - 33.125% ของเวลาเดิม

คำสำคัญ : เซ็นเซอร์แสง,สมรรถภาพทางกายผู้สูงอายุ,เทคโนโลยีระบบการชี้เฉพาะด้วยคลื่นความถี่วิทยุ

ABSTRACT

This paper presents the creating devices toincrease the efficiency of a physical fitness test that affects quality of life. The development of a physical fitness test that affects the quality of life in Thai (Chula-Elderly

Physical Fitness Test) by applying photoelectric sensor technology (E3F-DS30C4). Photoelectric sensor sends a signal. When cutting through the material sent to the central processing unit to identify the timerand count the number of times various instead of identifying with the eyes, and a stopwatch. Also the research using identify radio frequency (RFID) technology in the records of the elderly. The result of the experiment shows that the application of Photoelectric Sensor. It will result in the identification of timing accuracy and count the number of times various more accurate identification with the eyes and stopwatch. Reduces the duration of the test was 28.57 to 33.125% of the time.

KEYWORDS : Photoelectric Sensor, Physical Fitness Testing of Elderly, RFID (Radio frequency identification).

1. บทนำ

สืบเนื่องจากรายงานประมวลสถิติสำคัญของประเทศไทย ปี พ.ศ.2555 ของสำนักงานสถิติแห่งชาติ (สำนักงานสถิติแห่งชาติ, 2012)ซึ่งจากรายงานดังกล่าวจะแสดงให้เห็นว่าในพ.ศ. 2553 ประเทศไทยมีจำนวนผู้สูงอายุประมาณ 7,495,870และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเป็นลำดับ ซึ่งจะแสดงให้เห็นว่าประเทศไทยกำลังก้าวสู่สังคมผู้สูงอายุนอกจากจำนวนประชากรผู้สูงวัยที่เพิ่มขึ้นแล้วนั้น จากการสำรวจยังพบอีกว่าอายุขัยเฉลี่ยของประชากรผู้สูงอายุไทยยังยืนยาวมากขึ้นด้วยจากรายงานดังกล่าวจึงเป็นจุดเริ่มต้นของการพัฒนาองค์ความรู้ เทคโนโลยี อุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับการใช้ชีวิตประจำวันของผู้สูงอายุโดยข้อมูลต่างๆ ที่เราได้จากเทคโนโลยี อุปกรณ์ดังกล่าวนั้นจะถูกเก็บและนำมาวิเคราะห์ เพื่อวางแผนสำหรับการป้องกัน การตรวจวินิจฉัย การดูแลรักษาฟื้นฟูสมรรถภาพทางกายของผู้สูงอายุได้อย่างเหมาะสม ซึ่งจากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่า ได้มีคณะผู้วิจัยจากคณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยได้ทำการวิจัย และนำเสนอแบบทดสอบสมรรถภาพทางกายสมรรถภาพทางกายที่มีผลต่อคุณภาพชีวิตผู้สูงอายุไทย (Chula-Elderly Physical Fitness Test) (แพทย์หญิงอารีรัตน์ สุพุทธิธาดา, 2010)ซึ่งได้ทำการออกแบบสถานีทดสอบสมรรถภาพไว้ทั้งหมด 6 สถานีทดสอบ โดยในแต่ละสถานีทดสอบ อาจมีการจับเวลาการนับจำนวนครั้งต่างๆ แยกตามแต่ละการทดสอบซึ่งเมื่อพิจารณาถึงสถานีทดสอบสมรรถภาพทางกายที่มีผลต่อคุณภาพชีวิตสำหรับผู้สูงอายุดังกล่าวนั้น วิธีการเดิมที่ใช้ในการจับเวลา การนับจำนวนครั้งต่างๆโดยจะมีวิธีการคือให้ผู้ควบคุมใช้สายตาในการระบุการจับเวลา การนับจำนวนครั้งต่างๆ ซึ่งสาเหตุดังกล่าวนั้นจะทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนในการระบุเวลาการนับจำนวนครั้งต่างๆได้ โดยเวลาในการทดสอบทั้ง 3 สถานี คือ 7นาที $\pm$1 นาที

ดังนั้นงานวิจัยครั้งนี้จึงให้ความสำคัญในการสร้างอุปกรณ์สำหรับสถานีทดสอบสมรรถภาพทางกายที่มีผลต่อคุณภาพชีวิตสำหรับผู้สูงอายุโดยทำการประยุกต์ใช้เซ็นเซอร์แสงควบคู่ไปกับการเขียนโปรแกรมควบคุมการประมวลผลโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์(Microcontroller) เบอร์ Arm cortex M3ในการระบุการจับเวลา การนับจำนวนครั้งต่างๆแทนการระบุด้วยสายตาและนาฬิกาจับเวลาซึ่งประกอบด้วย 3.สถานี คือ 1) สถานีทดสอบสมรรถภาพด้านความอดทนของระบบไหลเวียนโลหิตและการหายใจ ใช้เวลา 2นาที $\pm$15วินาที2) สถานีทดสอบสมรรถภาพด้านความแข็งแรงและความอดทนของกล้ามเนื้อส่วนล่างของร่างกายใช้เวลา 1นาที $\pm$15วินาที

3) สถานีทดสอบสมรรถภาพด้านการทรงตัวและความคล่องแคล่วว่องไวของร่างกาย ใช้เวลา 4นาที ±30วินาทีทำให้เกิดความเที่ยงตรงและเชื่อถือได้ของข้อมูลมากขึ้น ซึ่งผลการศึกษาที่ได้จะมีความสำคัญในวางแผนสำหรับการป้องกัน การตรวจวินิจฉัย การดูแลรักษาฟื้นฟูสมรรถภาพทางกายของผู้สูงอายุเป็นอย่างมาก

2. การทดสอบสรรถภาพผู้สูงอายุ

การตรวจสมรรถภาพทางกายในผู้สูงอายุมีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ เพื่อวางแผนสำหรับการป้องกัน การตรวจวินิจฉัย การดูแลรักษาฟื้นฟูสมรรถภาพทางกายของผู้สูงอายุ ได้อย่างเหมาะสม(กรมพลศึกษา, 2002), (Kirkendall, 1980),(Rikli ,1999). โดยการประเมินสมรรถภาพจะมีการแบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ

1. สมรรถภาพทางกายที่สัมพันธ์กับสุขภาพ (health-related fitness)
2. สมรรถภาพทางกายที่สัมพันธ์กับความสามารถทางการกีฬา (athletic ability)

ซึ่งจากการตรวจสมรรถภาพทางกายในผู้สูงอายุดังกล่าวในข้างต้น ดังนั้นจึงมีคณะผู้วิจัยประกอบไปด้วย แพทย์หญิงอารีรัตน์ สุพุทธิธาดา, ประวิตร เจนวรรธนะกุล, ชัยพัฒน์หล่อศิริรัตน์, เตชภณ ทองเติม ได้ใช้หลักการประเมินสมรรถภาพในข้อที่ 2 สร้างเป็นแบบทดสอบสมรรถภาพทางกายที่มีผลต่อคุณภาพชีวิตสำหรับผู้สูงอายุไทย ชื่อว่าChula-Elderly Physical Fitness Test(แพทย์หญิงอารีรัตน์ สุพุทธิธาดา และคณะ, 2010) ซึ่งประกอบไปด้วย 6 สถานีดังแสดงในภาพประกอบ 1 จาก 6 องค์ประกอบสมรรถภาพทางกาย คือ 1) รายการทดสอบยืนยกเข่าขึ้น-ลง 2 นาที เพื่อวัดสมรรถภาพด้านความอดทนของระบบไหลเวียนโลหิตและการหายใจ 2) รายการทดสอบงอแขนยกน้ำหนัก 30 วินาที เพื่อวัดสมรรถภาพด้านความแข็งแรงและความอดทนของกล้ามเนื้อส่วนบนของร่างกาย 3) รายการทดสอบยืน-นั่งบนเก้าอี้ 1 นาที เพื่อวัดสมรรถภาพด้านความแข็งแรงและความอดทนของกล้ามเนื้อส่วนล่างของร่างกาย 4) รายการทดสอบลุก-เดิน-นั่ง ไปกลับ 8 ฟุต เพื่อวัดสมรรถภาพด้านการทรงตัวและความคล่องแคล่วว่องไวของร่างกาย 5) รายการทดสอบนั่งเก้าอี้แตะปลายเท้า เพื่อวัดสมรรถภาพด้านความอ่อนตัวของร่างกาย 6) รายการทดสอบการย้ายบล็อก เพื่อวัดสมรรถภาพด้านเวลาปฏิกิริยาตอบสนองและการทำงานที่ประสานกัน และโดยรายการทดสอบทั้ง 6 รายการ มีค่าความเชื่อถือได้ อยู่ระหว่าง 0.82-0.99 และค่าความเป็นปรนัย อยู่ระหว่าง 0.77-0.98และใช้เวลาในการทดสอบอยู่ที่ 25 นาที ±1 นาที

ภาพประกอบ 1 สถานีทดสอบสมรรถภาพทางกายที่มีผลต่อคุณภาพชีวิตสำหรับผู้สูงอายุ

3. การออกแบบระบบ

จากการที่ผู้ควบคุมใช้สายตาและนาฬิกาจับเวลา ในการระบุการจับเวลา การนับจำนวนครั้งต่างๆในแต่ละจุดทดสอบ ซึ่งอาจทำให้เกิดความยุ่งยากและเกิดคลาดเคลื่อนมากในการกดนาฬิกาจับเวลา การนับจำนวนครั้งต่างๆ ในแต่ละการทดสอบ ดังนั้นทางผู้วิจัยจึงทำการออกแบบระบบการทดสอบสมรรถภาพทางกายที่มีผลต่อคุณภาพชีวิตผู้สูงอายุที่ประยุกต์ใช้เซ็นเซอร์แสงควบคู่ไปกับการเขียนโปรแกรมควบคุมการประมวลผลโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์(Microcontroller) ในการระบุการจับเวลา การนับจำนวนครั้งต่างๆ ในแต่ละจุดทดสอบแทนการระบุด้วยสายตาและนาฬิกาจับเวลา โดยในแต่ละสถานีทดสอบมีโครงสร้างการทำงานคล้ายกันแต่มีจำนวนเซ็นเซอร์ในแต่ละสถานีไม่เท่ากัน คือ 1) สถานีทดสอบสมรรถภาพด้านความอดทนของระบบไหลเวียนโลหิตและการหายใจ ใช้เซ็นเซอร์แสงในการตรวจนับจำนวนครั้งในการยกเข่า 1 ตัวดังแสดงในภาพประกอบ 2 2) สถานีทดสอบสมรรถภาพด้านความแข็งแรงและความอดทนของกล้ามเนื้อส่วนล่างของร่างกายใช้เซ็นเซอร์แสงในการตรวจนับจำนวนครั้งในการยกเข่า 2 ตัวดังแสดงในภาพประกอบ 3 3) สถานีทดสอบสมรรถภาพด้านการทรงตัวและความคล่องแคล่วว่องไวของร่างกาย ใช้เซ็นเซอร์แสงในการตรวจนับจำนวนครั้ง ในการยกเข่า 6 ดังแสดงในภาพประกอบ 4 ซึ่งจะมีวิธีดำเนินการตามไดอะแกรมดังแสดงในภาพประกอบ 5

ภาพประกอบ 2 แสดงตำแหน่งการติดตั้งเซ็นเซอร์ในสถานีทดสอบระบบไหลเวียนโลหิตและการหายใจ

ภาพประกอบ 3 แสดงตำแหน่งการติดตั้งเซ็นเซอร์ในสถานีทดสอบความอดทนและแข็งแรงของกล้ามเนื้อส่วนล่างของร่างกาย

ภาพประกอบ 4 แสดงตำแหน่งการติดตั้งเซ็นเซอร์ในสถานีทดสอบการทรงตัวและความคล่องแคล่วว่องไว

ภาพประกอบ 5 ไดอะแกรมการทำงานของสถานีทดสอบสมรรถภาพทางกายที่มีผลต่อคุณภาพชีวิตสำหรับผู้สูงอายุ

จากไดอะแกรม จะเห็นได้ว่า ผู้วิจัยจะใช้เซ็นเซอร์แสง(Photoelectric Sensor) เบอร์ E3F-DS30C4(บริษัท ออมรอน อิเล็กทรอนิกส์ จำกัด, 2012)ดังแสดงในภาพประกอบ 6 ควบคู่ไปกับการเขียนโปรแกรมควบคุมการประมวลผลโดยใช้ไมโคลคอนโทรลเลอร์(Microcontroller) ในการระบุเวลาในแต่ละจุดแทนการระบุด้วยสายตาและนาฬิกาจับเวลา ซึ่งจะมีความแม่นยำในการระบุการจับเวลาและการนับจำนวนครั้งต่างๆ ในแต่ละจุดทดสอบโดยเซ็นเซอร์แสง (Photoelectric Sensor)จะรายงานผลการทดสอบในแต่จุดส่งผลไปยังหน่วยประมวลผลเพื่อระบุการจับเวลาและการนับจำนวนครั้งต่างๆโดยผู้วิจัยได้เลือกใช้ Arm cortex M3 เป็นหน่วยประมวลผลกลาง และใช้ 7-Segment จำนวน 4 หลัก 2 แถวในการแสดงผล โดยแถวที่ 1 จะเป็นแถวที่ใช้สำหรับการแสดงผลเวลาในการทดสอบส่วนในแถวที่ 2 จะเป็นแถวที่ใช้สำหรับการแสดงการนับจำนวนครั้งต่างๆ หลังจากที่ผู้สูงอายุทำการทดสอบเสร็จแล้วนั้น ผู้วิจัยได้นำเทคโนโลยีระบบการชี้เฉพาะด้วยคลื่นความถี่วิทยุ (RFID) ในการบันทึกข้อมูลของผู้สูงอายุแต่ละคน เพื่อความสะดวกในการเก็บรวบรวมข้อมูลของผู้สูงอายุ

ภาพประกอบ 6 โมดูลเซ็นเซอร์แสงเบอร์ E3F-DS30C4

เซ็นเซอร์แสง (Photoelectric Sensor)ที่ใช้จะเป็นเซ็นเซอร์แสงที่ตรวจจับวัตถุโดยตรง (Diffuse reflective) ซึ่งเป็นเซ็นเซอร์ที่มีข้อดีอยู่หลายอย่าง เช่น ติดตั้งง่าย เนื่องจากมีตัวรับ-ตัวส่งในตัวเดียวกัน และเซ็นเซอร์แสงแบบนี้ไม่ต้องมีการปรับแต่งแนวแกนลำแสง ซึ่งทำให้สะดวกต่อการใช้งาน โดยเซ็นเซอร์แสงที่ตรวจจับวัตถุโดยตรงจะมีลักษณะการทำงาน ดังแสดงในภาพประกอบ 7 และภาพประกอบ 8

ภาพประกอบ 7 ลักษณะการทำงานของเซ็นเซอร์แสง เมื่อมีวัตถุตัดผ่าน

ภาพประกอบ 8 ลักษณะการทำงานของเซ็นเซอร์แสง เมื่อไม่มีวัตถุตัดผ่าน

4. วิจารณ์ผลการทดสอบ

หลังจากทำการระบุตำแหน่งในการติดตั้งโมดูลเซ็นเซอร์แสงเพื่อใช้ในการส่งการตรวจจับวัตถุเพื่อส่งผลให้กับหน่วยประมวลผลเพื่อระบุการจับเวลา การนับจำนวนครั้งต่างๆ ในแต่ละจุดทดสอบ ซึ่งตำแหน่งที่ใช้ในการติดตั้งเซ็นเซอร์ในสถานีทดสอบระบบไหลเวียนโลหิตและการหายใจ ดังแสดงในภาพประกอบ 2ตำแหน่งที่ใช้ในการติดตั้งเซ็นเซอร์ในสถานีทดสอบความอดทนและแข็งแรงของกล้ามเนื้อส่วนล่างของร่างกาย ดังแสดงในภาพประกอบ 3 และตำแหน่งที่ใช้ในการติดตั้งเซ็นเซอร์ในสถานีทดสอบการทรงตัวและความคล่องแคล่วว่องไวของร่างกาย ดังแสดงในภาพประกอบ 4

จากการติดตั้งโมดูลเซ็นเซอร์แสง เราสามารถวัดค่าสัญญาณเอาต์พุตที่ได้ ซึ่งจะสามารถพิจารณาให้เห็นถึงค่าของเซ็นเซอร์เมื่อวัตถุตัดผ่านซึ่งตำแหน่งที่ใช้ในการติดตั้งเซ็นเซอร์ในสถานีทดสอบการทรงตัวและความคล่องแคล่วว่องไวของร่างกาย ดังแสดงในภาพประกอบ 9และเราสามารถวัดค่าสัญญาณเอาต์พุตที่เมื่อไม่มีวัตถุตัดผ่านซึ่งตำแหน่งที่ใช้ในการติดตั้งเซ็นเซอร์ในสถานีทดสอบการทรงตัวและความคล่องแคล่วว่องไวของร่างกาย ดังแสดงในภาพประกอบ 10 และในภาพประกอบ 11 แสดงการวัดสัญญาณจากเซ็นเซอร์แสง

ภาพประกอบ 9 สัญญาณเอาต์พุต เมื่อวัตถุตัดผ่าน

ภาพประกอบ 10 สัญญาณเอาต์พุต เมื่อวัตถุตัดผ่าน

ภาพประกอบ 10 การวัดสัญญาณ จากเซ็นเซอร์แสง

จากผลการทดสอบแบบทดสอบสมรรถภาพทางกายที่มีผลต่อคุณภาพชีวิตสำหรับผู้สูงอายุ ทั้ง 3 สถานีที่ประยุกต์ใช้เทคโนโลยีเซ็นเซอร์แสง ในการระบุการจับเวลา การนับจำนวนครั้งต่างๆ แทนการระบุด้วยสายตาและนาฬิกาจับเวลา ปรากฏว่ามีความถูกต้อง แม่นยำ ความเชื่อถือได้เพิ่มขึ้นโดยแต่ละสถานีใช้เวลาคือ 1) สถานีทดสอบสมรรถภาพด้านความอดทนของระบบไหลเวียนโลหิตและการหายใจ ใช้เวลา2นาที $\pm$10วินาที2) สถานี

ทดสอบสมรรถภาพด้านความแข็งแรงและความอดทนของกล้ามเนื้อส่วนล่างของร่างกายใช้เวลา 1นาที ±10 วินาที3) สถานีทดสอบสมรรถภาพด้านการทรงตัวและความคล่องแคล่วว่องไวของร่างกาย ใช้เวลา2นาที ±15 วินาทีและใช้เวลารวมในการทดสอบอยู่ที่ 5 นาที ±35วินาที ซึ่งเมื่อทำการเปรียบเทียบค่าที่ได้กับเวลาเดิมที่ใช้ในการทดสอบอยู่ที่ 7นาที ±1 นาที ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการประยุกต์ใช้เซ็นเซอร์แสง ช่วยลดระยะเวลาในการทดสอบคิดเป็น 28.57 - 33.125 % ของเวลาเดิม

5. สรุป

บทความนี้เราได้แสดงให้เห็นว่าอุปกรณ์สำหรับสถานีทดสอบสมรรถภาพทางกายที่มีผลต่อคุณภาพชีวิตสำหรับผู้สูงอายุ ที่ประยุกต์ใช้เซ็นเซอร์แสงควบคู่ไปกับการเขียนโปรแกรมควบคุมการประมวลผลโดยใช้ไมโคลคอนโทรลเลอร์(Microcontroller) ในการระบุการจับเวลา การนับจำนวนครั้งต่างๆ ซึ่งให้มีความแม่นยำกว่าการใช้สายตาและนาฬิกาจับเวลา ในการระบุการจับเวลา การนับจำนวนครั้งต่างๆ ในแต่ละการทดสอบและการทดสอบจะมีความสะดวกและความถูกต้องในการเก็บรวบรวมข้อมูลจากการใช้เทคโนโลยีระบบการชี้เฉพาะด้วยคลื่นความถี่วิทยุ (RFID) ในการบันทึกข้อมูลของผู้สูงอายุและช่วยลดระยะเวลาในการทดสอบคิดเป็น 28.57 - 33.125 % ของเวลาเดิม และสามารถนำไปใช้งานได้จริงในอนาคต

6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ประจำปีงบประมาณ 2555 โครงการเรื่อง “ประสิทธิผลชุดอุปกรณ์ทดสอบสมรรถภาพทางกายสำหรับประเมินความเสี่ยงภาวะทุพพลภาพสำหรับผู้สูงอายุ”

7. รายการอ้างอิง

กรมพลศึกษา, กลุ่มพัฒนาวิทยาศาสตร์การกีฬา ส่วนวิทยาศาสตร์การกีฬา สำนักการกีฬา. 2002. **คู่มือการทดสอบสมรรถภาพทางกาย.** กรุงเทพมหานคร

บริษัท ออมรอน อิเล็กทรอนิกส์ จำกัด. “เซ็นเซอร์แสง (Photoelectric Sensor)” (2012) from http://www.plceasy.com/Lesson/Photo.asp

แพทย์หญิงอารีรัตน์ สุพุทธิธาดา, ประวิตร เจนวรรธนะกุล, ชัยพัฒน์ หล่อศิริรัตน์, ทศพล ทองเติม. 2010. “Chula-Elderly Physical Fitness Test” โครงการภายใต้แผนงานวิจัยการสร้างและพัฒนาแบบทดสอบสมรรถภาพทางกายสำหรับผู้สูงอายุไทย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สำนักงานสถิติแห่งชาติ“ประมวลสถิติที่สำคัญของประเทศไทย พ.ศ. 2012” สำนักงานสถิติแห่งชาติ fromhttp://www.nso.go.th/

Kirkendall, D.R., Gruber, J.J., & Johnson, R.E. 1980. **Measurement and Evaluation for Physical Education.** Dubuque, Iowa: Wm. C. Brown Company Publishers.

Rikli, R.E., & Jones, C.J. 1999. Development and validation of a functional fitness test for community-residing older adults**. Journal of Aging and Physical Activity** 7(2), 129-161.

การตรวจสอบการหกล้มของผู้สูงอายุโดยใช้เซ็นเซอร์วัดความเร่งของโทรศัพท์เคลื่อนที่ประเภทสมาร์ทโฟนบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์

DETECTION OF FALLS AMONG THE ELDERLY USING ACCELEROMETER SENSORS OF SMART PHONE ON ANDROID OPERATING SYSTEM

เพชร นันทิวัฒนา

ศรีวิชัย แปลงทัพ

และสุทัศน์ พันธ์ประเสริฐ

กลุ่มศึกษาและวิจัยเชิงประยุกต์ไมโครคอนโทรลเลอร์

อิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม (SARGMET)

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม

E-mail : solid_po@hotmail.com, spmydaymyday@gmail.com, petch.na@spu.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้เป็นการนำเสนอการประยุกต์ใช้งานเซ็นเซอร์วัดความเร่ง (Accelerometer Sensor) ที่มีอยู่ในโทรศัพท์เคลื่อนที่ประเภทสมาร์ทโฟน (smart phone) ที่มีการทำงานด้วยระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ (Android) ที่ใช้แอพพลิเคชั่น Andro sensor เพื่อช่วยตรวจสอบหาสัญญาณและแจ้งเตือนพฤติกรรมการหกล้มของผู้สูงอายุ โดยทำการหาค่าความเร่งในแกน X, Y และแกน Z ที่ได้จากเซ็นเซอร์วัดความเร่ง เพื่อหาผลต่างของแต่ละแกนด้วยพฤติกรรมการยืนนิ่ง เดิน นั่ง นอน ล้ม และโดยตำแหน่งการติดตั้งที่เอว จากนั้นนำค่าผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลองมาเปรียบเทียบและคำนวณตามรูปแบบสมการที่กำหนด เพื่อหาค่าเฉลี่ย ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าสูงสุด ค่าต่ำสุด และค่าปกติ (Normalization) เพื่อนำไปใช้ในการศึกษาหาจุดการหกล้มของผู้สูงอายุ ซึ่งจากผลของงานวิจัยนี้สามารถระบุความแตกต่างที่เกิดขึ้นของแต่ละพฤติกรรมได้ แล้วจึงทำการออกแบบและเพื่อศึกษาพัฒนาอุปกรณ์ช่วยตรวจสอบและแจ้งเตือนการหกล้มของผู้สูงอายุ ทั้งนี้เพื่อช่วยแก้ไขปัญหาและลดการเกิดอันตรายแก่ผู้สูงอายุในลำดับต่อไป

คำสำคัญ: เซ็นเซอร์วัดความเร่ง, สมาร์ทโฟน.

ABSTRACT

This paper represents the application of accelerometer sensor in smart phone on Android operating system.For check signal and alert behavior of falls among the elderly. Finds the acceleration in the X, Y and Z

axis of the accelerometer sensor with movement in various ways. The installation location is different. Then the results of the experiment were compared and calculated by the model equations. Against average. Standard deviation, maximum, minimum and normal (Normalization) to be used in the audit of falls among the elderly. The result of this research is to identify the differences that have caused the behavior. And then design and develop equipment. To help detect and notification of falls among the elderly.In order to solve the problem and reduce the harm to the elderly in order.

KEYWORDS: Accelerometer Sensor, smart phone, alert, Behavior of falling, Elderly.

1. บทนำ

การหกล้มในผู้สูงอายุเป็นปัญหาสำคัญทางด้านการสาธารณสุข เนื่องจากเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดการบาดเจ็บจนต้องเข้ารับการรักษาในโรงพยาบาล และอาจเสียชีวิตในเวลาต่อมาได้ การหกล้มมักเกิดในผู้ที่มีสุขภาพร่างกายไม่ดีและมีความสามารถในการทำงานของร่างกายน้อยลง พบว่าอยู่ที่ประมาณ 30 – 70 เปอร์เซ็นต์ของผู้สูงอายุที่มีอายุตั้งแต่ 65 ปีขึ้นไป ที่เคยมีประสบการณ์การหกล้มมากกว่า 1 ครั้งต่อปี อัตราการเสียชีวิตจากการหกล้มจะเพิ่มขึ้นเมื่อมีอายุ 75 ปีขึ้นไปทั้งเพศชายและเพศหญิง โดยการหกล้มในผู้สูงอายุประมาณ 30 -70 เปอร์เซ็นต์เกิดจากการเดินสะดุดสิ่งของ ลื่นล้ม ก้าวพลาดและโดยทั่วไปมักเกิดขณะเดิน เนื่องจากการเดินเป็นกิจกรรมที่ทำมากที่สุดในแต่ละวันแม้ว่าผู้สูงอายุจะเดินอย่างอิสระแต่ความสามารถในการควบคุมสมดุลการทรงตัวนั้นลดลงทำให้ เมื่อลื่นหรือสะดุดจะเกิดการหกล้มได้ง่าย โดยเฉพาะเวลาที่ผู้สูงอายุต้องอยู่ตามลำพัง จากปัญหาดังกล่าวจะเห็นได้ว่าการดูแลป้องกัน การบรรเทาและการแก้ไข โดยเฉพาะการแจ้งให้บุตรหลาน หรือผู้ดูแลทราบว่าผู้สูงอายุหกล้มหรือไม่ เพื่อลดการสูญเสียที่อาจจะเกิดขึ้น

ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ทำการคิดค้นหาวิธีในการแก้ไขปัญหาดังกล่าว โดยการนำเอาคุณสมบัติพิเศษของเซ็นเซอร์วัดความเร่ง Accelerometer sensor ที่มีอยู่ในโทรศัพท์เคลื่อนที่ประเภทสมาร์ทโฟน ที่ทำงานด้วยระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ เข้ามาช่วยแจ้งให้บุตรหลาน หรือผู้ดูแลทราบว่าผู้สูงอายุหกล้มหรือไม่

2. การหกล้มในผู้สูงอายุ

ข้อมูลด้านเวชศาสตร์ผู้สูงอายุที่เกี่ยวข้องกับการหกล้มในผู้สูงอายุดังแสดงในภาพประกอบ 1 ซึ่งให้คำจัดความของคำว่า “ หกล้ม ” ในทางงานวิจัย หมายถึง ภาวะที่ผู้สูงอายุล้มลงไปสู่พื้น หรือพบว่านอนอยู่ที่พื้นหรือเป็นภาวะที่ล้มไปกระแทกกับวัสดุอุปกรณ์ที่อยู่ในบริเวณนั้น เช่น เก้าอี้หรือโต๊ะ แล้วต้องพยายามดึงตัวกลับมาเพื่อการทรงตัว ในทางคลินิกอาจให้คำจำกัดความของการหกล้มว่าเป็นการหลุดจากฐานที่รับน้ำหนักของร่างกายโดยไม่ได้ตั้งใจ คำจำกัดความนี้ไม่ได้หมายถึง ขณะยืนเท่า แต่รวมไปถึงขณะลุกขึ้นยืนจากเก้าอี้แล้วเกิดภาวะหงายหลังลงมานั่งบนเก้าอี้โดยไม่ได้ตั้งใจ หรือเซไปกระแทกกับผนังห้อง

ภาพประกอบ 1 แสดงการหกล้ม

ปัจจุบันประชากรผู้สูงอายุในประเทศไทยมีจำนวนเพิ่มขึ้นเนื่องจากโครงสร้างของสังคมมีการเปลี่ยนแปลงและวิทยาการทางการแพทย์และสาธารณสุขที่ดีขึ้น จากการศึกษาประชากรผู้สูงอายุในประเทศไทยเมื่อปี ค.ศ. 1999 พบว่ามีจำนวน 5.2 ล้านคน โดยจะเพิ่มขึ้นเป็น 5.6 ล้านคนในปี ค.ศ. 2000 และในปี ค.ศ.2010 จะเพิ่มขึ้นเป็น 7.4 ล้านคน จนถึงปี ค.ศ.2025 จะมีผู้สูงอายุถึง 13.9 ล้านคนโดยจะเป็นหญิงมากกว่าชายและผู้สูงอายุที่อยู่ตามลำพังในที่พักอาศัยมีจำนวนเพิ่มขึ้นตามลำดับ เนื่องจากสภาวะทางเศรษฐกิจและสังคม และมีจำนวนไม่น้อยที่ได้รับอุบัติเหตุรุนแรงขณะอยู่ลำพังและอาจเป็นสาเหตุของการเสียชีวิตตามมา ซึ่งพบว่าผู้สูงอายุที่อายุมากกว่า 70 ปีเสียชีวิตจากอุบัติเหตุการหกล้มอุบัติการณ์การหกล้มขึ้นกับสภาพทางร่างกายและสภาวะแวดล้อมของแต่ละบุคคล ผู้สูงอายุจะเสี่ยงต่ออุบัติเหตุการหกล้มมากขึ้น เนื่องจากมีข้อจำกัดในการทำงานและการช่วยเหลือตนเอง และมักดำเนินชีวิตด้วยการพึ่งพาผู้ที่แข็งแรงกว่า เช่น ลูก หลาน ผู้ที่ใกล้ชิดหรือผู้ดูแลจากงานวิจัยพบว่าแม้ผู้สูงอายุจะอยู่ในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมแล้วก็ตาม อุบัติเหตุของการหกล้มก็ยังเพิ่มขึ้น จากข้อมูลนี้เป็นแนวทางที่บอกได้ว่าปัญหานั้นอาจมาจากสภาพร่างกายที่เสื่อมลงตามอายุเช่นมีความแข็งแรงของกล้ามเนื้อลดลงโดยเฉพาะกล้ามเนื้อข้อตะโพก ข้อเข่าและข้อเท้า ซึ่งนำไปสู่ปัญหาการควบคุมการทรงตัว การเดินที่ผิดปกติทั้งนี้เพราะการควบคุมการทรงตัวที่ดีนั้นเกิดจากการทำงานที่มีประสิทธิภาพของระบบกระดูกและกล้ามเนื้อและระบบประสาท

ปัจจัยที่ทำให้เกิดการหกล้มในผู้สูงอายุแบ่งออกเป็น ปัจจัยภายใน (Intrinsic Factor) และปัจจัยภายนอก (Extrinsic Factor) โดยที่ปัจจัยภายในจะเป็นการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาระบบกระดูกและกล้ามเนื้อและทางจิตใจ ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสภาพร่างกายเมื่อมีอายุเพิ่มขึ้นส่งผลให้ผู้สูงอายุหกล้มได้ง่าย ส่วนปัจจัยภายนอกจะเป็นปฏิกิริยาของร่ากายในการตอบสนองต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งต้องนำมาพิจารณาในการป้องกันการหกล้ม โดยผู้ที่มีการเคลื่อนไหวอยู่ตลอดเวลาจะเกิดการบาดเจ็บจากการหกล้มน้อยกว่าผู้ที่กลัวหรือไม่อยากเคลื่อนไหวซึ่งอาจมีภาวะของกระดูกบาง หรือการป้องตนเองไม่ให้หกล้ม ผู้สูงอายุมักจะเกิดการบาดเจ็บจากการหกล้มเนื่องจากจากสภาพแวดลอมที่เป็นอันตราย เช่น บันไดหรือพื้นที่ที่ไม่คุ้นเคยเมื่อออกจากบ้าน นอกจากนี้ปัจจัยภายนอกอื่นๆ ได้แก่ แสงสว่างไม่พอทางขึ้นบันไดที่ไม่ปลอดภัยหรือพื้นต่างระดับและพฤติกรรมที่ก่อให้เกิดความเสี่ยง (แดนเนาวรัตน์ จามรจันทร์- มกราคม 2548),(Thuy - Trang Nguyen, Myeong - Chan Cho, - September 2 – 6, 2009)

3. ขั้นตอนการออกแบบการทดลอง

การออกแบบรูปแบบการทดลอง เพื่อนำผลลัพธ์ที่ได้ไปใช้ในการออกแบบและการระบุโครงสร้างการทำงานหลักของระบบ เพื่อให้สามารถนำเอาข้อมูลที่มีนั้นมาสร้างและพัฒนาหาสัญญาณแจ้งเตือนการหกล้ม ซึ่งในงานวิจัยนี้เป็นการประยุกต์ใช้เซ็นเซอร์วัดความเร่ง ในการตรวจสอบหาค่าความเร่งในแกน X, Y และแกน Z เพื่อนำผลลัพธ์ที่ได้มาตรวจสอบหาผลต่างและค่าปกติ (Normalization) ของแต่ละแกนของแต่ละพฤติกรรม หาลักษณะของการหกล้มในรูปแบบพฤติกรรมต่างๆ โดยเลือกใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่ ยี่ห้อซัมซุง รุ่น Samsung Galaxy Mini S5570 (www.boschsensortec.com) , (www.thai phonere view.com) ดังแสดงในภาพประกอบ 2

ภาพประกอบ 2 โทรศัพท์เคลื่อนที่สมาร์ทโฟน ยี่ห้อซัมซุงรุ่น Galaxy Mini S5570

ลักษณะของการวางแกนของโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่ทำการอ่านค่าเซ็นเซอร์วัดความเร่ง (Accelerometer sensor) (Ed Burnette -November 2010),(W. Haskell, K. Larson, J. Wright, A. King, and R. Friedman -2009)ในโทรศัพท์ โดยจะมีแกน x, y และแกนz เป็นตัวหลักในการทำงาน แกน +x จะมีทิศทางไปทางด้านขวามือของโทรศัพท์ แกน -x จะมีทิศทางไปทางด้านซ้ายมือของโทรศัพท์ แกน +y จะมีทิศทางไปทางด้างล่างของโทรศัพท์ แกน -y จะมีทิศทางไปทางด้านบนหัวของโทรศัพท์ ส่วนแกน +z จะมีทิศทางไปทางด้านหน้าจอแสดงผลของโทรศัพท์ และแกน -z จะมีทิศทางไปทางด้านหลังของโทรศัพท์ ดังแสดงในภาพประกอบ 3

ภาพประกอบ 3 แสดงลักษณะของแกนเซ็นเซอร์ในโทรศัพท์

Acceleration Meter หรือมิเตอร์ความเร่ง ตามนิยามก็คือเซ็นเซอร์วัดความเร่งที่เปลี่ยนแปลงไป (ในหน่วย m/s^2) ตัวอย่างเช่น ความเร่งของแรงโน้มถ่วงก็คือ 9.8 m/s^2 หรือ a (มาจาก Acceleration) เราจะใช้ เซ็นเซอร์วัดความเร่ง สำหรับเป็นตัวชี้ว่าอยู่ในสถานะนิ่งเฉย (Static) หรือ เคลื่อนไหวทันทีทันใด หรือหยุดทันทีทันใด (Dynamic) นั่นทำให้ เซ็นเซอร์วัดความเร่งเป็นเซ็นเซอร์สำหรับบอกสถานะการเอียงได้เป็นอย่างดี (Tilt Sensor)

โดยค่าผลลัพธ์หรือเอาต์พุตของเซ็นเซอร์วัดความเร่ง (Accelerometer) จะมีการเปลี่ยนแปลงอยู่เสมอ แม้ว่าจะวางโทรศัพท์เคลื่อนที่ไว้ในลักษณะอยู่นิ่งก็ตาม

4. การทดลองและผลการทดลอง

การทดลองเพื่อหาค่าความเร่งในแกน X ,Y และแกน Z จากเซ็นเซอร์วัดความเร่งโดยนำค่าผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลองมาคำนวณหาค่าสูงสุด ค่าต่ำสุด ค่าเฉลี่ยของแต่ละแกน ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าขนาดหรือแอมปลิจูด และค่าปกติ (Normalization) เพื่อนำไปใช้สำหรับการตรวจสอบการหกล้มของผู้สูงอายุ โดยติดตั้งโทรศัพท์เคลื่อนที่ไว้ที่ตำแหน่งเอวข้างลำตัว เพื่อทำการตรวจสอบและบันทึกค่าความเร่งที่ได้ในแกน X, Y และแกน Z ของลักษณะพฤติกรรมการเคลื่อนที่ ได้แก่ การยืนนิ่ง การเดินปกติ การนั่งนิ่ง และการนอนหงาย

ขั้นตอนการทดลอง

- ทำการติดตั้งโทรศัพท์เคลื่อนที่ไว้ที่ตำแหน่งเอวข้างลำตัว
- ทำการเปิดแอพพลิเคชั่น Andro sensor ที่มีอยู่ในโทรศัพท์เคลื่อนที่ เพื่อเริ่มทำการบันทึกค่า
- ทำเลือกช่วงเวลาในการบันทึก (Recording Interval) ที่ทุกๆ 0.5 วินาที (ในโทรศัพท์ประเภทสมาร์ทโฟน)
- ทำการทดลอง การเดินปกติ การยืนนิ่ง การนั่งนิ่ง และการนอนหงาย โดยใช้ระยะเวลาในแต่ละการทดลอง ทุกการทดลองจะทำที่ 1 นาที (ทำทั้งหมดอย่างละ 15 ครั้ง เพื่อความถูกต้อง)
- นำผลลัพธ์ที่ได้มาเป็นค่าแบบ Excell ทำการคำนวณหาค่าสูงสุด ค่าต่ำสุด ค่าเฉลี่ยของแต่ละแกน ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าขนาด และค่าปกติ (Normalization)

ผลการทดลอง

ตาราง 1 แสดงผลการทดลองค่าเฉลี่ย ค่าความเบี่ยงเบน และค่า Normalization

ประเภท	ค่าเฉลี่ย (m/s^2)	ค่าความเบี่ยงเบน (m/s^2)	ค่า Normalization เฉลี่ย (m/s^2)
การยืนนิ่ง	|m|=17.94899		
	X=10.91933	X=0.185117	X=0.61
	Y= -10.54612	Y=0.323030	Y= -0.57
	Z=9.571317	Z=0.568914	Z=0.53
การเดินปกติ	|m|=17.90862		
	X=10.87162	X=0.583983	X=0.60
	Y= -10.87162	Y=0.946375	Y= -0.60
	Z=9.20677	Z=1.014942	Z=0.51
การนั่งนิ่ง	|m|=15.50738		
	X=10.66430	X=0.274353	X=0.68
	Y= -8.040976	Y=0.368704	Y= -0.52
	Z=7.86658	Z=0.7821878	Z=0.50

ตาราง 1 (ต่อ) แสดงผลการทดลองค่าเฉลี่ย ค่าความเบี่ยงเบน และค่า Normalization

ประเภท	ค่าเฉลี่ย (m/s²)	ค่าความเบี่ยงเบน (m/s²)	ค่า Normalization เฉลี่ย (m/s²)
การนอนหงาย	|m|=11.89958		
	X=1.74659	X=0.337902	X=0.14
	Y= -0.43844	Y=0.851128	Y= -0.03
	Z=11.73429	Z=1.143456	Z=0.99

ตาราง 2 แสดงค่าสูงสุดและต่ำสุดโดยของแต่ละพฤติกรรม

ประเภท	Max (m/s²)	Min (m/s²)
การยืนนิ่ง	16.51	5.78
การเดินนิ่ง	19.69	- 0.74
การนั่งนิ่ง	16.51	5.78
การนอนหงาย	21.42	2.41

5.3 ผลการทดลองจาก Accelerometer Sensor

ภาพประกอบ 4 กราฟแสดงผลการยืนนิ่ง

ภาพประกอบ 5 กราฟแสดงผลการนั่งนิ่ง

ภาพประกอบ 6 กราฟแสดงผลการเดินปกติ

ภาพประกอบ 7 กราฟแสดงผลการนอนหงาย

ภาพประกอบ 8 กราฟผสม นอน นั่ง ยืน เดิน ยืน นั่ง นอนโดยทำต่อเนื่องทุกๆ 1 นาที

ภาพประกอบ 9 กราฟแสดงผลการยืนล้มไปด้านหลังแล้วลุกขึ้น

5. วิเคราะห์ผลการทดลอง

จากการทดลองทั้ง 4 ประเภทคือ การยืนนิ่ง การเดินปกติ การนั่งนิ่ง การนอนหงาย ทำการทดลองอ่านค่าของเซ็นเซอร์วัดความเร่งจากการกระทำของแต่ละพฤติกรรมเพื่อทำการหาค่าเฉลี่ยของขนาด ค่าเฉลี่ยของแกน x, y, z แล้วนำมาคำนวณหาค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าปกติ (Normalization) ค่าขนาด ค่าสูงสุดค่าต่ำสุด ซึ่งจะได้ผลการทดลอง ดังตาราง 1 และตาราง 2 เพื่อจะได้นำมาหาความแตกต่างของแต่ละพฤติกรรม เมื่อได้ค่าจะได้นำมาเป็นจุดแจ้งเตือนสัญญาณการหกล้ม

จากการวิเคราะห์จะเห็นได้ว่า การยืนนิ่งกับการเดินมีค่าของขนาดที่ใกล้เคียงกันหรือบางที่ก็เท่ากันจะได้ค่าขนาดของแบบอยู่นิ่งๆประมาณ 17.9 (m/s²) และค่าของแต่ละแกนมีความสอดคล้องกันมากระหว่างการเดินกับยืน ดังนั้นจึงเป็นการยากต่อการแยกระหว่างการยืนกับการเดิน แต่ถ้ามีการเคลื่อนไหวจะมีข้อแตกต่างที่ชัดเจนของการเดินกับยืนจะเกิดการสวิงเกิดขึ้นจึงทำให้เกิดค่าสูงสุดและต่ำสุดที่แตกต่างกันจึงสามารถแยกระหว่างการเดินกับการยืนได้เพราะการเดินจะมีค่าต่ำสุดน้อยกว่าการยืนอยู่ที่ -0.74 (m/s²) และการเดินมีค่าสูงสุดมากกว่าการยืนประมาณ 19.7 (m/s²) จะเห็นว่าสามารถแยกได้ชัดเจน

การนั่งนิ่งจะมีค่าขนาดอยู่ประมาณ 15.5 (m/s²) และค่าเฉลี่ยของแต่ละแกนมีความแตกต่างอย่างเห็นได้ชัดเจนมากกว่าการยืนนิ่ง การเดินปกติ และการนอนหงาย ค่าของขนาดของการนั่งสามารถแยกให้เห็นได้ชัดเจนมากกว่า การยืนกับการเดินปกและการนั่งนิ่งมีค่ามากกว่าการนอนหงาย ซึ่งดูได้จากผลการทดลองในตารางที่ 1 ดังนั้นค่าของขนาดก็สามารถบอกได้ว่านี้คือพฤติกรรมการนั่งนิ่งแต่ทางที่ดีเราต้องตรวจสอบค่าของแต่ละแกนเพื่อความแน่ใจในการประมวลผลว่าเป็นพฤติกรรมการนั่งนิ่ง

ในส่วนของการนอนหงายจะมีค่าขนาดอยู่ประมาณ 11.9 (m/s²) และค่าของแกน x, y มีค่าน้อยแต่แกน z จะมีค่ามาสูงมากกว่าซึ่งจะเห็นว่ามีความแตกต่างของการนอนหงายมีขนาดที่แตกต่างแล้วกราฟยังแตกต่าง จากการยืนนิ่ง การเดิน และการนั่งนิ่ง โดยค่าของขนาดที่มีค่าน้อยมากหรือประมาณ 11.9 (m/s²) สามารถบ่งบอกได้ว่าเป็นพฤติกรรมการนอนหงาย แต่ถ้าจะให้ว่าเป็นพฤติกรรมการนอนหงายเราต้องทำการตรวจสอบค่าของแกน x, y และแกน z อีกทั้งค่าปกติ (Normalization) เพราะการนอนมีหลายพฤติกรรม เช่น นอนคว่ำ นอนตะแคงซ้าย นอนตะแคงขวา จะมีค่าที่เปลียนแปลงของแต่ละแกนออกไป ดังนั้นเราต้องมาทำการตรวจสอบค่าของแต่ละแกนเพื่อจะได้สอดคล้องกับการทดลองพฤติกรรมการนอนแบบต่างๆ(ยกตัวอย่างมาเฉพาะนอนหงาย)

การล้มในส่วนตรงนี้ยกตัวอย่างการยืนล้มไปด้านหลังมา จะเห็นได้ว่าในช่วงการยืนนิ่งจะมีค่าของขนาดอยู่ที่ประมาณ 17.9 (m/s^2) หากเกิดการล้มลงไปจะได้ค่าเซ็นเซอร์วัดความเร่งของแต่ละแกนจะเกิดการสวิงขึ้นในช่วงของการล้มลงไปค่าที่ได้จะเกิดค่าสูงสุด ค่าต่ำสุด มากกว่าการเดิน การยืน อย่างเห็นได้ชัดเจน ล้มลงแล้วนอนนิ่งจะได้ค่าขนาดประมาณ 5 (m/s^2) และค่าแต่ละแกนจะใกล้เคียงกัน เท่าศูนย์

6. สรุป

จากผลลัพธ์จากการทดลองที่ได้ทำให้เราสามารถที่จะทำการประยุกต์ใช้ เซ็นเซอร์วัดความเร่งที่มีอยู่ในโทรศัพท์เคลื่อนที่ประเภทสมาร์ทโฟน สามารถทำการตรวจสอบค่าความเร่งในแกน X, Y และแกน Z เพื่อช่วยในการหาผลต่างของแต่ละแกนของแต่ละพฤติกรรมและหาช่วงของพฤติกรรมการหกล้มของผู้สูงอายุโดยจะมีการเดินปกติ ยืนนิ่ง นั่งนิ่ง นอนหงาย ทั้งนี้งานวิจัยนี้เพื่อกำหนดเป็นค่ามาตรฐานที่ใช้อ้างอิงสำหรับตรวจสอบพฤติกรรมการหกล้ม โดยผลลัพธ์จากการทดลองที่ได้จะเป็นแนวทางในการพัฒนาเพื่อสร้างอุปกรณ์ เพื่อช่วยตรวจสอบและแจ้งเตือนการหกล้ม เพื่อช่วยแก้ไขปัญหาและบรรเทาการเกิดอันตรายกับผู้สูงอายุ

7. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์เพชร นันทิวัฒนา อาจารย์ที่ปรึกษา ที่ได้ให้คำปรึกษา คำแนะนำ และข้อคิดต่างๆ ในการปฏิบัติโครงงานนี้ แก่คณะผู้วิจัยมาโดยตลอด

8. เอกสารอ้างอิง

แดนเนาวรัตน์ จามรจันทร์ และคณะ, “การศึกษาเรื่องการทรงตัวและหกล้มในผู้สูงอายุไทย”, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, มกราคม 2548

Thuy - Trang Nguyen, Myeong - Chan Cho, Tae - Soo Lee, “ Automatic fall detection using Wearable Biomedical Signal Measurement Terminal ”, **31st Annual International Conference of the IEEE EMBS Minneapolis**, Minnesota, USA, September 2 – 6, 2009

E. Munguia Tapia, S. S. Intille, W. Haskell, K. Larson, J. Wright, A. King, and R. Friedman, "Real-time recognition of physical activities and their intensities using wireless accelerometers and a heart rate monitor " in **Proceedings of the International Symposium on Wearable Computers: IEEE Press**, 2007.

Ed Burnette, “Hello, Android Introducing Google’s Mobile Development Platform”, 3rd Edition, **Pragmatic Programmers LLC**, November 2010

ข้อมูลมือถือ samsung-galaxy-mini-s5570” จากเว็ป www.thai phonere view.com/รีวิว-samsung- galaxy-mini-s5570

“Digital, triaxial acceleration sensor” from http://www.boschsensortec.com/content/language1/downloads/BMA220_Flyer_10_2010_v6.pdf

เทคนิคเหมืองข้อมูลสำหรับการพยากรณ์ ผลสัมฤทธิ์ทางการศึกษาด้วยวิธีการจัดการเรียนการสอนแบบผสมผสาน

DATA MINING TECHNIQUES FOR PREDICTING ACHIEVEMENT OF STUDENTS BY BLENDED LEARNING INSTRUCTION

วีระยุทธ พิมพาภรณ์
หัวหน้าสาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์คณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา
E-mail : werayut.scisrc@gmail.com
พยุง มีสัจ
คณบดีคณะเทคโนโลยีสารสนเทศ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
E-mail : pym@kmutnb.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาแบบจำลองสำหรับการพยากรณ์ผลสัมฤทธิ์ทางการศึกษาด้วยวิธีการจัดการเรียนการสอนแบบผสมผสานโดยใช้เทคนิคเหมืองข้อมูลทั้งนี้ข้อมูลที่ใช้สำหรับสร้างแบบจำลองได้จากชุดข้อมูลคะแนนการทดสอบของผู้เรียนในระหว่างการศึกษามีทั้งสิ้น 20 ตัวแปรการวิจัยได้แบ่งข้อมูลออกเป็น 2 ชุดข้อมูลโดยใช้วิธีการคัดเลือกคุณลักษณะ (Feature Selection) ด้วยวิธีInformation Gain และGain Ratio จากนั้นลดมิติของข้อมูลเพื่อนำไปวัดค่าประสิทธิภาพของแบบจำลองการพยากรณ์โดยใช้วิธี 10-fold Cross Validation ผลการวิจัยพบว่าแบบจำลองสำหรับการพยากรณ์แบบเคเนียเรสเนเบอร์ (KNN) มีค่าความถูกต้องสูงสุดเท่ากับ 86.13% ต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree) เท่ากับ 81.74% กฎพื้นฐาน (Rule-Base) เท่ากับ 81.67% และนาอีฟเบย์ (Naïve Bays) เท่ากับ 55.05%

คำสำคัญ : แบบจำลองการพยากรณ์การเรียนแบบผสมผสานเหมืองข้อมูลการจำแนกข้อมูล

ABSTRACT

The purpose of this research is to develop the a data mining model for predicting learning achievement of students based on Blended Learning Instruction. The data that is used to create model was gathered from the learner's exercise scores throughout semesters. There are 20 variables. The data is separated into 2 sets using the feature selection techniques; 1) Information Gain (IG) and 2) Gain Ration (GR). After the

feature selection process, the datais reduced in order to evaluate the predicting model's performance by using 10-fold Cross Validation. The experimenting results showed that the highest accuracy rate is the K-Nearest Neighbor as 86.13%, the Decision Tree as 81.74%, the Rule Base as 81.67%, and Naïve Bays 55.05%.

KEYWORDS : Prediction Model, Blended Learning Instruction, Data Mining, Classification

1. บทนำ

ปัจจุบันสภาพแวดล้อมทางด้านเทคโนโลยีการศึกษาได้มีการปรับเปลี่ยนรูปแบบและมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง เป็นการตอบสนองต่อเทคโนโลยีการสื่อสารและโทรคมนาคมที่มีความก้าวหน้าอย่างรวดเร็ว การนำเทคโนโลยีทางการศึกษาที่ทันสมัยมาประยุกต์ใช้กับการเรียนการสอนในองค์กรการศึกษาอย่างมีประสิทธิภาพนั้นถือได้ว่าเป็นการสร้างความได้เปรียบทางการแข่งขันขององค์กรทางการศึกษา

การทำเหมืองข้อมูลถือได้ว่าเป็นเทคนิคในการวิเคราะห์ข้อมูลขั้นสูงอย่างหนึ่ง เป็นการนำข้อมูลในฐานข้อมูลขนาดใหญ่มาวิเคราะห์ สื่อค้นองค์ความรู้ และรวบรวมองค์ความรู้ให้อยู่ในรูปของ ฐานความรู้ (Knowledge base) ซึ่งถือเป็นรากฐานสำคัญในการประยุกต์ใช้ในงานด้านต่าง ๆ และที่สำคัญการทำเหมืองข้อมูลยังถูกนำมาประยุกต์ใช้ในงานด้านการศึกษา โดยเทคนิคที่ได้รับความนิยมและมีความน่าสนใจได้แก่ เทคนิคการจำแนกข้อมูล (Classification) ถือได้ว่าเป็นการแบ่งประเภทของข้อมูล โดยการแบ่งข้อมูลทำได้โดยการใช้ชุดฝึกฝน (Training Data Set) ซึ่งเป็นชุดข้อมูลที่ใช้สำหรับอธิบายและแบ่งประเภทข้อมูล ใช้สำหรับการสร้างต้นแบบ (Model) กระบวนการสร้างต้นแบบในเทคนิคเหมืองข้อมูล สามารถใช้อัลกอริทึมได้หลายแบบ เช่น ต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree) กฎพื้นฐาน (Rule-Base) นาอีฟเบย์ (Naïve Bays) เคเนียเรสเนเบอร์ (KNN) เป็นต้น อย่างไรก็ตามการเลือกใช้เทคนิคเหมืองข้อมูล ในการพัฒนาแบบจำลองเพื่อการพยากร จำเป็นต้องคำนึงถึงประสิทธิภาพ ค่าความแม่นยำในการจำแนกข้อมูล ซึ่งขึ้นอยู่กับกระบวนการเตรียมข้อมูล (Data Preparation) ก่อนการสร้างแบบจำลอง โดยประกอบไปด้วย กระบวนการเลือกแอตทริบิวต์ (Feature Selection) ประเภทแอตทริบิวต์ ชนิดของข้อมูลที่มีความหลากหลาย การตรวจค่าความผิดปกติของข้อมูล(Mladenic & Grobelnik, 1999)

ในปัจจุบันสถาบันการศึกษาโดยเฉพาะในระดับอุดมศึกษา มีการพัฒนาระบบการเรียนการสอนออนไลน์ เพื่อเพิ่มผลสัมฤทธิ์ทางการศึกษาของผู้เรียน (Achievement of students)(Chawla, Bowyer, Hall, & Kegelmeyer, 2002)ให้สูงขึ้น อย่างไรก็ตามในช่วงการเปลี่ยนผ่านจากระบบการสอนในชั้นเรียน (face to face) ไปสู่ระบบการเรียนการสอนแบบออนไลน์ (Online Learning) ในลักษณะต่างๆ รูปแบบการเรียนการสอนที่ได้รับความนิยมในปัจจุบันคือ การเรียนการสอนแบบผสมผสาน (Blended Learning) และจากคุณลักษณะของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ว่า ความรู้ ความเข้าใจ และความสามารถของผู้เรียนที่เกิดจากการเรียนการสอนที่วัดผลได้จากการทดสอบ โดยนำผลไปพิจารณาเทียบกับเกณฑ์ที่ได้กำหนดไว้ซึ่งทำให้สามารถแยกผู้เรียนออกเป็นกลุ่มๆ ตามระดับความรู้ การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยกำหนดกลุ่มระดับความรู้ตามมาตรฐานเกณฑ์คะแนน 8 ระดับ คือ A (Excellent), B+ (Very Good), B (Good), C (Average) จนถึงระดับ F ซึ่งถือเป็นคลาสของชุดข้อมูลแบบหลายค่า (Multi-Class) ดังนั้นการหาปัจจัยที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ของผู้เรียน ใช้วิธีการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยการทดสอบ ในการวิจัยครั้งนี้แบ่งการทดสอบออกเป็น 3 ประเภทได้แก่ 1) การทดสอบก่อนเรียน เป็นการทดสอบเพื่อ

สำรวจความพร้อมของผู้เรียน และวัดความรู้พื้นฐานข้อมูลผู้เรียน 2) การทดสอบประจำบทเรียน โดยทดสอบตามวัตถุประสงค์ของการเรียนรู้ เพื่อสำรวจความรู้ความสามารถของผู้เรียน 3) แบบทดสอบหลังเรียน เป็นการทดสอบหลังจากสิ้นสุดการเรียนการสอน เพื่อสรุปผลการเรียน ข้อมูลที่ได้จากการทดสอบจะนำมาใช้เป็นชุดข้อมูล (Data Set) สำหรับการวิเคราะห์และพัฒนาแบบจำลองการพยากรณ์ (Prediction Model) โดยใช้เทคนิคเหมืองข้อมูล (Data Mining)

งานวิจัยครั้งนี้ เป็นการนำเสนอผลการพัฒนาแบบจำลองการพยากรณ์ (Prediction Model) ผลสัมฤทธิ์ทางการศึกษาผ่านการจัดการเรียนการสอนแบบผสมผสาน (Blended Learning Instructional) ด้วยเทคนิคเหมืองข้อมูล (Data Mining) โดยการวิเคราะห์ข้อมูลการจัดการศึกษาในระดับอุดมศึกษา เพื่อสืบค้นความรู้หรือการคาดคะเนผลสัมฤทธิ์ทางการศึกษาของผู้เรียนเมื่อสิ้นสุดการศึกษาในรายวิชา ซึ่งถือได้ว่าเป็นผลลัพธ์ที่สำคัญในกระบวนการจัดการศึกษาในระดับอุดมศึกษา

2. วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. เพื่อศึกษาเทคนิคการทำเหมืองข้อมูลและนำมาประยุกต์ใช้ในงานด้านการศึกษา
2. เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพและเลือกเทคนิคที่เหมาะสมในการจำแนกข้อมูลในการจัดการเรียนการสอนด้วยการทำเหมืองโดยเทคนิคต้นไม้ตัดสินใจกฎพื้นฐานนาอีฟเบย์เคเนียเรสเนเบอร์
3. เพื่อพัฒนาแบบจำลองในการพยากรณ์ผลสัมฤทธิ์ของผู้เรียนผ่านระบบการจัดการเรียนออนไลน์

3. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

3.1. เหมืองข้อมูล (Data Mining)

การทำเหมืองข้อมูล ถือเป็นกระบวนการของการกลั่นกรองสารสนเทศ (Information) ที่ซ่อนอยู่ในฐานข้อมูลขนาดใหญ่ เพื่อใช้ในการทำนายแนวโน้ม และพฤติกรรม โดยอาศัยข้อมูลในอดีตเพื่อค้นหารูปแบบความสัมพันธ์ และองค์ความรู้ใหม่ จากข้อมูล (Witten, Frank, & Hall, 2011) โดยมีขั้นตอนดังนี้

1. ทำความเข้าใจปัญหา โดยการเลือกข้อมูลให้มีความเหมาะสมกับอัลกอริทึมที่ใช้งาน จำนวนที่ต้องการ และค่าเป้าหมายเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ต้องการ
2. ทำความเข้าใจข้อมูล โดยการรวบรวม ตรวจสอบความถูกต้องและกำหนดคุณสมบัติที่ต้องการให้กับข้อมูล
3. เตรียมข้อมูล โดยการคัดเลือกข้อมูลเพื่อทำการแปลให้อยู่ในรูปแบบที่เหมาะสมต่อการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยเทคนิคต่าง ๆ
4. สร้างแบบจำลอง โดยแบ่งเป็น 2 ประเภทคือ 1) การสร้างแบบจำลองเพื่อการทำนาย (Predictive Data Mining) เป็นการคาดคะแนนลักษณะหรือประมาณค่าที่ชัดเจนของข้อมูลที่จะเกิดขึ้น โดยใช้ข้อมูลในอดีต 2) การสร้างแบบจำลองเพื่อใช้บรรยาย (Descriptive Data Mining) เพื่อหาแบบจำลองมาอธิบายลักษณะบางอย่างของข้อมูล

3.2. การจำแนกประเภทและการทำนาย (Classification and Prediction)

การจำแนกประเภทเป็นกระบวนการในการหารูปแบบของชุดข้อมูลที่มีความใกล้เคียงกันที่สุดเพื่อใช้สำหรับทำนายชุดข้อมูลว่าอยู่ในประเภทใดของชุดข้อมูลที่ได้มีการแบ่งตามคลาส (Class) แล้วซึ่งชุดข้อมูลที่ถูกแบ่งแล้วได้จากการเรียนรู้ข้อมูลจากข้อมูลฝึกฝน (Training Data Set) โดยแบบจำลองสามารถแสดงได้ในหลายรูปแบบเช่นต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree) กฎพื้นฐาน (Rule-Base) นาอีฟเบย์ (Naïve Bays) เคเนียเรสเนเบอร์ (KNN) โครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Network) ในกระบวนการสร้างแบบจำลอง (Model) สำหรับการจำแนกข้อมูลมีกระบวนการแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอนได้แก่ 1) การสร้างแบบจำลอง (Model Construction) โดยการเรียนรู้ข้อมูลที่ได้กำหนดคลาสไว้แล้วหรือข้อมูลฝึกฝน (Training Data) 2) การประเมินแบบจำลอง (Model Evaluation) โดยอาศัยข้อมูลทดสอบ (Testing Data) ซึ่งเป็นคลาสของข้อมูลนี้จะใช้ในการทดสอบด้วยวิธีการเปรียบเทียบกับคลาสที่แบบจำลองหามาเพื่อทดสอบความถูกต้อง 3) การนำแบบจำลองไปใช้งาน (Model Usage) เป็นการนำแบบจำลองที่มีประสิทธิภาพไปใช้กับข้อมูลที่ไม่เคยเห็นมาก่อน (Unseen Data) โดยแบบจำลองจะให้ผลลัพธ์เป็นการพยากรค่าของคลาสตามที่แบบจำลองกำหนด

3.3. ต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree)

ต้นไม้ตัดสินใจเป็นแบบจำลองเพื่อการทำนาย (Predictive model) เป็นแบบจำลองที่มีลักษณะคล้ายกับแบบจำลองที่มีลำดับชั้นของการตัดสินใจ(Rokach & Maimon, 2008) เป็นวิธีการที่ได้รับความนิยมเนื่องจากมีความซับซ้อนน้อยเมื่อเทียบกับอัลกอริทึมอื่น ๆ ซึ่งต้นไม้การตัดสินใจ เป็นการนำข้อมูลฝึกฝน (Training Data) มาสร้างแบบจำลองเพื่อพยากรณ์ มีการทำงานแบบ การเรียนรู้แบบมีผู้สอน (Supervised Learning) คือสามารถสร้างแบบจำลองได้จากกลุ่มตัวอย่างของข้อมูลได้อัตโนมัติ และสามารถพยากรณ์กลุ่มตัวอย่างของข้อมูลที่ยังไม่เคยนำมาจัดหมวดหมู่ หรือ ข้อมูลทดสอบ (Testing Data) การแสดงรูปแบบของ ต้นไม้ตัดสินใจ ประกอบไปด้วยโหลด (Node) แรกสุดเรียกว่า โหนดราก (Root Node) และแตกออกเป็นโหนดย่อยจนโหลดสุดท้ายเรียกว่า โหนดปลาย (Leaf Node)การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยเลือกใช้วิธีการสร้างต้นไม้ตัดสินใจ ด้วยขั้นตอนวิธีแบบ C4.5 โดยกำหนดให้(Quinlan, 1986, 1990)

$$Entropy(s) = -\sum_{i=1}^{n} p_i \log p_i \qquad (1)$$

โดยที่ p_i จำนวนความถี่ของคลาส (Class) i ในโหนด (Node) s เพื่อใช้สำหรับคำนวณค่าความหน้าจะเป็นซึ่งจะเป็นหนึ่งคลาสโดยใช้ค่าEntropy จะมีค่าเป็น 0 และมีค่าเป็น 1 นั้นหมายถึงทุกคลาสค่าความหน้าจะเป็นที่เท่ากันซึ่งมีโอกาสเกิดขึ้นได้โดยนิยาม

$$p = (k_i \mid N) \qquad (2)$$

ที่ N เท่ากับค่าทั้งหมดของรูปแบบกลุ่มของคลาส โดย K_i เท่ากัเหตุการที่เกิดขึ้นใน N การคำนวณหาค่า Information Gain ในการแบ่งกลุ่ม p ในกลุ่ม k ด้วยการวัดผล โดยนำค่า Gain ของ p ที่มีค่าน้อยที่สุดในการรวมกันจากกลุ่มย่อย k แล้วนำไปลบออกจากค่าของ $Entropy(p)$ โดยค่าคุณสมบัติ (Attributes) จะใช้สำหรับการเลือกโหนด(Node) ในการแบ่งกลุ่ม โดยเลือกค่า Gain ที่มีค่ามากที่สุดของ k โดยมีนิยาม(Tan, Steinbach, & Kumar, 2006)ดังนี้

$$GAIN_{split} = Entropy(p) - (\sum_{i=1}^{k} \frac{n_i}{n} Entropy(i)) \qquad (3)$$

จากนั้นจึงทำการแจกแจงข้อมูลในแต่ละกลุ่ม p ตามโหนด ที่ได้ทำการแบ่งไว้แล้วข้างต้นตัวจำแนกข้อมูล C4.5 ได้ทำการขยายส่วนของการจำแนกข้อมูลที่เป็นตัวเลข ด้วยการแบ่งข้อมูลให้เป็นช่วง เพื่อใช้ในการสร้างต้นไม้ตัดสินใจ โดยการแบ่งค่าต่อเนื่องออกเป็นช่วง (Discretization)

3.4. การจำแนกอีฟเบเซียน (Naïve Bayesian Classifier)

เทคนิคการแบ่งกลุ่มแบบเบเซียนอาศัยพื้นฐานจากกฎของเบย์(Bayes' Rules) ในการเรียนรู้ ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยเลือกใช้อัลกอริธึมประเภทนาอีฟเบเซียน ในการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการจัดการเรียนการสอนแบบผสมผสาร เนื่องจากเป็นอัลกอริธึมที่สามารถเรียนรู้และง่ายต่อความเข้าใจ โดยนาอีฟเบเซียนเป็นการคำนวณหาความหน้าจะเป็นของแต่ละกลุ่มข้อมูล ในรูปแบบของคลาส (Class) เมื่อมีการกำหนดแอททริบิว(Attribute) และค่าข้อมูลในแอททริบิวมาให้ การทำนายจะคำนวณหาค่าความน่าจะเป็นของทุก ๆ คลาส (Class Membership Probabilities) มาเปรียบเทียบกัน แล้วเลือกค่าความน่าจะเป็นที่สูงที่สุดของคลาสใด ๆ มาเป็นผลของการทำนายเพียงค่าเดียว โดยถือว่าค่าคุณสมบัติในแต่ละตัวไม่ขึ้นต่อกันกับค่าคุณสมบัติอื่น (Class conditional independence) ซึ่งสามารถเขียน $p(a_1, a_2, ...a_n)$ ด้วยผลคูณของความน่าจะเป็นดังสมการ

$$P(a_1,..a_n) = \prod_{i=1}^{n} p(a_i \mid v_j) \qquad (4)$$

3.5. เคเนียเรสเนเบอร์ (K-Nearest Neighbor : KNN)

เทคนิคจำแนกข้อมูลแบบNon-Parametric และParametric มีประสิทธิภาพสำหรับข้อมูลการสอนที่มาก ในการวิจัยครั้งนี้จึงพิจารณาว่าKNN เป็นตัวเลือกที่จะใช้ในการวิเคราะห์ที่ดีโดยอัลกอริทึมนี้จะจำแนกประเภทข้อมูลโดยขึ้นกับข้อมูลที่มีคุณสมบัติใกล้เคียงที่สุดK ตัวจากข้อมูลบนชุดข้อมูลตัวอย่างทำงานโดยขึ้นกับระยะทางน้อยที่สุดด้วยวิธีแบบEuclidean กับชุดข้อมูลทดสอบและจะคำนวณหาเพื่อนบ้านที่ใกล้ที่สุดK ตัวจากนั้นจะรวมสมาชิดที่ใกล้ที่สุดK ตัวแล้วเลือกคลาสที่สมาชิดส่วนใหญ่ในกลุ่มK ดังกล่าวสังกัดอยู่มากที่ให้กับสมาชิกใหม่

3.6. การวัดประสิทธิภาพแบบจำลอง

วิธีวัดประสิทธิภาพแบบจำลอง เป็นการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแต่ละอัลกอริทึมที่ใช้ในการพัฒนาแบบจำลองการพยากรณ์ สามารถทำได้โดยการวัดประสิทธิภาพการจำแนกข้อมูลตามแนวคิดด้านการค้นคืนสารสนเทศ (Information Retrieval) ซึ่งเป็นการวัดค่าต่าง ๆ ดังนี้ ค่าความถูกต้อง (Accuracy) ค่าความแม่นยำ (Precision) ค่าความระลึก (Recall) และค่าความถ่วงดุล (F-Measurement) (Han & Kamber, 2006)

3.7. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยเพื่อพัฒนาประสิทธิภาพการเรียน (Yadav & Pal, 2012)ด้วยใช้เทคนิคเหมืองข้อมูล โดยทดสอบข้อมูลต่าง ๆ ของผู้เรียน เช่น ผลการเรียนในระดับมัธยมศึกษาตอนปลายวิธีการรับเข้าศึกษา เป็นต้น ด้วยเทคนิคต้นไม้ตัดสินใน ID3 C4.5 และ CARTจากนั้นหาประสิทธิภาพของแบบจำลองโดยวิธี 10-fold cross validation ผลวิจัยพบว่า C4.5 มีค่าความถูกต้องสูงที่สุด (67.7778%) และ ID3 CART ตามลำดับ

การวิจัยเพื่อการลดอัตราการออก (Dropout Rate) ของผู้เรียน(Pal, 2012)ด้วยการใช้การจำแนกนาอีฟเบเซียน (Naïve Bayesian Classifier) โดยใช้โปรแกรม Wake สร้างแบบจำลองในการทำนาย ผลการวิจัยพบว่าแบบจำลองที่สร้างขึ้นให้ค่าการความแม่นยำ (Precision) และค่าการระลึก (Recall) ในการทำนายถูกต้อง (Dropout = Yes) ที่ระดับ 0.917 และ 0.924 ตามลำดับ

4. วิธีดำเนินการวิจัย

4.1. ศึกษาปัญหาและวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้เน้นการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการทดสอบเพื่อวัดความรู้ความสามารถด้านพุทธิพิสัย (Cognitive Domain) ที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ดังนั้นผู้วิจัยจึงใช้แบบทดสอบวัดความรู้ ความเข้าใจ ที่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์และเป้าหมายของรายวิชา โดยแบ่งการทดสอบออกเป็น 3 ประเภทดังนี้

1. แบบทดสอบก่อนเรียน (Pre-test) เป็นแบบทดสอบที่ใช้ประเมินผู้เรียนก่อนดำเนินการเรียนการสอน เพื่อสำรวจความพร้อมของผู้เรียน และวัดความรู้พื้นฐานเดิมของผู้เรียน

2. แบบทดสอบประจำบทเรียน (Formative test) เป็นการทดสอบตามวัตถุประสงค์การเรียนรู้ของแต่ละหน่วยการเรียน เพื่อสำรวจความรู้ ความเข้าใจ ที่ผู้เรียนได้จากการเรียนผ่านระบบการเรียนแบบผสมผสาน

3. แบบทดสอบหลังเรียน (Post-test) เป็นแบบทดสอบที่ใช้ในการประเมินผลการเรียนของผู้เรียนเมื่อสิ้นสุดการเรียนทั้งรายวิชา

โดยชุดข้อมูลมีการจัดเก็บข้อมูลผลการทดสอบของผู้เรียนจำนวน 3 ภาคการศึกษา ได้จำนวนข้อมูล 864 ข้อมูล และมีแอตทริบิวต์ จำนวน 20 แอตทริบิวต์ โดยมีรายละเอียดข้อมูลดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ลักษณะข้อมูลที่ใช้ในงานวิจัย

รายละเอียด	ข้อมูล	หมายเหตุ
จำนวนข้อมูล (รวม)	864	
จำนวนข้อมูล (2/2553)	173	
จำนวนข้อมูล (1/2554)	332	
จำนวนข้อมูล (2/2554)	359	
จำนวนแอทริบิวต์	20	
ชื่อคลาสที่ใช้จำแนก	Grade	8 ระดับ (A,B+,B,C+,C,D+,D, F)

4.2. การเตรียมข้อมูล (Data Preparation)

งานวิจัยนี้มุ่งเน้นการสร้างแบบจำลองเพื่อใช้สำหรับพยากรณ์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียน โดยใช้เทคนิคเหมืองข้อมูล 4 เทคนิค ดังนี้ ต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree) กฎพื้นฐาน (Rule-Base) นาอีฟเบย์ (Naïve Bays) เคเนียเรสเนเบอร์ (KNN) โดยการนำผลลัพธ์ค่าประสิทธิภาพที่ได้จากการสร้างแบบจำลองด้วยเทคนิคต่าง ๆ มาเปรียบเทียบประสิทธิภาพ โดยข้อมูลที่ได้มาจะถูกแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะคือ 1) ข้อมูลที่ได้จากการทดสอบจะอยู่ในรูปแบบ จำนวนร้อยละ (Percentage) โดยมีการกำหนดให้ผู้ที่สอบผ่านต้องมีคะแนนคิดเป็นร้อยละ 60 ขึ้นไป 2) คะแนนสรุปผลการสอบ จะเป็นการคำนวณค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) ของผลการทดสอบ และจำนวนครั้งที่ผ่านเรียนทดสอบผ่าน 3) คะแนนทั่วไปสำหรับคำนวณเกรด ได้แก่ ค่าคะแนนสอบกลางภาค ปลายภาค เป็นต้น

ผู้วิจัยทำการ Normalization ในส่วนแอทริบิวต์ทุกตัวที่มีลักษณะต่อเนื่อง ให้มีค่าใกล้เคียงกันเพื่อให้ลักษณะเป็นข้อมูลเชิงกลุ่ม สำหรับการแปรผู้วิจัยเลือกใช้วิธีการ min-max normalization (Kotsiantis, Tzelepis, Koumanakos, & Tampakas, 2006)ปรับเสกลของค่าตัวแปรทุกตัวอย่างอยู่ในช่วง 0 - 1 จากนั้นทำการวิเคราะห์หา

ค่า GAIN ของข้อมูลในแต่ละชุด เพื่อใช้ในการเลือกแอทริบิวต์สำหรับสร้างแบบจำลอง โดยการค่าของ GAIN ในงานวิจัยครั้งนี้ใช้วิธีInformation Gain และ Gain ratio ด้วยโปรแกรม Wekaรุ่น 3.6.7และเมื่อพิจารณาจากค่า GAIN ที่คำนวณด้วยวิธี Information Gain แอทริบิวต์ที่มีค่าสูงสุด 8 อันดับ ได้แก่ Score.FinalScore.MitScore. eLearningAvg.AllTest Avg.1-8Test NumOfPass Post-test Score.Labตามลำดับ และเมื่อพิจารณาจากค่า GAIN ที่คำนวณด้วยวิธี Gain ratio แอทริบิวต์ที่มีค่าสูงสุด 8 ลำดับ ได้แก่ Score.FinalScore.MitAvg.AllTest Post-test NumOfPassScore.Lab Avg.1-8Test และScore.eLearningตามลำดับ จากความแตกต่างของผลการเลือกแอทริบิวต์ด้วยวิธีการทั้ง 2 แบบ ผู้วิจัยจึงจำแนกชุดข้อมูลฝึกฝน (Training Data Set) ออกเป็น 2 ชุด เพื่อทดสอบประสิทธิภาพในการสร้างแบบจำลองเพื่อการทำนาย รวมทั้งผู้วิจัยจะทำการลดมิติของข้อมูลให้เหลือแบบจำลองละ 5 แอทริบิวต์ โดยรายละเอียดงดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ชุดข้อมูลฝึกฝน(Training Data Set)

No.	ชื่อชุดข้อมูล	Attribute	หมายเหตุ
IG01	Info.Gain 01	18	เรียงลำดับตาม Information Gain
IG02	Info.Gain 02	10	
IG03	Info.Gain 03	8	
IG04	Info.Gain 04	6	
IG05	Info.Gain 05	5	
GR01	Gain Ratio 01	18	เรียงลำดับตาม Gain Ratio
GR02	Gain Ratio 02	10	
GR03	Gain Ratio 03	8	
GR04	Gain Ratio 04	6	
GR05	Gain Ratio 05	5	

และเมื่อพิจารณาข้อมูลในชุดข้อมูลจะพบว่าข้อมูลเกรดของผู้เรียนที่ใช้ในการแบ่งคลาสของข้อมูล มีลักษณะของความไม่สมดุลกันของชุดข้อมูล (Imbalanced Data Set) ลักษณะดังกล่าวจะทำให้จะทำให้ประสิทธิภาพในการจำแนกข้อมูลของตัวแบบต่ำลง ผู้วิจัยจึงเลือกใช้วิธีแก้ปัญหาด้วยวิธีการใช้อัลกอริทึม SMOT (Synthetic Minority Oversampling Technique) ซึ่งเป็นการทำให้จำนวนคลาสของข้อมูลที่น้อยเพิ่มขึ้น (Over Sampling) (Chawla et al., 2002)โดยในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยจะปรับค่าคลาส D (ร้อยละ 3 ของข้อมูลทั้งหมด) ให้มีค่าใกล้เคียงกับคลาส B+ (ร้อยละ 22 ของข้อมูลทั้งหมด) ซึ่งเป็นคลาสที่มีค่าร้อยละต่อข้อมูลทั้งหมดมากที่สุด

4.3. การเตรียมข้อมูล (Data Preparation)

ผู้วิจัยเลือกใช้โปรแกรม WEKA version 3.6.7 เพื่อทำการวิเคราะห์ข้อมูลและสร้างแบบจำลอง โดยเทคนิค ต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree) กฎพื้นฐาน (Rule-Base) นาอีฟเบย์ (Naïve Bays) เคเนียเรสเนเบอร์ (KNN) วิธีการทั้งหมดจะให้ผลลัพธ์ในรูปแบบของกฎหรือโมเดลที่สามารถตัดสินใจ ซึ่งถือเป็นลักษณะของการการแทนความรู้ (Knowledge Representation) แบบหนึ่ง การทดสอบจะใช้วิธีการเรียนแบบ 10 Cross-validation

Folds โดยการแบ่งข้อมูลออกเป็น 10 ส่วน และเลือกข้อมูล 9 ส่วน สำหรับฝึกแบบจำลอง ในอีก 1 ส่วนที่เหลือนำมาทดสอบแบบจำลอง จากนั้นทำขั้นตอนดังกล่าวซ้ำอีก 10 ครั้ง โดยเลือกข้อมูลทดสอบ 9 ส่วน และข้อมูลทดสอบ 1 ส่วน เปลี่ยนจนครบทั้ง 10 ชุด จากนั้นนำข้อมูลวัดได้จากการสร้างแบบจำลอง มากเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแบบจำลอง

5. ผลการวิจัย

จากผลการทดลองได้ทำการวัดประสิทธิภาพด้วยโปรแกรมWake ตามวิธีการดำเนินงานวิจัยและคำนวณค่าความถูกต้อง (Accuracy) ในการจำแนกกลุ่มผลการทดสอบและวัดประสิทธิภาพของอัลกอริทึมทั้ง 4 อัลกอริทึมโดยชุดข้อมูลฝึกฝน (Training Data Set) ออกเป็น 2 ชุดและลดมิติของข้อมูลตามขั้นตอนวิธีวิจัยผลการทดสอบแสดงในตารางที่3

ตารางที่ 3 แสดงประสิทธิภาพความถูกต้อง

No.	DT(J48)	KNN(IBk)	NB(Naivebays)	RB(PART)
IG02	81.32	80.14	52.06	80.98
IG03	81.74	86.13	55.05	81.67
GR02	80.56	80.98	52.20	80.84
GR03	81.74	86.13	55.05	81.67

ผลการทดสอบอัลกอริทึมโดยใช้ชุดข้อมูลทั้ง 10 แบบที่มีความแตกต่างกันตามเงื่อนไขที่กำหนดด้วยวิธี 10 fold-cross validation พบว่าค่าร้อยละของการทำนายผลที่ถูกต้องจากข้อมูลทั้งหมด (Correctly Classified Instances) ที่คำนวณได้จากConfusion Matrix ของอัลกอริทึมเคเนียเรสเนเบอร์ (KNN) มีประสิทธิภาพมากที่สุดโดยมีค่าประสิทธิภาพเท่ากับ 86.13% ทั้งIG03 และGR03และค่าความแม่นยำ (Precision) เท่ากับ 0.861ค่าความระลึก (Recall)0.861และค่าความถ่วงดุล (F-Measurement)0.86รองลงมาคืออัลกอริทึมต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree) มีค่าประสิทธิภาพเท่ากับ 81.74% ทั้งIG03 และRG03 และค่าความแม่นยำ (Precision) เท่ากับ 0.818ค่าความระลึก (Recall)0.817และค่าความถ่วงดุล (F-Measurement)0.817เมื่อนำข้อมูลในตารางที่ 4 มาแสดงในรูปของกราฟเพื่อเปรียบเทียบกับอัลกอริทึมอื่นที่ได้มีการสร้างแบบจำลองจะได้กราฟดังภาพประกอบที่1

ภาพประกอบที่ 1 การเปรียบเทียบผลการทดสอบความถูกต้องของอัลกอริทึม

จากผลการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของการสร้างแบบจำลองในแต่ละรูปแบบของชุดข้อมูล พบว่า การลดจำนวนแอทริบิวต์โดยพิจารณาจากค่า Information Gain และGain Ratio ที่เหมาะสม ส่งผลให้ประสิทธิภาพของแบบจำลองดีขึ้นไม่ว่าจะเลือกจากค่าใดและสามารถสรุปได้ว่าแอทริบิวต์ที่ส่งผลต่อการทำนายผลสัมฤทธิ์ทางการศึกษาของผู้เรียนด้วยวิธีการจัดการเรียนการสอนแบบผสมผสานด้วยเทคนิคเหมืองข้อมูลได้ 8แอททริบิวตร์และจากแอทริบิวต์ที่ส่งผลต่อการทำนายผลการเรียนจะเห็นได้ว่ามีส่วนประกอบในการทำนายผลสัมฤทธิ์ทางการศึกษาที่มีประสิทธิภาพสูงสุดที่ได้จากระบบการจัดการเรียนออนไลน์แบบผสมผสานจำนวน 5 ส่วนซึ่งหมายถึงระบบการจัดการเรียนออนไลน์สามารถทำให้ผู้เรียนและผู้สอนคาดเดาผลสัมฤทธิ์ของผู้เรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงถึง 86.13% ด้วยเทคนิคการทำเหมืองข้อมูลแบบ เคเนียเรสเนเบอร์ (KNN)ทั้งนี้ส่งผลมาจากผู้เรียนมีการเรียนกันแบบกลุ่มทำให้อัลกอริทึมแบบ เคเนียเรสเนเบอร์ ซึ่งใช้วิธีการพิจารณาข้อมูลที่มีลักษณะใกล้เคียงกันหรือระยะห่างข้อข้อมูลมีน้อย ส่งผลให้ค่าประสิทธิภาพของอัลกอริทึมดังกล่าวสูงสุด

6. สรุปผลการทดลอง

งานวิจัยนี้ได้ทำการทดสอบประสิทธิภาพของอัลกอริทึมที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองเพื่อพยากรณ์ผลสัมฤทธิ์ทางการศึกษาของผู้เรียนด้วยวิธีการจัดการเรียนการสอนออนไลน์แบบผสมผสานโดยใช้เทคนิคเหมืองข้อมูลสำหรับการจำแนกประเภทและการทำนาย (Classification and Prediction) ผู้วิจัยเลือกใช้อัลกอริทึมที่ได้รับความนิยมในการทำเหมืองข้อมูลจำนวน 4 อัลกอริทึมได้แก่เช่นต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree) กฎพื้นฐาน (Rule-Base) นาอีฟเบย์ (Naïve Bays) เคเนียเรสเนเบอร์ (KNN) กับชุดข้อมูลผู้เรียน 864 ข้อมูลและทำการคำนวณหาค่าGain เพื่อเลือกแอทริบิวต์ที่ส่งผลต่อคลาสที่ได้กำหนดไว้ในขั้นตอนการทดสอบหาประสิทธิภาพของแต่ละอัลกอริทึมผู้วิจัยใช้วิธี 10 fold-cross validation เพื่อใช้สำหรับวัดค่าประสิทธิภาพของแบบจำลองผลการทดสอบพบว่าอัลกอริทึมKNN มีประสิทธิภาพในการจำแนกข้อมูลได้ดีที่สุดเมื่อลดมิติของข้อมูลให้เหลือ 8 มิติจาก 16 มิติโดยค่าค่าความถูกต้องวัดได้ 86.13% รองลงมาคือต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree) มีค่าประสิทธิภาพเท่ากับ 81.74% และในการวิจัยยังพบอีกว่าการจัดการเรียนการสอนออนไลน์แบบผสมผสารมีผลต่อปัจจัยในการพยากรณ์ผลสัมฤทธิ์ทางการศึกษามากถึง 5 ใน 8 ส่วนของประสิทธิ์ภาพในการพยากรณ์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ผลจากการใช้เทคนิคเหมืองข้อมูลเพื่อการพัฒนาแบบจำลองการพยากรณ์จะเป็นประโยชน์ในการประยุกต์ใช้ในกระบวนการให้คำแนะนำผู้เรียนในการวางแผนการเรียนผ่านระบบผู้เชี่ยวชาญหรือระบบการพยากรณ์ผลสัมฤทธิ์ของผู้เรียนต่อไป

7. เอกสารอ้างอิง

Chawla, N. V., Bowyer, K. W., Hall, L. O., & Kegelmeyer, W. P. 2002. SMOTE: synthetic minority over-sampling technique. **J. Artif. Int. Res.**, *16*(1), 321-357.

Han, J., & Kamber, M. 2006. **Data Mining: Concepts and Techniques:** Elsevier.

Kotsiantis, S., Tzelepis, D., Koumanakos, E., & Tampakas, V. 2006. Forecasting Fraudulent Financial Statements Using Data Mining. **International Journal of Computer Science,** *1*(2), 99-107.

Mladenic, D., & Grobelnik, M. 1999. **Feature Selection for Unbalanced Class Distribution and Naive Bayes.** Paper presented at the Proceedings of the Sixteenth International Conference on Machine Learning.

Pal, S. 2012. Mining Educational Data Using Classification to Decrease Dropout Rate of Students. *CoRR, abs/1206.3078*.

Quinlan, J. R. 1986. Induction of Decision Trees. **Mach. Learn.,** *1*(1), 81-106. doi:10.1023/a:1022643204877

Quinlan, J. R. 1990. Decision trees and decision-making. **Systems, Man and Cybernetics, IEEE Transactions on,** 20(2), 339-346. doi: 10.1109/21.52545

Rokach, L., & Maimon, O. Z. 2008. **Data mining with decision trees : theroy and applications.** Singapore ; Hackensack, NJ: World Scientific.

Tan, P. N., Steinbach, M., & Kumar, V. 2006. **Introduction to Data Mining:** Pearson Addison Wesley.

Witten, I. H., Frank, E., & Hall, M. A. 2011. **Data Mining: Practical Machine Learning Tools and Techniques:** Elsevier Science.

Yadav, S. K., & Pal, S. 2012. Data Mining: A Prediction for Performance Improvement of Engineering Students using Classification. *CoRR, abs/1203.3832 %U http://dblp.uni-trier.de/rec/bibtex/journals/corr/abs-1203-3832*.

ระบบสนับสนุนการตัดสินใจสำหรับผู้บริหารในการให้ความช่วยเหลือประชาชนในพื้นที่พิเศษ 5 จังหวัดชายแดนภาคใต้ โดยใช้เทคนิคต้นไม้ตัดสินใจ

THE DECISION SUPPORT SYSTEM FOR EXECUTIVES TO SUPPORT PEOPLE IN FIVE SOUTHERN BORDER PROVINCE USING DECISION TREE TECHNIQUE

หยาดพิรุณ อ่อนเม็ก
นักวิชาการคอมพิวเตอร์ปฏิบัติการ ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร
สำนักงานปลัดกระทรวงมหาดไทย กระทรวงมหาดไทย
E-mail : Yadpiroon_onm@moi.go.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจสำหรับผู้บริหาร ในการให้ความช่วยเหลือประชาชนในพื้นที่พิเศษ 5 จังหวัดชายแดนภาคใต้ ได้แก่ จังหวัดยะลา ปัตตานี นราธิวาส สตูลและสงขลา โดยให้การสนับสนุนในด้านเกษตร ด้านประมง ด้านปศุสัตว์ ด้านอาชีพนอกภาคการเกษตร และด้านที่อยู่อาศัย โดยใช้ 2 เทคนิคที่ต่างกันประกอบด้วยต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree) และเทคนิคแบบเบย์เน็ต (BayesNet) ในการเรียนรู้จากข้อมูลความต้องการของประชาชน หาแบบจำลอง (Model) โดยวิธีการจำแนกประเภท (Classification Method) โดยใช้เทคนิคข้างต้น จากนั้นนำข้อมูลมาแบ่งเป็น 2 ชุด คือ ชุดข้อมูลเรียนรู้ (Training set) ใช้ในกระบวนการค้นหาแบบจำลอง และชุดข้อมูลทดสอบ (Test set) ใช้ตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง ซึ่งผลที่ได้จะเห็นได้ว่าการใช้เทคนิคต้นไม้ตัดสินใจมีค่าความถูกต้องสูงที่สุด มีค่าความคลาดเคลื่อน (Root Mean Squared Error: RMSE) ต่ำ เมื่อทดสอบกับชุดข้อมูลทดสอบได้ค่าความถูกต้องเฉลี่ย 99.48 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นที่น่าพอใจ และสามารถนำไปพัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจสำหรับผู้บริหารได้

คำสำคัญ : การทำเหมืองข้อมูล, ต้นไม้ตัดสินใจ, เครือข่ายงานแบบเบย์

ABSTRACT

The objective of this research was to develop the decision support system for executives to support People in five southern border province (Narathiwat, Pattani, Yala , Satun and Songkhla). The type of support is agriculture, fishery, livestock, Career not in agriculture and housing. Two data mining techniques; Decision Tree and BayeNet, were applied to build the best model of classification then classify the requirement from the People. The data was separated into training set and test set. The result showed that decision tree technique built the best model with the highest percentage of correctly instances rate and the lowest RMSE. When this

model was used to predict the test data with the data requirement, it was found that the average accuracy percentage was 99.48. The result was appreciated and this model can be applied to improve the decision system.

KEYWORDS : Data mining, Decision Tree, BayesNet

บทนำ

สถานการณ์ความไม่สงบในจังหวัดชายแดนภาคใต้ที่ทวีความรุนแรงขึ้นตั้งแต่ปี 2547 เป็นต้นมา ได้ส่งผลกระทบอย่างรุนแรงต่อเศรษฐกิจใน 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้ ทำให้เกิดภาวะการผลิตหดตัว ผู้ประกอบการขาดความมั่นใจในการลงทุน มีการเลิกกิจการอย่างต่อเนื่อง เกิดปัญหาการว่างงานสูง ซึ่งซ้ำเติมปัญหาความยากจนของประชาชนในพื้นที่ ทั้งยังต้องการเผชิญกับปัญหาความไม่ปลอดภัยในชีวิตและทรัพย์สิน และปัญหาสังคมอื่นๆ ตามมา คณะกรรมการรัฐมนตรีพัฒนาพื้นที่พิเศษ 5 จังหวัดชายแดนภาคใต้ (รชต.) ได้จัดทำแผนการพัฒนาพื้นที่พิเศษ 5 จังหวัดชายแดนภาคใต้ เพื่อพัฒนาและแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น ได้มีการกำหนดกิจกรรมการพัฒนา ให้มีความสอดคล้องกับสภาพปัญหาและความต้องการที่แท้จริงของประชาชน ตลอดทั้งลักษณะของพื้นที่ทรัพยากรธรรมชาติ โดยสำรวจความต้องการของประชาชนในระดับครัวเรือน ถึงความต้องการที่จะได้รับการสนับสนุนจากภาครัฐ โดยแบ่งออกเป็น 5 ด้านได้แก่ ด้านเกษตร ด้านประมง ด้านปศุสัตว์ ด้านอาชีพนอกภาคการเกษตร และด้านที่อยู่อาศัย ซึ่งการจัดเก็บข้อมูลจะจัดเก็บในรูปแบบกระดาษ ทำให้ประสบปัญหาในเรื่องของความล่าช้าในการจัดเก็บและประมวลผลข้อมูล เอกสารสูญหายระหว่างการเก็บรวบรวม ยากต่อการตรวจสอบ เนื่องจากเอกสารมีจำนวนมากและยังสิ้นเปลืองทรัพยากรกระดาษและข้อมูลไม่เป็นปัจจุบัน ส่งผลกระทบไปยังภาครัฐในเรื่องความล่าช้าในการรับทราบรายงานข้อมูลความต้องการของประชาชน

กรอบแนวคิดและทฤษฎี

ในงานวิจัยนี้ได้นำเสนอการพัฒนาตัวแบบในการสนับสนุนการตัดสินใจสำหรับผู้บริหารในการให้ความช่วยเหลือประชาชนพื้นที่พิเศษ 5 จังหวัดชายแดนภาคใต้ โดยใช้ข้อมูลความต้องการของประชาชน ระดับครัวเรือนพื้นที่พิเศษ 5 จังหวัดชายแดนภาคใต้ ที่ได้ทำการจัดเก็บไว้ในระบบฐานข้อมูลโดยศูนย์อำนวยการบริหารจังหวัดชายแดนภาคใต้ (ศอ.บต.) เมื่อปี 2552 และได้พัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจสำหรับผู้บริหารในการให้ความช่วยเหลือประชาชนพื้นที่พิเศษ 5 จังหวัดชายแดนภาคใต้ โดยใช้เทคนิคต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree Techniques) ซึ่งระบบจะช่วยสนับสนุนการตัดสินใจสำหรับผู้บริหาร ในการที่จะนำข้อมูลไปใช้ใน การวางแผนดำเนินงานและให้ความช่วยเหลือให้แก่ประชาชนได้ตรงตามความต้องการเพื่อยกระดับคุณภาพชีวิตของประชาชนในพื้นที่พิเศษ 5 จังหวัดชายแดนภาคใต้ ให้มีความเป็นอยู่ที่ดีขึ้น

1. ระบบสนับสนุนการตัดสินใจ (Decision Support System)

ระบบสนับสนุนการตัดสินใจ หรือ Decision Support System (DSS) เป็นระบบที่ถูกพัฒนาขึ้นมาเพื่อช่วยให้ผู้บริหารสามารถเลือกแนวทางแก้ไขปัญหาที่มีประสิทธิภาพสูงสุด โดย DSS ได้รวบรวมเอาเครื่องมือข้อมูลตัวแบบ (Model) และทรัพยากรอื่น ๆ มาพัฒนา เพื่อทำการรวบรวมข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูล และสร้างตัวแบบที่ซับซ้อนภายใต้ซอฟต์แวร์เดียวกัน

ผู้บริหารจะสามารถตัดสินใจได้ดีมีประสิทธิภาพหรือไม่ ขึ้นอยู่กับความถูกต้องของข้อมูล และประสบการณ์ของผู้บริหารเอง แต่บางครั้ง ข้อมูลและประสบการณ์อาจยังไม่เพียงพอ เพราะปัญหาหรือสิ่งที่ต้องตัดสินใจนั้นมีหลายทางเลือกให้ปฏิบัติ DSS จะช่วยให้ผู้บริหารระดับต่าง ๆ ตัดสินใจได้อย่างมีประสิทธิภาพ เพราะ DSS ถูกพัฒนาขึ้น เพื่อช่วยแก้ไขปัญหาในการทำงานที่มีโครงสร้างไม่แน่นอน หรือการทำงานแบบกึ่งโครงสร้าง ซึ่งการตัดสินใจจะยืดหยุ่นไปตามสถานการณ์ ฉะนั้น DSS จึงเหมาะกับงานที่มีตัวอย่างของปัญหาเงื่อนไขและวิธีแก้ไขที่มีหลายทางเลือก

2. การทำเหมืองข้อมูล (Data Mining)

การทำเหมืองข้อมูล คือ ขบวนการทำงานในการกลั่นกรองข้อมูล จากฐานข้อมูลขนาดใหญ่ (Large Information) เพื่อให้ได้สารสนเทศที่ยังไม่รู้ เป็นสารสนเทศที่สามารถนำไปใช้งานได้ (Actionable) ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญที่ช่วยตัดสินใจในการทำธุรกิจโดยการทำเหมืองข้อมูลเป็นขั้นตอน ที่สำคัญในการค้นหาองค์ความรู้ในฐานข้อมูล (Knowledge Discovery in Database) หรือที่เรียกว่า KDD เช่น การวิเคราะห์พฤติกรรมในการซื้อสินค้าของผู้บริโภค การพยากรณ์อากาศ เป็นต้น โดยมีขั้นตอน คือ การทำความสะอาดข้อมูล (Data Cleaning) การจัดรูปแบบข้อมูล (Data Transaction Identification) การรวบรวมข้อมูล (Data Integration) การแปลงข้อมูล (Data Transformation) การค้นหารูปแบบ (Pattern Discovery) การวิเคราะห์รูปแบบ (Patten Analysis)

3. เทคนิคการสร้างต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree)

ต้นไม้การตัดสินใจนับว่าเป็นวิธีการเรียนรู้ที่ใช้มากที่สุดแบบหนึ่งในการเรียนรู้ โดยการเรียนรู้แบบนี้เป็นการเรียนรู้โดยการจำแนกข้อมูลออกเป็นชั้น (class) ต่าง ๆ โดยใช้คุณสมบัติของข้อมูลในการจำแนกต้นไม้การตัดสินใจที่ได้จากการเรียนรู้ ทำให้ทราบว่าคุณสมบัติใดของข้อมูลที่เป็นตัวกำหนดการจำแนก โดยต้นไม้ที่ช่วยในการตัดสินใจจะมีลักษณะโครงสร้างคล้ายกับต้นไม้ที่แต่ละโนดจะแสดงคุณสมบัติที่ใช้ในการทดสอบแต่ละกิ่ง จะแสดงผลของการทดสอบ และใบของต้นไม้ (Leaves Node) จะแสดงคลาสหรือการแบ่งคลาส (ต้นไม้การตัดสินใจช่วยในการแปลงเป็นกฎในการแบ่งคลาส) ซึ่งการจำแนกประเภทใช้ในการทำนายประเภทของข้อมูลหรือข้อมูลที่ไม่ทราบค่าซึ่งปกติแล้วค่าที่ทำนายได้จะเป็นลักษณะของตัวเลขหรือการทำนายที่เป็นจำเพาะ

4. ทฤษฎีของเบย์ (Bayesian theorem)

การเรียนรู้แบบเบย์ (Bayesian learning) เป็นวิธีการเรียนรู้ที่ใช้ทฤษฎีความน่าจะเป็นซึ่งมีพื้นฐาน มาจากทฤษฎีของเบย์ (Bayes theorem) เข้ามาช่วยในการเรียนรู้ จุดมุ่งหมายเพื่อต้องการสร้างโมเดลที่อยู่ในรูปของความน่าจะเป็น โดยสามารถใช้ข้อมูล และความรู้ก่อนหน้า (prior knowledge) เข้ามาช่วยในการเรียนรู้ ซึ่งความรู้ก่อนหน้า หมายถึง ความรู้ที่เรามีเกี่ยวกับสมมติฐานแต่ละตัวก่อนที่เราจะเก็บข้อมูล เมื่อใช้งานเราจะนำความน่าจะเป็นของข้อมูลที่เก็บได้มาปรับสมมติฐานซ้ำอีกครั้ง

5. ซอฟต์แวร์วีก้า (Weka)

Weka ย่อมาจาก Waikato Environment for Knowledge Analysis ซึ่งเป็นซอฟต์แวร์สำเร็จภาพประกอบประเภทซอฟแวร์ให้เปล่า (Free Ware) ที่สามารถดาวน์โหลดได้จากเว็บไซต์ ซึ่งอยู่ภายใต้การควบคุมของ GPL License ซึ่งโปรแกรมวีก้า (Weka) ได้ถูกพัฒนามาจากภาษาจาวาทั้งหมด ซึ่งเขียนมาโดยเน้นกับงานทางด้านการเรียนรู้ด้วยเครื่อง (Machine Learning) และ การทำเหมืองข้อมูลโปรแกรมประกอบไปด้วยโมดูลย่อยๆ สำหรับใช้

ในการจัดการข้อมูล และเป็นโปรแกรมที่สามารถใช้ส่วนต่อประสานกราฟิก (GUI) และ ใช้คำสั่งในการให้ซอฟต์แวร์ประมวลผล

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. ชื่องานวิจัย : การใช้เทคนิคการทำเหมืองข้อมูล (Data Mining) เพื่อพัฒนาคุณภาพการศึกษาคณะวิศวกรรมศาสตร์ โดย กฤษณะ ไวยมัย ชิดชนก ส่งศิริ และธนาวินท์ รักธรรมานนท์ อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และ นิสิตปริญญาโทวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ Published in NECTEC Techical Journal Vol.III, No.11 pages 134-142 งานวิจัยนี้ได้นำเสนอเทคนิคต่างๆ ที่สำคัญของการทำเหมืองข้อมูลมาประยุกต์ใช้ในการสืบค้นสิ่งที่น่าสนใจออกมาจากข้อมูลนิสิต ได้แก่ การค้นหากฎความสัมพันธ์ (Association rule discovery) การจำแนกข้อมูล (Data classification) การพยากรณ์ข้อมูล (Data prediction) มาประยุกต์ในการช่วยนิสิตเลือกสาขา ที่เหมาะสม และ ทำนายเกรดแต่ละรายวิชาในภาคการศึกษาต่อไป โดยใช้ Decision tree ของ Data classification

2. จิราพร ยิ่งกว่าชาติ และคณะ ใช้เทคนิคของการทำเหมืองข้อมูลมาใช้สำหรับทำนายผลสำเร็จการศึกษาของนักศึกษา โดยใช้เทคนิคการเรียนรู้แบบข่ายงานเบย์ เพื่อหาตัวแปรที่สำคัญที่มีผลต่อการสำเร็จการศึกษา จากผลการทดลองพบว่าตัวแปรที่มีผลกับการสำเร็จการศึกษาของนักศึกษา มี 3 ตัวแปร ได้แก่ เกรดเฉลี่ยในชั้นปี แรก อาชีพของมารดา และรายได้ของครอบครัว

3. ณัฐกรณ์ เสนอการนำเทคนิคดาต้าไมน์นิ่งมาพัฒนาระบบช่วยในการตัดสินใจเพื่อหาพื้นที่สร้างที่พักโดยอ้างอิงจากสถานที่ที่เหมาะสม โดยการนำข้อมูลเชิงแผนที่และเชิงจำนวนที่เป็นข้อมูลคุณภาพชีวิตมาทำการวิเคราะห์โดยแบ่งกลุ่มข้อมูลออกเป็นหลายๆกลุ่ม โดยจะอนุมานว่าพื้นที่รอบ ๆ กลุ่มสถานที่ที่ดีที่สุดจะถือว่าเป็นพื้นที่ ที่มีอัตราประสบความสำเร็จในการสร้างที่พักสูงที่สุด โดยใช้โปรแกรมวีก้า (Weka) เป็นเครื่องมือในการสร้างแบบจำลองในการวิจัยนี้

4. จิโรจน์ และกาญจนา ได้นำเสนอการใช้เทคนิคดาต้าไมน์นิ่ง (Data Mining) ในการวิเคราะห์รูปแบบการบุกรุกข้อมูลบนเครือข่าย ชนิดการโจมตีผ่านเครือข่าย แบบปฏิเสธการให้บริการ (Denial of Service) ซึ่งการทำดาต้าไมน์นิ่งนั้นจะทำให้รู้ว่าแพ็กเก็ตต่าง ๆ ที่เข้ามาในระบบนี้จะเป็นการถูกโจมตีหรือไม่ ด้วยการสังเกตจากรูปแบบ (Pattern) ของแพ็กเก็ต (Packet) ต่างๆ ที่เข้าผ่านเข้ามาในระบบโดยหาความสัมพันธ์ของข้อมูลออกมาเป็นกฎต่าง ๆ ด้วยเทคนิคทางดาต้าไมน์ ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้พบว่าร้อยละของความถูกต้องของข้อมูลในการใช้แผนผังต้นไม้เพื่อการตัดสินใจนั้นจะมีมากกว่านิวรอลเน็ทเวิร์ค และค่าเฉลี่ยความผิดพลาดก็มีค่าน้อยกว่า

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาตัวแบบที่ใช้ในการสนับสนุนการตัดสินใจสำหรับผู้บริหารในการให้ความช่วยเหลือประชาชนพื้นที่พิเศษ 5 จังหวัดชายแดนภาคใต้ โดยใช้เทคนิคต้นไม้ตัดสินใจ

2. เพื่อพัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจสำหรับผู้บริหารในการให้ความช่วยเหลือประชาชนพื้นที่พิเศษ 5 จังหวัดชายแดนภาคใต้ โดยใช้ตัวแบบที่สร้างขึ้น

วิธีการดำเนินวิจัย

ภาพประกอบ 1 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

1. ศึกษาข้อมูล

ศึกษาความต้องการของประชาชนระดับครัวเรือนพื้นที่พิเศษ 5 จังหวัดชายแดนภาคใต้ และศึกษาแผนการพัฒนาพื้นที่พิเศษ 5 จังหวัดชายแดนภาคใต้ ปี 2552 – 2555

2. การเตรียมข้อมูล

ข้อมูลที่นำมาใช้ในงานวิจัยครั้งนี้ เป็นข้อมูลความต้องการของประชาชนระดับครัวเรือนพื้นที่พิเศษ 5 จังหวัดชายแดนภาคใต้ ที่ได้ทำการจัดเก็บไว้ในระบบฐานข้อมูลโดยศูนย์อำนวยการบริหารจังหวัดชายแดนภาคใต้ (ศอ.บต.) เมื่อปี 2552

ตาราง 1 จำนวนข้อมูลที่ใช้ในการวิจัย

ด้านความต้องการ / จังหวัด	สงขลา	สตูล	ปัตตานี	ยะลา	นราธิวาส	รวม
ด้านเกษตร	244	562	172	732	290	**2000**
ด้านปศุสัตว์	152	25	950	538	335	**2000**
ด้านประมง	198	264	410	503	625	**2000**
ด้านอื่น ๆ	291	352	335	658	364	**2000**
ด้านที่อยู่อาศัย	92	150	445	773	540	**2000**
รวม	**977**	**1353**	**2312**	**3204**	**2154**	**10000**

3. พัฒนาตัวแบบ

การพัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจสำหรับผู้บริหารในการให้ความช่วยเหลือประชาชนในพื้นที่พิเศษ 5 จังหวัดชายแดนภาคใต้ โดยใช้เทคนิคต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree) และข่ายงานแบบเบย์ (BayesNet) ในการสร้างตัวแบบ

3.1 การแปลงข้อมูล

เมื่อทำการเตรียมข้อมูลเรียบร้อยแล้ว ขั้นตอนต่อมาคือการแปลงข้อมูลให้อยู่ในรูปของ CSV เพื่อใช้ในการประมวลผลโปรแกรมวีก้า (Weka) เพื่อสร้างตัวแบบ ซึ่งจะกล่าวในหัวข้อถัดไป ข้อมูลที่อยู่ในรูปแบบของ CSV ไฟล์ที่สามารถนำไปประมวลผลด้วยโปรแกรมวีก้า (Weka) ได้

3.2 การพัฒนาตัวแบบด้วยโปแกรมวีก้า (Weka) 3.7.5

เมื่อจัดเตรียมข้อมูลเรียบร้อยแล้ว ขั้นตอนต่อมา คือ การพัฒนาตัวแบบโดยใช้โปรแกรมวีก้า (Weka) โดยเลือกใช้อัลกอริทึม C5.0 ในการสร้างตัวแบบ

ภาพประกอบ 2 ต้นไม้ตัดสินใจ

ตาราง 2 เปรียบเทียบผลการวัดประสิทธิภาพของอัลกอริทึมต้นไม้ตัดสินใจ (Decision tree) และข่ายงานแบบเบย์ (Bayesnet)

รายการเปรียบเทียบ	**(Decision tree) (%)**	**(Bayesnet) (%)**
Correctly Classified Instances	99.93	98.89
Incorrectly Classified Instances	0.07	1.11
Root mean squared error (RMSE	0.02	0.06

4. ทดสอบตัวแบบ

เมื่อสร้างตัวแบบเสร็จแล้วได้ทำการทดสอบความถูกต้องของตัวแบบ โดยการสุ่มข้อมูลจากข้อมูลทั้งหมดที่รวบรวมไว้ แล้วนำมาแบ่งออกเป็นสองส่วนด้วยอัตราส่วน 80 % และ 20 % ตามลำดับ ซึ่งข้อมูล 80 % นำไปใช้ในการสร้างตัวแบบส่วนอีก 20 % นำมาใช้ในการทดสอบตัวแบบ

ตาราง 3 ผลการทดสอบตัวแบบ

รายการเปรียบเทียบ	(Decision tree) (%)	(Bayesnet) (%)
Correctly Classified Instances	99.48	95.06
Incorrectly Classified Instances	0.52	4.94
Root mean squared error (RMSE	0.04	0.11

5. พัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจผู้บริหาร

ในการพัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจสำหรับผู้บริหารในการให้ความช่วยเหลือประชาชนพื้นที่พิเศษ 5 จังหวัดชายแดนภาคใต้ โดยใช้เทคนิคต้นไม้ตัดสินใจ ได้มีการออกแบบส่วนต่าง ๆ ได้แก่ แผนภาพกระแสข้อมูล (Data Flow Diagram: DFD) การออกแบบระบบการจัดเก็บข้อมูล และการออกแบบส่วนแสดงผล (User Interface)

หน้าจอหลักของโปแกรมระบบสนับสนุนการตัดสินใจสำหรับผู้บริหารในการให้ความช่วยเหลือประชาชนในพื้นที่พิเศษ 5 จังหวัดชายแดนภาคใต้

ภาพประกอบ 3 การตรวจสอบการตัดสินใจการให้ความช่วยเหลือประชาชน

6. ทดสอบระบบ

เมื่อสร้างโปรแกรมระบบสนับสนุนการตัดสินใจเรียบร้อยแล้วจึงได้ทำการทดสอบการทำงานของโปรแกรม โดยสุ่มข้อมูลจากความต้องการของประชาชนด้านต่างๆ เพื่อนำมาทดสอบส่วนต่างๆ ของโปรแกรมและปรับปรุงให้สามารถทำงานได้สมบูรณ์

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลในครั้งนี้ ใช้สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics) ในการวัดค่ากลางของข้อมูล โดยใช้ค่าเฉลี่ยเลขคณิต (Arithmetic mean) หรือค่าเฉลี่ย (Mean = $\bar{x}$) และวัดการกระจายของข้อมูลโดยใช้ ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation :SD)

ตาราง 4 เกณฑ์การแปลความหมายข้อมูลและการพิจารณาจากค่าเฉลี่ย

เกณฑ์ระดับการให้คะแนน		**ความหมาย**
ระดับ	**คะแนน**	
ดีมาก	5	ระบบที่พัฒนามีความพึงพอใจระดับดีมาก
ดี	4	ระบบที่พัฒนามีความพึงพอใจระดับดี
ปานกลาง	3	ระบบที่พัฒนามีความพึงพอใจระดับน้อยปานกลาง
น้อย	2	ระบบที่พัฒนามีความพึงพอใจระดับน้อย
น้อยที่สุด	1	ระบบที่พัฒนามีความพึงพอใจระดับน้อยที่สุด

ผลการประเมินระบบด้านต่าง ๆ โดยผู้ใช้งานระบบจำนวน 10 ท่าน เพื่อทดสอบการใช้งานระบบที่ได้พัฒนาขึ้น ทำให้ได้ทราบถึงผลการประเมินระบบด้านต่าง ๆ ได้ผลการประเมิน ดังนี้

ตาราง 5 ผลการประเมินด้านความรวดเร็วในการประมวลผล

รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)	ความหมาย
1. ความรวดเร็วในการแสดงผลลัพธ์จากการพยากรณ์	4.5	0.50	ดี
2. ความเร็วของระบบในภาพรวม	4.63	0.48	ดี
รวม	4.56	0.12	ดี

ตารางที่ 6 ผลการประเมินด้านความสวยงานและรูปแบบของส่วนติดต่อกับผู้ใช้ (User Interface)

รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)	ความหมาย
1. ความชัดเจนและขนาดของตัวอักษร	4.75	0.43	ดี
2. การมีปุ่มคำสั่งที่ใช้งานได้ง่าย	4.75	0.43	ดี
3. การใช้พื้นที่ได้อย่างเหมาะสมในการจัดวางตำแหน่งของส่วนต่าง ๆ บนหน้าโปรแกรม	4.88	0.33	ดี
4. ความน่าใช้งานของระบบในภาพรวม	4.75	0.43	ดี
รวม	4.78	0.20	ดี

ตาราง 7 ความถูกต้องของข้อมูลและการนำไปใช้ประโยชน์ (Usability)

รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)	ความหมาย
1. ประโยชน์ที่ได้จากการตัดสินใจของระบบ	4.75	0.43	ดี
2. ความพึงพอใจในผลลัพธ์การตัดสินใจ	4.63	0.48	ดี
3. ความสามารถในการพยากรณ์ในภาพรวม	4.50	0.50	ดี
4. ความน่าใช้งานของระบบในภาพรวม	4.88	0.33	ดี
รวม	4.69	0.22	ดี

สรุปผลการวิจัย

จากผลการดำเนินงานในการสร้างตัวแบบนั้นพบว่าตัวแบบที่สร้างขึ้นจะให้ค่าความถูกต้องซึ่งผลที่ได้จะเห็นได้ว่าการใช้เทคนิคต้นไม้ตัดสินใจมีค่าความถูกต้องสูงที่สุด มีค่าความคลาดเคลื่อน (Root Mean Squared Error: RMSE) ต่ำ เมื่อทดสอบกับชุดข้อมูลทดสอบได้ค่าความถูกต้องเฉลี่ย 99.48 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นที่น่าพอใจสามารถนำข้อมูลที่ได้ไปใช้ในงานพัฒนาระบบ ซึ่งปัจจัยที่มีผลต่อการทำนายน่าจะขึ้นอยู่กับจำนวนข้อมูลที่นำมาใช้ในการเรียนรู้ของอัลกอริทึม และสภาพความเป็นจริงของข้อมูล เมื่อนำมาสร้างเป็นโปรแกรมระบบสนับสนุนการตัดสินใจสำหรับผู้บริหารในการให้ความช่วยเหลือประชาชนในพื้นที่พิเศษ 5 จังหวัดชายแดนภาคใต้ และก็สามารถแสดงผลลัพธ์ได้ถูกต้อง สามารถนำข้อมูลไปใช้ในการพิจารณาให้การสนับสนุนการตัดสินใจของภาครัฐในการที่จะให้ความช่วยเหลือแก่ประชาชน (Supply Side) ให้ตรงตามความต้องการของประชาชน ซึ่งสอดคล้องและสนับสนุนการทำงานตามแผนการพัฒนาพื้นที่พิเศษ 5 จังหวัดชายแดนภาคใต้ ปี 2552 – 2555 ให้บรรลุผลสำเร็จ

อภิปรายผล

ในการรวบรวมข้อมูลความต้องการของประชาชนนั้น เนื่องจากสภาพของข้อมูลของประชาชนแต่ละจังหวัดมีการจัดเก็บแตกต่างกัน อีกทั้งความต้องการในรายละเอียดย่อยๆ ของประชาชนมีมาก และปัจจัยการพิจารณาของภาครัฐเองก็มีหลายปัจจัย จึงเป็นอุปสรรคที่สำคัญในการเลือก Attribute ที่มีความเหมาะสมมาใช้ในการสร้างตัวแบบ และเครื่องมือที่ใช้ในการสร้างตัวแบบอาจสร้างกฎหรือวิธีการที่ยังไม่ครอบคลุมเท่าที่ควร ต้องทำการตรวจสอบข้อมูลและปรับ Attribute ให้เหมาะสม

ข้อเสนอแนะ

ในการพัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจ สิ่งสำคัญคือในการคัดเลือกอัลกอริทึมและเครื่องมือในการสร้างตัวแบบควรทดสอบด้วยหลาย ๆ อัลกอริทึม เพื่อให้ได้ตัวแบบที่มีความเหมาะสมมากที่สุด และควรใช้ข้อมูลในการสร้างตัวแบบที่มากขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี เพราะผู้จัดทำได้รับความช่วยเหลืออย่างดียิ่งจาก รองศาสตราจารย์ธวัชชัย งามสันติวงศ์ อาจารย์ที่ปรึกษางานวิจัย ที่ได้ให้คำแนะนำและข้อเสนอแนะ รวมถึงข้อคิดเห็นต่าง ๆ ของโครงงานมาโดยตลอด และขอบคุณเจ้าหน้าที่ ศอ.บต. ที่ให้ความอนุเคราะห์เรื่องข้อมูลที่นำมาทำการวิจัยจนงานวิจัยฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์

รายการอ้างอิง

กฤษณะ ไวยมัย, ชิดชนก ส่งศิริ และธนาวินท์ รักธรรมานนท์. **การใช้เทคนิคดาต้าไมน์นิงเพื่อพัฒนาคุณภาพการศึกษานิสิตคณะวิศวกรรมศาสตร์**. The Nectec Thecnical Jurnal. 2001; Vol. III (NO.11).

จิราพร ยิ่งกว่าชาติ. **การประยุกต์ใช้การเรียนรู้แบบเบย์กับการสร้างแบบจำลองสำหรับทำนายผลสำเร็จการศึกษาของนักศึกษา.** วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีปทุม, 2549.

จิโรจน์ ภาคคีรี และกาญจนา วิริยะพันธ์. **การวิเคราะห์รูปแบบการบุกรุกข้อมูลบนเครือข่ายโดยใช้เทคนิคดาต้าไมน์นิ่ง**. วารสารเทคโนโลยีสารสนเทศ. ก.ค. – ต.ค. 2550 : 40-46

ณัฐกรณ์ ตั้งพูนทรัพย์. **ระบบช่วยในการตัดสินใจเพื่อหาพื้นที่ที่สร้างที่พักโดยอ้างอิงจากสถานที่ที่เหมาะสม**. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 2551.

บุญมา เพ่งช่วน. **การใช้เทคนิคเหมืองข้อมูลเพื่อพัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจด้านการผลิตบัณฑิตระดับปริญญาตรี.** วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ ภาควิชาคอมพิวเตอร์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร, 2548.

บุญเสริม กิจศิริกุล. **อัลกอริธึมการทำเหมืองข้อมูล. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ โครงการวิจัยร่วมภาครัฐและเอกชน ปีงบประมาณ 2545**. ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2546.

สุรพงค์ เอื้อวัฒนามงคล, ปรีชา วิจิตธรรมรส และโอม ศรนิล. **เอกสารประกอบการฝึกอบรมโครงการอบรมเชิงปฏิบัติการความรู้พื้นฐานทางการทำเหมืองข้อมูล รุ่นที่ 15**. คณะสถิติประยุกต์ สถาบันบัณฑิตพัฒน - บริหารศาสตร์, 2550.

Han Jaiwei, and Michelne Kamber. **Data Mining Concepts and Techniques**. USA : Morgan Kaufman, 2001.

โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับการจัดการโครงการอนุรักษ์การได้ยิน

A COMPUTER PROGRAM FOR HEARING CONSERVATION PROGRAM MANAGEMENT

สิตางค์ คงกระโทก

นักศึกษาปริญญาโท สาขาวิชาสุขศาสตร์อุตสาหกรรมและความปลอดภัย

คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล กรุงเทพมหานคร

E-mail: sitangk@gmail.com

บทคัดย่อ

การดำเนินการโครงการอนุรักษ์การได้ยินให้เป็นไปตามกฎหมาย จำเป็นต้องจัดเก็บและประมวลผลข้อมูลในหลายส่วน งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อการออกแบบและพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับการจัดการโครงการอนุรักษ์การได้ยินให้สอดคล้องกับกฎหมายของกระทรวงแรงงานและประเมินระดับความพึงพอใจของผู้ใช้งานที่มีต่อโปรแกรม โดยการรวบรวมข้อมูลการจัดทำโครงการอนุรักษ์การได้ยินตามกฎหมายและข้อกำหนดอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง การออกแบบและจัดทำโปรแกรมใช้ไมโครซอฟต์แอกเสซ 2007

การประเมินผลโปรแกรมแบ่งเป็น 3 ขั้นตอน คือ 1. การประเมินความสอดคล้องกับกฎหมายโดยผู้เชี่ยวชาญโครงการอนุรักษ์การได้ยิน ผู้เชี่ยวชาญเสนอแนะให้เพิ่มข้อมูลเกี่ยวกับการประเมินผลการดำเนินโครงการและหลักเกณฑ์ที่สำหรับควบคุมคุณภาพการทดสอบสมรรถภาพการได้ยิน 2. ประเมินความถูกต้องของการออกแบบและพัฒนาโปรแกรม โดยผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบและพัฒนาโปรแกรม เสนอแนะให้เพิ่มเติมฟังก์ชั่น การช่วยเหลือและคำอธิบายปุ่มกด 3. ประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานที่มีต่อโปรแกรมโดยเจ้าหน้าที่ความปลอดภัยในการทำงานระดับวิชาชีพ 30 คน ผลประเมินความพึงพอใจกรณีใช้ชุดข้อมูลสมมุติที่ผู้วิจัยจัดเตรียมให้มีอยู่ในระดับดี โดยความพึงพอใจมีความสัมพันธ์กับอายุและประสบการณ์การทำงาน อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05 กรณีที่ผู้ร่วมวิจัยใช้ข้อมูลของตนเองในการทดลองใช้งาน ความพึงพอใจอยู่ในระดับปานกลาง โดยความพึงพอใจมีความสัมพันธ์กับอายุ, ประสบการณ์การทำงานและประสบการณ์การดำเนินโครงการอนุรักษ์การได้ยิน จุดเด่นของโปรแกรมนี้คือ ความถูกต้องและสมบูรณ์ของผลลัพธ์ที่แสดง ส่วนจุดด้อยคือ การประมวลผลช้า จุดที่ควรพัฒนาและปรับปรุงคือการเชื่อมโยงข้อมูลกับฝ่ายบุคคลของบริษัทและความเข้าใจง่ายในการกรอกข้อมูล

จากการศึกษาวิจัยครั้งนี้สามารถสรุปได้ว่าโปรแกรมการจัดการโครงการอนุรักษ์การได้ยินมีความสอดคล้องกับกฎหมายแรงงานและข้อกำหนดอื่นๆที่เกี่ยวข้องกับโครงการอนุรักษ์การได้ยินและเหมาะสมต่อเจ้าหน้าที่ความปลอดภัยในการทำงานระดับวิชาชีพ ทั้งนี้ควรพัฒนาระบบการประมวลผลให้มีความรวดเร็วยิ่งขึ้น

คำสำคัญ : โครงการอนุรักษ์การได้ยิน การเฝ้าระวังเสียงดัง การเฝ้าระวังการได้ยิน โปรแกรม

ABSTRACT

Proceeding of the hearing conservation program project (HCP) requires collecting and processing a lot of data. This research project aims to design and develop computer program for supporting safety officer in order to efficiently manage of the hearing conservation program ,compliance with labor's law and evaluating user satisfaction of program usability. The methodologies consist of collecting HCP data that involve with labor's law and other requirements. Microsoft Access 2007 was used for developing program.

The program evaluation consists of 3 parts as follow :1. Legal and other requirements, the hearing conservation program experts advised to add more program information that involved with the evaluation of project processing and the regulation for audiometric examination, 2. Design and development, the program experts advised to add more functions, help and explain buttons, 3. Evaluating user satisfaction of program usability by 30 professional safety officer. The result showed that program usability opinion when test with test data is "Good" and correlated with age and work experience and when test with own data usability opinion is "Fair" and correlated with gender, age, work experience and hearing conservation experience. The strength was accuracy and completeness of analysis. The weakness of the program is the delay of data processing and difficulties of entering the data. The linkage to HR database was suggested from tester to improve.

It can be concluded that this program not only harmonizes with labor's law and other requirements, but also appropriates to use as tools that can help professional safety officer to manage hearing conservation program. Furthermore ,the program should be developed faster processing speed .

KEYWORDS :Hearing conservation Noise monitoring Hearing monitoring Program

บทนำ

ตามกฎกระทรวงกำหนดมาตรฐานในการบริหารและการ จัดการด้านความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงานเกี่ยวกับความร้อน แสงสว่าง และเสียง พ.ศ. 2549 (ออกตามพระราชบัญญัติคุ้มครองแรงงาน พ.ศ. 2541) ซึ่งใน หมวด 3 ข้อ 12 กล่าวถึงกรณีที่สภาวะ การทำงานในสถานประกอบกิจการมีระดับเสียงที่ลูกจ้างได้รับเฉลี่ยตลอดระยะเวลาการทำงาน 8 ชั่วโมงตั้งแต่ 85 เดซิเบลเอขึ้นไป ให้นายจ้างจัดทำโครงการอนุรักษ์การได้ยินในสถานโดยกำหนดให้ดำเนินการตาม ประกาศกรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน เรื่อง หลักเกณฑ์และวิธีการจัดทำโครงการอนุรักษ์การได้ยินในสถานประกอบกิจการ พ.ศ. 2553 ซึ่งการที่จะปฏิบัติให้บรรลุผลนั้นต้อง จัดทำนโยบายการอนุรักษ์การได้ยิน กำหนดหน้าที่ความรับผิดชอบของผู้เกี่ยวข้อง สำรวจและตรวจวัดระดับเสียง ศึกษาระยะเวลาสัมผัสเสียงดัง ประเมินการสัมผัสเสียงดังของลูกจ้าง ตลอดระยะเวลาการทำงาน 8 ชั่วโมง ทดสอบและประเมินผลการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินให้แก่ลูกจ้างที่สัมผัสเสียงดังที่ได้รับเฉลี่ยตลอดระยะเวลาการทำงาน 8 ชั่วโมงตั้งแต่ 85 เดซิเบล(เอ)ขึ้นไป แจ้งผลการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินให้แก่ลูกจ้างทราบ ทดสอบสมรรถภาพการได้ยินซ้ำภายใน 30 วันเมื่อพบผลผิดปกติ เพื่อยืนยันผล หากพบว่ามีผลผิดปกติจริงต้องมีมาตรการป้องกันแก่ลูกจ้าง ติดประกาศผลการตรวจวัดระดับเสียงและแผนผังระดับเสียง อบรม

ให้ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับโครงการอนุรักษ์การได้ยิน และการประเมินผลการดำเนินการโครงการอนุรักษ์การได้ยิน โดยกำหนดระยะเวลาการบันทึกข้อมูลและทำเอกสารสำหรับการดำเนินโครงการไว้ในสถานประกอบกิจการอย่างน้อย 5 ปี

ในประเทศที่มีการบังคับใช้กฎหมายเกี่ยวกับโครงการอนุรักษ์การได้ยินแล้ว เช่น ประเทศสหรัฐอเมริกา พบว่าปริมาณข้อมูลที่มากทำให้ยากต่อการประมวลผล และเสียเวลาในการค้นหาประวัติ อีกทั้งการตรวจแต่ละปีอาจมีความจำเป็นที่ต้องปรับข้อมูลพื้นฐานของการทดสอบสมรรถภาพการได้ยิน (Baseline Audiogram) (George Cook, Au.D., 2011)

โปรแกรมที่ได้รับการออกแบบและพัฒนามาก่อนหน้านี้ (Ilmari V, 2000), (Franks, John R., 1989), (ราชสุดา, 2545)หากนำมาปรับใช้กับประเทศไทยอาจเกิดความยุ่งยาก เนื่องจากรายละเอียดของกฎหมายที่แตกต่างกัน ปัญหาด้านลิขสิทธิ์

ผู้วิจัยจึงได้ออกแบบและพัฒนาโปรแกรม การจัดการโครงการอนุรักษ์การได้ยิน เพื่อให้สอดคล้องกับการดำเนินการตามกฎหมายฉบับดังกล่าว เกี่ยวกับการประมวลผลการเฝ้าระวังเสียงดัง, การประมวลผลการเฝ้าระวังการได้ยิน และการจัดเก็บข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินการโครงการอนุรักษ์การได้ยินในสถานประกอบการ

กรอบแนวคิดและทฤษฎี

"โครงการอนุรักษ์การได้ยิน" เป็นโครงการที่กฎหมายกำหนดให้นายจ้างต้องดำเนินการจัดทำหากสถานประกอบการมีสภาวะการทำงานที่มีระดับเสียงที่ลูกจ้างได้รับเฉลี่ยตลอดระยะเวลาการทำงาน 8 ชั่วโมง ตั้งแต่ 85 เดซิเบลเอขึ้นไป โดยกำหนดรายการที่นายจ้างต้องดำเนินการจัดทำอย่างน้อย คือ

1. นโยบายการอนุรักษ์การได้ยิน ควรจัดทำเป็นลายลักษณ์อักษร โดยผู้บริหารสูงสุดในสถานประกอบการร่วมกับผู้ปฏิบัติงาน กำหนดนโยบายขึ้น เพื่อแสดงให้เห็นถึงความสำคัญของการป้องกันอันตรายจากเสียงดัง

2. การเฝ้าระวังเสียงดัง (Noise Monitoring) การเฝ้าระวังเสียง คือ การสำรวจและตรวจวัดระดับเสียง การศึกษาระยะเวลาสัมผัสเสียงดัง และการประเมินการสัมผัสเสียงดังของลูกจ้าง โดยการสำรวจและตรวจวัดระดับเสียงเบื้องต้น เพื่อเก็บข้อมูลบริเวณที่ลูกข้างอาจได้รับหรือสัมผัสกับเสียงดัง ลักษณะเสียงที่เกิดขึ้น และระยะเวลาการรับสัมผัสเสียง เพื่อเป็นข้อมูลในการเลือกเครื่องมือวัดที่แหมาะสม แล้วจึงประเมินการสัมผัสเสียงดังของลูกจ้าง ในกรณีที่ลูกจ้างปฏิบัติงานมีระดับเสียงดังไม่สม่ำเสมอ หรือลูกจ้างต้องย้ายการทำงานไปยังจุดต่างๆที่มีระดับเสียงแตกต่างกัน ให้คำนวณหาระดับเสียงเฉลี่ยตลอดเวลาการทำงานในแต่ละวันดังนี้

$T = 8/2(L-90)/5$

T = ระยะเวลาการทำงานที่ยอมให้ได้รับเสียง

L= ระดับเสียง (เดซิเบลเอ) ในการคำนวณให้ตัดเศษทศนิยมออก ถ้ามี

$D = \{(C1/T1)+(C2/T2)+\ldots..+(Cn/Tn)\} \times 100$

D = ปริมาณเสียงสะสมที่ผู้ปฏิบัติงานได้รับ หน่วยเป็นร้อยละ

C = ระยะเวลาที่สัมผัสเสียง

TWA(8) = [16.61 x log(D/100)] + 90

TWA(8) = ระดับเสียงที่ได้รับเฉลี่ยตลอดระยะเวลาการทำงาน 8 ชั่วโมงต่อวัน

3. การเฝ้าระวังการได้ยิน (Hearing Monitoring) โดยการจัดให้มีการตรวจสมรรถภาพการได้ยินให้แก่ลูกจ้างที่สัมผัสเสียงดังที่ได้รับเฉลี่ยตลอดระยะเวลาการทำงาน 8 ชั่วโมงตั้งแต่ 85 เดซิเบลเอขึ้นไปการทดสอบการได้ยินในสถานประกอบการ เป็นการตรวจวัดความสามารถในการได้ยินของหูทั้ง 2 ข้างด้วยเครื่องวัดการได้ยิน (Audiometer) เพื่อหาระดับเริ่มได้ยิน (Hearing threshold) ทางอากาศด้วยเสียงบริสุทธิ์(Pure tone) ที่ความถี่ 500 1000 2000 3000 4000 และ 6000 Hz. ทำการตรวจวัดโดยนักโสตสัมผัสวิทยา (Audiologist) หรือผู้ที่ผ่านการฝึกอบรมหลักสูตรวิธีการตรวจวัดการได้ยินและการใช้เครื่องมือ ซึ่งการตรวจสมรรถภาพการได้ยินแบ่งได้เป็น 5 ชนิด ดังนี้

- Baseline Audiogram ผลการตรวจวัดนี้จะใช้เป็นฐานการพิจารณาว่าเกิดการสูญเสียการได้ยินหรือไม่ เมื่อมีการตรวจครั้งต่อไป (Annual Audiogram) หากผลการตรวจการได้ยินครั้งหลังๆ พบว่ามีการได้ยินดีกว่าเดิม ให้ใช้ค่าที่ตรวจได้ใหม่มาเป็น New Baseline Audiogram

- Annual Audiogram การตรวจประจำปีให้กับผู้สัมผัสเสียง

- Retest Audiogram การทดสอบใหม่ทันทีที่พบว่าผลการตรวจการได้ยินมีการสูญเสียขึ้น

- Confirmation Audiogram การตรวจการได้ยินเพื่อยืนยันผลการตรวจภายใน 30 วัน นับจากวันที่ทำ Annual หรือ Retest Audiogram แนะนำว่าควรทำการตรวจให้เร็วที่สุด

- Exit Audiogramการทำการตรวจการได้ยินก่อนการลาออกเพื่อใช้เป็นผลอ้างอิงต่อไป

เครื่องที่ใช้ตรวจสมรรถภาพการได้ยินต้องได้มาตรฐาน IEC Publication 645 หรือ ANSI S 3.6-1989 โดยควรใช้ Type 4 จากนั้นนำ Baseline Audiogram ให้ใช้ผลการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินครั้งแรกของลูกจ้างที่ความถี่ 500 1000 2000 3000 4000 และ 6000 เฮิรตซ์ของหูทั้ง 2 ข้าง ผลการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินในครั้งต่อๆมา ให้นำไปเปรียบเทียบกับ Baseline ทุกครั้ง หากผลการได้ยินพบว่าการสูญเสียการได้ยินที่หูข้างใดข้างหนึ่งตั้งแต่ 15 เดซิเบลขึ้นไปที่ความถี่ใดความถี่หนึ่งต้องมีมาตรการป้องกันอย่างใดอย่างหนึ่ง ได้แก่ จัดหาอุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยส่วนบุคคลให้ลูกจ้างสวมใส่ เปลี่ยนงานหรือสลับหน้าที่ระหว่างลูกจ้างด้วยกัน ทั้งนี้เพื่อให้ระดับเสียงที่ลูกจ้างได้รับเฉลี่ยตลอดระยะเวลาการทำงาน 8 ชั่วโมงน้อยกว่า 85 เดซิเบลเอ

4. หน้าที่ความรับผิดชอบของผู้เกี่ยวข้อง

5. ให้นายจ้างติดประกาศผลการตรวจวัดระดับเสียง แผนผังแสดงระดับเสียงในแต่ละพื้นที่เพื่อแจ้งให้ลูกจ้างทราบ

6. ให้จัดอบรมให้ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับโครงการอนุรักษ์การได้ยิน ความสำคัญของการทดสอบสมรรถภาพการได้ยิน อันตรายของเสียงดัง การควบคุมป้องกันและการใช้อุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยส่วนบุคคล แก่ลูกจ้างและผู้ที่เกี่ยวข้อง

7. ให้ประเมินผลและทบทวนการจัดการโครงการอนุรักษ์การได้ยินในสถานประกอบกิจการไม่น้อยกว่าปีละ 1 ครั้ง

จากรายการที่จะต้องปฏิบัติตามกฎหมาย นายจ้างต้องบันทึกข้อมูลและทำเอกสารการดำเนินการโครงการอนุรักษ์การได้ยินไว้ไม่น้อยกว่า 5 ปี

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อออกแบบโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับการจัดการโครงการอนุรักษ์การได้ยินให้สอดคล้องตามกฎหมายของกระทรวงแรงงาน

2. เพื่อประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานที่มีต่อโปรแกรม

วิธีการดำเนินการวิจัย

1. รวบรวมข้อมูลสำหรับการจัดทำโครงการอนุรักษ์การได้ยิน โดยศึกษาจากข้อกำหนดของกฎหมาย หนังสือ บทความ และการศึกษาวิจัยที่ผ่านมา

2. ทบทวนและเลือก software ที่จะนำมาเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ สำหรับการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยเลือกใช้โปรแกรม Microsoft Access 2007

3. ชี้บ่งข้อมูลและออกแบบโครงสร้างโปรแกรมที่จำเป็นต่อการจัดทำโครงการอนุรักษ์การได้ยินให้ได้รายละเอียดตามที่กฎหมายกำหนด

ภาพประกอบ 1 แผนผังการดำเนินการโครงการอนุรักษ์การได้ยิน

4. ประเมินความสอดคล้องของโปรแกรมกับกฎหมายแรงงานเกี่ยวกับการอนุรักษ์การได้ยิน โดยผู้เชี่ยวชาญโครงการอนุรักษ์การได้ยิน

5. นำผลการประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญโครงการอนุรักษ์การได้ยิน มาวิเคราะห์ทบทวนแล้วดำเนินการพัฒนาโปรแกรมสำหรับการจัดการโครงการอนุรักษ์การได้ยิน

6. จัดทำโปรแกรมสำหรับการจัดการโครงการอนุรักษ์การได้ยิน

ภาพประกอบ 2 แผนผังแสดงโครงสร้างโปรแกรมการจัดการโครงการอนุรักษ์การได้ยิน

ภาพประกอบ 3 แผนผังแสดงโครงสร้างส่วนที่ติดต่อกับผู้ใช้งาน

หน้าจอหลัก สำหรับติดต่อกับผู้ใช้งานประกอบด้วย 3 ส่วน คือ

- **ข้อมูล** : เป็นส่วนที่ใช้นำเข้า เพิ่มเติมและแก้ไขข้อมูลต่างๆ ที่เป็นข้อมูลหลัก ประกอบด้วย

1. การบริหารจัดการ : นำเข้าและจัดเก็บนโยบายการอนุรักษ์การได้ยิน การแต่งตั้งคณะทำงาน ประวัติอุปกรณ์ทดสอบสมรรถภาพการได้ยินและข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมคุณภาพการทดสอบสมรรถภาพการได้ยิน

2. การเฝ้าระวังเสียงดัง : นำเข้าข้อมูลการสำรวจและตรวจวัดระดับเสียง เพื่อประเมินการรับสัมผัสเสียงของพนักงานในแต่ละตำแหน่งงาน

3. การเฝ้าระวังการได้ยิน : นำเข้าข้อมูลประวัติพนักงานรายบุคคลและผลการทดสอบสมรรถภาพการได้ยิน เพื่อใช้ประมวลผลสมรรถภาพการได้ยิน

- **ข้อมูลสนับสนุน** : ออกแบบให้ระบุข้อมูลเกี่ยวกับปีที่ดำเนินโครงการ หน่วยงาน และตำแหน่งงาน สำหรับใช้ในการจัดกลุ่มข้อมูลให้เหมาะสมกับแต่ละสถานประกอบกิจการ
- **รายงาน** : รายงานเกี่ยวกับการเฝ้าระวังเสียงดัง การเฝ้าระวังการได้ยินและกราฟสรุปผล

7. นำชุดข้อมูลสมมุติเกี่ยวกับการตรวจวัดระดับเสียงและผลการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินทดลองป้อนข้อมูลและตรวจสอบรายงาน

8. จัดทำคู่มือการใช้งานโปรแกรม โดยในคู่มือการใช้งานจะมีการอธิบายรายละเอียดเมนูที่แสดงผลที่หน้าจอหลัก แสดงขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม และอธิบายการป้อนข้อมูลเข้าโปรแกรม การพิมพ์รายงาน รวมถึงการแก้ไขข้อมูลต่างๆ

9. ประเมินผลการออกแบบและพัฒนาโปรแกรมโดยผู้เชี่ยวชาญการออกแบบและพัฒนาโปรแกรม จากนั้นปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะคำของผู้เชี่ยวชาญ

10. ผู้ร่วมวิจัยมาจากกลุ่มตัวอย่างจากสถานประกอบการ 20 แห่งในเขต กรุงเทพและปริมณฑลที่เข้าข่ายต้องดำเนินการโครงการอนุรักษ์การได้ยินตามกฎหมายและยินดีให้เข้าดำเนินการทดลองจากการประสานงานในเบื้องต้น ซึ่งจาก 20 สถานประกอบการนั้น มีเจ้าหน้าที่ความปลอดภัยในการทำงานระดับวิชาชีพที่จะทดลองใช้งานโปรแกรมทั้งหมด 30 คน

11. ทดลองใช้งานโปรแกรมโดยผู้วิจัยจัดเตรียมชุดข้อมูลสมมุติสำหรับทดลองการใช้งานโปรแกรมหรือผู้ร่วมวิจัยสามารถเลือกใช้ข้อมูลของตนเองทดสอบ จากนั้นผู้ร่วมวิจัยทำแบบประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานที่มีต่อโปรแกรม

สรุปผลการวิจัย

1. การประเมินความสอดคล้องกับกฎหมาย โดยผู้เชี่ยวชาญโครงการอนุรักษ์การได้ยิน

ผู้ประเมินเสนอแนะให้เพิ่มตำแหน่งของผู้ตรวจวัดระดับเสียง มาตรฐานของเครื่องมือและห้องที่ใช้ทดสอบสมรรถภาพการได้ยิน และเพิ่มการคำนวณอัตราความชุกของการสูญเสียการได้ยิน

2. การประเมินการออกแบบและพัฒนาโปรแกรม โดยผู้เชี่ยวชาญการออกแบบและพัฒนาโปรแกรม

ผู้ประเมินเสนอแนะให้เพิ่มช่องทางข้อเสนอแนะจากการใช้โปรแกรม ส่วนของการช่วยเหลือผู้ใช้งานและคำอธิบายปุ่มกดต่างๆ

3. การประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานที่มีต่อโปรแกรม โดยเจ้าหน้าที่ความปลอดภัยในการทำงานระดับวิชาชีพ จำนวน 30 ท่าน

ตาราง 1 ข้อมูลทั่วไป

ข้อมูลทั่วไป	จำนวน (30)	เปอร์เซ็นต์(%)
1. เพศหญิง	22	73.33
2. ประสบการณ์การใช้งาน Microsoft Access	12	40.00
3. อายุ(ปี)		
ค่าเฉลี่ย(SD), Max-Min	28.93(2.59), 23-37	
4. ประสบการณ์การทำงาน(ปี)		
ค่าเฉลี่ย(SD), Max-Min	6.87(2.39), 1-15	
5. ประสบการณ์ในการจัดทำโครงการอนุรักษ์การได้ยิน(ปี)		
ค่าเฉลี่ย(SD), Max-Min	2.20(1.19), 0-5	

ผู้ร่วมวิจัยทั้งหมด 30 ท่านเป็นเจ้าหน้าที่ความปลอดภัยในการทำงานระดับวิชาชีพ เป็นเพศหญิง 73.3% มีประสบการณ์การใช้งาน Microsoft Access 40% อายุเฉลี่ย 28.93 ปี ประสบการณ์การทำงานเฉลี่ย 6.87 ปี, ประสบการณ์ในการจัดทำโครงการอนุรักษ์การได้ยินเฉลี่ย 2.20 ปี

ตาราง 2 ความพึงพอใจของผู้ใช้งานที่มีต่อโปรแกรม

ความพึงพอใจเกี่ยวกับการใช้งานโปรแกรม	ข้อมูลสมมุติ		ข้อมูลของสถานประกอบการ	
	Mean (SD)	Index*	Mean (SD)	Index*
1. ความยาก - ง่ายในการเตรียมข้อมูล	2.60(0.50)	ดี	1.80(0.60)	ปรับปรุง
2. ความยาก - ง่ายในการป้อนข้อมูล	2.47(0.51)	ปานกลาง	2.10(0.44)	ปรับปรุง
3. ลำดับของการป้อนข้อมูล	2.53(0.51)	ปานกลาง	2.03(0.39)	ปรับปรุง
4. ความครบถ้วนของข้อมูล/เนื้อหาอื่นๆ	2.57(0.50)	ดี	2.53(0.46)	ปานกลาง
5. มีช่วยให้ท่านทำงานสะดวกขึ้นหรือไม่	2.83(0.38)	ดี	2.67(0.36)	ดี
6. ช่วยในการวิเคราะห์การดำเนินการโครงการอนุรักษ์การได้ยิน	2.83(0.38)	ดี	2.73(0.26)	ดี
7. ความเชื่อถือในความถูกต้องของการวิเคราะห์	2.93(0.25)	ดี	2.73(0.26)	ดี
8. ความพึงพอใจในภาพรวมของการใช้งาน	2.90(0.31)	ดี	2.63(0.39)	ดี
คะแนนรวม	2.71(0.23)	ดี	2.40(0.52)	ปานกลาง

หมายเหตุ: * ดี = >2.55 (>85%), ปานกลาง=2.25-2.55 (75-85%), ควรปรับปรุง=<2.25 (<75%)

ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งาน ที่มีต่อโปรแกรม โดยการใช้ชุดข้อมูลสมมุติทดสอบที่ผู้วิจัยจัดเตรียมให้ มีผู้ทดสอบจำนวน 30 ท่าน พบว่าระดับความพึงพอใจอยู่ในเกณฑ์ดี โดยมีคะแนนเฉลี่ย 2.71 คะแนน โดยระดับคะแนนด้านความถูกต้องของการประมวลผลข้อมูลมีระดับคะแนนสูงที่สุด(2.93) และความยาก-ง่ายในการป้อนข้อมูลมีระดับคะแนนต่ำที่สุด (2.47)

กรณีใช้ข้อมูลของผู้ร่วมวิจัยในการทดสอบโปรแกรม มีผู้ทดสอบจำนวน 28 ท่าน พบว่าระดับความพึงพอใจอยู่ในเกณฑ์ปานกลาง โดยมีคะแนนเฉลี่ย 2.40 คะแนน โดยระดับคะแนนด้านความถูกต้องของการประมวลผลข้อมูลและ ช่วยให้ผู้ใช้งานจัดทำโครงการอนุรักษ์การได้ยินได้ตามกฎหมาย มีระดับคะแนนสูงที่สุด (2.73) และความยาก-ง่ายในการจัดเตรียมข้อมูลมีระดับคะแนนต่ำที่สุด (1.80)

ตาราง 3 ความสัมพันธ์ของระดับความพึงพอใจกับอายุ ประสบการณ์การทำงานและประสบการณ์ในการจัดทำโครงการอนุรักษ์การได้ยิน

ความพึงพอใจเกี่ยวกับการใช้งานโปรแกรม	ข้อมูลสมมุติ		ข้อมูลของสถานประกอบการ	
	γ	p-value	γ	p-value
1. อายุ	0.393	0.016	0.584	0.001
2. ประสบการณ์การทำงาน	0.357	0.026	0.530	0.002
3. ประสบการณ์ในการจัดทำโครงการอนุรักษ์การได้ยิน	0.268	0.076	0.439	0.010

การใช้ชุดข้อมูลสมมุติทดสอบที่ผู้วิจัยจัดเตรียมให้ระดับความพึงพอใจ มีความสัมพันธ์กับอายุและประสบการณ์การทำงาน ที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05 และในกรณีที่ใช้ข้อมูลของผู้ร่วมวิจัยในการทดสอบ ระดับความพึงพอใจ มีความสัมพันธ์กับเพศ อายุ ประสบการณ์การทำงานและประสบการณ์ในการจัดทำโครงการอนุรักษ์การได้ยิน ที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05

จุดเด่นของโปรแกรมนี้ คือ ความถูกต้องและความน่าเชื่อถือของการประมวลผล (57.0%)ส่วนจุดด้อยของโปรแกรมคือ การประมวลผลช้า (53.0%) รองลงมาคือ ความยากในการป้อนข้อมูล (40.0%) และส่วนที่ต้องพัฒนาปรับปรุง คือ การเชื่อมโยงข้อมูลกับฐานข้อมูลของฝ่ายบุคคล (57.0%) และความง่ายในการใช้งาน (53.0%)

ข้อเสนอแนะอื่นๆของผู้ร่วมวิจัย คือ ควรปรับปรุงให้สามารถประมวลผลออกมาในรูปแบบของไฟล์ต่างๆได้

อภิปรายผล

โปรแกรมการจัดการโครงการอนุรักษ์การได้ยินออกแบบและพัฒนาโดยใช้ Microsoft Access 2007 เนื่องจากเป็นโปรแกรมที่สามารถใช้ในการจัดเก็บข้อมูล คำนวณ และจัดทำรูปแบบรายงาน และเป็นโปรแกรมที่สะดวกต่อการติดตั้งและใช้งานในสถานประกอบการ (พรพิมล, 2547) และ (สุชาติ, 2547) ใช้ Microsoft Access

ออกแบบและจัดทำระบบฐานข้อมูล สำหรับเจ้าหน้าที่ความปลอดภัยในการทำงานระดับวิชาชีพ พบว่ามีความเหมาะสมกับการใช้งานและผู้ใช้งานมีความพึงพอใจในระดับดี

โปรแกรมการจัดการโครงการอนุรักษ์การได้ยินช่วยให้เจ้าหน้าที่ความปลอดภัยในการทำงานระดับวิชาชีพ จัดทำโครงการอนุรักษ์การได้ยินได้ตามที่กฎหมายกำหนดและสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้กับทุกสถานประกอบการ (สำนักความปลอดภัยแรงงาน, 2552) ศึกษาระบบการบริหารจัดการโครงการอนุรักษ์การได้ยินของสถานประกอบการ พบปัญหาการเลือกใช้เกณฑ์มาตรฐานในการวินิจฉัยผลการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินและการประเมินการรับสัมผัสเสียง ซึ่งโปรแกรมนี้สามารถลดปัญหาดังกล่าวนี้ได้ รวมทั้งช่วยในการประมวลผล และจัดเก็บข้อมูลไว้ในแหล่งเดียวกัน สะดวกในการใช้อ้างอิง และสามารถนำข้อมูลที่ได้จากโปรแกรมมาใช้วางแผนระบบการเฝ้าระวังโรคหูเสื่อมจากการประกอบอาชีพได้

ด้านความสอดคล้องกับกฎหมาย ผู้ประเมินแนะนำให้เพิ่มการคำนวณหาอัตราความชุกของการสูญเสียการได้ยิน ในส่วนของการประเมินผลโครงการ ซึ่งสอดคล้องกับข้อเสนอแนะของ OSHA ทั้งนี้ผู้วิจัยได้ออกแบบการรายงานผลให้ผู้ใช้งานนำรายงานส่วนนี้ไปประยุกต์ใช้ในการคำนวณค่าอื่นๆได้ ไม่จำกัดเฉพาะการคำนวณหาอัตราความชุก โดยตัวอย่างการคำนวณได้ระบุไว้ในคู่มือ

ด้านความพึงพอใจของผู้ใช้งานที่มีต่อโปรแกรม พบว่า เมื่อนำข้อมูลของผู้ร่วมวิจัยมาใช้ในการทดสอบการใช้งานของโปรแกรม ระดับความพึงพอใจอยู่ที่ระดับปานกลาง ซึ่งส่วนที่ทำให้ระดับคะแนนต่ำ คือความยุ่งยากในการจัดเตรียมและป้อนข้อมูล ซึ่งมีจำนวนมากและต้องมีข้อมูลในหลายส่วน สอดคล้องกับสิ่งที่ควรพัฒนาปรับปรุงคือความง่ายในการใช้งาน แต่จากความสัมพันธ์ของความพึงพอใจของผู้ใช้งานที่มีต่อโปรแกรมนั้น พบว่า ประสบการณ์การทำงานและการจัดทำโครงการอนุรักษ์การได้ยิน มีความสัมพันธ์กับระดับความพึงพอใจอย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจาก จะช่วยให้ผู้ใช้งานมีความเข้าใจในการจัดเตรียมข้อมูลต่างๆมากขึ้น

ข้อเสนอแนะ

1. การสูญเสียการได้ยิน มีสาเหตุมาจากหลายปัจจัย เช่น อายุ ประวัติการประสบอุบัติเหตุที่อาจกระทบกับหู ดังนั้นหากผลที่ได้จากโปรแกรมพบความผิดปกติ อาจต้องซักประวัติเพิ่มเติมและวินิจฉัยโรคจากแพทย์เฉพาะทาง
2. เกณฑ์ที่ใช้ในการวินิจฉัยการสูญเสียการได้ยิน มีอยู่หลายเกณฑ์ด้วยกัน ทั้งนี้ควรพิจารณาหลักเกณฑ์ที่บังคับใช้ในประเทศไทยเป็นอันดับแรก ในการประเมินการสูญเสียการได้ยิน

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความช่วยเหลือจากคณะอาจารย์ที่ปรึกษาและอาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ขอขอบพระคุณผู้เชี่ยวชาญการโครงการอนุรักษ์การได้ยินและผู้เชี่ยวชาญการออกแบบและพัฒนาโปรแกรม ที่ให้ความช่วยเหลือในการประเมินความสอดคล้องกับกฎหมาย รวมถึงให้คำแนะนำปรึกษาเกี่ยวกับข้อมูลในการจัดทำโปรแกรม ขอบคุณผู้ร่วมวิจัยทุกท่านที่สละเวลาทดลองใช้งานโปรแกรมและให้ข้อเสนอแนะในการปรับปรุงพัฒนา ขอบคุณครอบครัวและเพื่อนๆที่ให้กำลังใจ ให้ความสนันสนุนให้งานวิจัยนี้ประสบผลสำเร็จไปได้ด้วยดี

รายการอ้างอิง

กฎกระทรวงกำหนดมาตรฐานในการบริหารและการจัดการด้านความปลอดภัย อาชีวอนามัยและสภาพแวดล้อมในการทำงานเกี่ยวกับความร้อน แสงสว่าง และเสียง พ.ศ. 2549

นันทนี แขวงโสภา. 2553. **คู่มือ Access 2007 ฉบับสมบูรณ์ (2009-2010).**กรุงเทพ : โปรวิชั่น.

ประกาศกรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงานเรื่อง หลักเกณฑ์และวิธีการจัดทำโครงการอนุรักษ์การได้ยินในสถานประกอบกิจการ พ.ศ. 2553

ประกาศกรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงานเรื่อง หลักเกณฑ์วิธีดำเนินการตรวจวัดและวิเคราะห์สภาวะการทำงานเกี่ยวกับระดับความร้อนแสงสว่าง หรือเสียงภายในสถานประกอบกิจการ ระยะเวลา และประเภทกิจการที่ต้องดำเนินการ พ.ศ. 2550.

พรพิมล วังศรี. 2547. "ฐานข้อมูลการจัดการสารเคมีอันตรายในกลุ่มอุตสาหกรรมผลิตอุปกรณ์และเครื่องใช้ไฟฟ้าสำหรับเจ้าหน้าที่ความปลอดภัยในการทำงาน" วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาเอกสุขศาสตร์อุตสาหกรรมและความปลอดภัย บัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยมหิดล

ราชสุดา จงเลิศจรรยา. 2545. "ระบบสารสนเทศสำหรับโครงการอนุรักษ์การได้ยินของสถานประกอบการภาคอุตสาหกรรม กรณีศึกษา โครงการอนุรักษ์การได้ยินของการไฟฟ้า" วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาเอกการจัดการสารสนเทศสิ่งแวดล้อมและทรัพยากร บัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยมหิดล

สำนักความปลอดภัยแรงงาน. "การศึกษาระบบการบริหารจัดการโครงการอนุรักษ์การได้ยินในสถานประกอบการ" , Retrieved February 27, 2011,from http://oshthai.org/index.php?option=com_linkcontent&Itemid=69&sectionid=34&pid=67.322&task=detail&detail_id=637&lang=th

สุชาติ จันทร์วิเมลือง. 2547. "โปรแกรมฐานข้อมูลสำหรับการสอบสวนอุบัติเหตุและเหตุการณ์ผิดปกติและระบบการวิเคราะห์มาตรการแก้ไข/ป้องกัน" วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาเอกสุขศาสตร์อุตสาหกรรมและความปลอดภัย บัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยมหิดล

เอกสารประกอบการบรรยายชุดการเรียนรู้ความปลอดภัยและอาชีวอนามัย เรื่อง การสูญเสียการได้ยิน : กว่าจะรู้ก็สายไปแล้ว

เอกสารอัดสำเนา. Hearing loss prevention program chapter 5: 57-58

Franks, John R.; Davis, Rickie R.; Kreig, Edward F. Jr.1989, Analysis of a hearing conservation program database: Factor other than workplace noise. Retrieved November 6, 2010, from: http://journals.lww.com/earhearing/Abstract/1989/10000/Analysis_of_a_Hearing_Conservation_Program_Data.1.aspx

George Cook, Au.D.2011, CCC-A. Managing occupational hearing conservation data. Retrieved November 6, 2010,from: http://www.workplaceintegra.com/hearing-articles/Mgng-HCP.html

Ilmari V. Pyykkö[1], Esko M. Toppila, Jukka P. Starck, Martti Juhola and Yrjö Auramo , 2000. Database for a hearing conservation program. 2000, Vol. 29, No. 1 , Pages 52-58 . Retrieved February 6, 2011, from: http://informahealthcare.com/doi/abs/10.1080/010503900424606

โปรแกรมแสดงข้อมูลภาพเอกซเรย์บนระบบโทรศัพท์มือถือ

IMAGING X-RAY DATA PROGRAM ON A MOBILE PHONE

ธนวัฒน์ นาคแจ้ง

คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

fiatmonfloy@hotmail.com

ศิรปัฐช์ บุญครอง

ตำแหน่งผู้ช่วยศาสตราจารย์ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

sirapatb@kmutnb.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบสารสนเทศ ใช้แสดงผลภาพเอ็กซเรย์ผ่านโทรศัพท์มือถือ เพื่อช่วยอำนวยความสะดวกในการปรึกษาและวินิจฉัยโรค โดยใช้ภาษา Java และภาษา Visual Basic และใช้ MS SQL SERVER ในการจัดการฐานข้อมูล ผ่านมาตรฐานไดคอมและบีบอัดไฟล์ตามทฤษฎี เจเพคส์ 2000 ทำให้ผู้ใช้สามารถดูผลภาพเอ็กซเรย์ สามารถบันทึกข้อมูลผลการวินิจฉัยจากรังสีแพทย์ อย่างไรก็ตาม โปรแกรมสามารถแสดงรายละเอียดของภาพได้ในระดับใกล้เคียง แต่ยังไม่เท่ากับผลภาพเอ็กซเรย์ที่แสดงผ่านเครื่องดูผลภาพเอ็กซเรย์โดยตรง และผลภาพเอ็กซเรย์มีการจัดเก็บตามมาตรฐาน DICOM (Digital Imaging and Communication in Medicine) เท่านั้น จากการทดสอบความพึงพอใจของ รังสีแพทย์ และนักเทคนิครังสี จำนวน 7 ท่าน พบว่าความพึงพอใจในการใช้งานโปรแกรมมีค่าเฉลี่ยโดยรวมเท่ากับ 4.51 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.49 พบว่าโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นมีความพึงพอใจในการใช้งานโดยรวมอยู่ใน ระดับดี

คำสำคัญ : ภาพเอ็กซเรย์ รังสีแพทย์ ไดคอม เจเพคส์ โทรศัพท์มือถือ

ABSTRACT

This particular problem's objective is to create imaging x-ray data program on a mobile phone system by using management information system and being connected up to the telephone network system which works in the format of application software to support the system efficiently, including reduce some errors in its work processing. This new creation using Java language and visual basic language and set MS SQL SERVER in database management system.

The system testing was tested by using satisfaction questionnaire from 7 experts by the statistics used in analysis the result of satisfaction questionnaire of system is “Mean and Standard deviation” The result of satisfaction questionnaire from experts and general users found that mean is equal to 4.51 and standard deviation is equal to 0.49 which can concluded that the development of imaging x-ray data program on a mobile phone found contentment in good level and can apply to work.

KEYWORD : X-ray, DICOM, PACS, Mobile Phone

1. บทนำ

วิทยาการทางการแพทย์มีการพัฒนาและมีความก้าวหน้าอย่างต่อเนื่องในหลากหลายสาขาวิชา โดยมีการพัฒนาทั้งด้านการแพทย์ รวมถึงทางด้านอุปกรณ์การแพทย์ก็จำเป็นต้องมีการพัฒนาเทคโนโลยีที่ทันสมัย เพื่อเอื้อประโยชน์ให้แก่แพทย์และผู้ป่วยให้มากที่สุด และหนึ่งในนั้นก็มีสาขาวิชาทางด้านรังสีวิทยาที่ได้รับการพัฒนาให้ดียิ่งขึ้น ด้วยการนำเทคโนโลยีทางการแพทย์มาผสมผสานกับเทคโนโลยีทางคอมพิวเตอร์ ในด้านของการจัดเก็บและการสืบค้นข้อมูล ทำให้สามารถเพิ่มประสิทธิภาพและความสะดวกสบายในการจัดเก็บข้อมูลได้ดียิ่งขึ้น ปัจจุบันเทคโนโลยีทางด้านการสื่อสารมีการพัฒนาไปอย่างรวดเร็ว และเอื้อประโยชน์อย่างยิ่ง ทั้งทางด้านธุรกิจและการสื่อสาร ในด้านวิทยาการทางการแพทย์ก็ได้มีความพยายามที่จะนำเทคโนโลยีเหล่านี้เข้ามาใช้งาน แต่พบว่ายังไม่เพียงพอต่อความต้องการของแพทย์ ทำให้เกิดปัญหาทางด้านการวินิจฉัยโรคและการตัดสินใจในการวางแผนการตรวจรักษาผู้ป่วยอย่างทันท่วงที ซึ่งในปัจจุบันมีกระบวนการในการรอผลการเอ็กซเรย์โดยการนำเทคโนโลยีเข้ามาใช้เก็บผลภาพเอ็กซเรย์ไว้ในฐานข้อมูล เรียกว่า แพคส์ (PACS : Picture Archiving and Communication System) และการถ่ายภาพผ่านมาตรฐานไดคอม (DICOM) แต่อย่างไรก็ตาม ผลภาพเอ็กซเรย์ยังจำเป็นต้องดูผ่านเครื่องดูฟิล์มที่มีขนาดใหญ่ ด้วยเหตุนี้ ผู้วิจัยจึงเห็นถึงความสำคัญในการพัฒนาโปรแกรมแสดงผลภาพเอ็กซเรย์ทางการแพทย์ผ่านระบบโทรศัพท์มือถือ โดยมุ่งเน้นไปที่การดูภาพเอ็กซเรย์เพื่อช่วยอำนวยความสะดวกให้กับแพทย์ เพื่อใช้ในการวินิจฉัยภาพ และใช้ในการรักษาผู้ป่วยเร่งด่วน ซึ่งเทคโนโลยีนี้ได้พัฒนาขึ้น โดยใช้ภาษาแอนดรอยด์ (Android) และวิชวลเบสิค (Visual Basic) ในการเขียนโปรแกรม และใช้เอ็มเอส เอสคิวแอล เซิฟเวอร์ (MS SQL SERVER) เป็นฐานข้อมูลที่เก็บผลภาพเอ็กซเรย์ และนำเสนอผ่านโทรศัพท์มือถือ ซึ่งจะนำเสนอในรายละเอียดในส่วนถัดไป

2. กรอบแนวคิดและทฤษฎี

การศึกษาผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้าแนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้งานกับการพัฒนาระบบ โดยแบ่งรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.1 การบีบอัดไฟล์ภาพ H./264AVC [4] เป็นมาตรฐานการเข้ารหัสซึ่งมีความสามารถในการสนับสนุนการเข้ารหัสวิดีโอ เป็นเทคโนโลยีที่เปิดใช้งานสำหรับกล้องดิจิตอลระบบโทรทัศน์ทั่วโลก มันจะใช้กันอย่างแพร่หลายสำหรับการส่งจากความคมชัดมาตรฐาน(SD) และความละเอียดสูง (HD) สัญญาณโทรทัศน์ผ่านดาวเทียม สายเคเบิล และการเก็บรักษาที่มีคุณภาพสูง SD

2.2 ไดคอม (DICOM : Digital Imaging and Communication in Medicine) [1] เป็นมาตรฐานซึ่งถูกกำหนดขึ้นเพื่อใช้ในการการสื่อสารข้อมูล และแสดงภาพถ่ายทางด้านการแพทย์ เช่น เอ็กซเรย์คอมพิวเตอร์ (CT Scan) และ คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (MRI) เป็นต้น การจัดการฐานข้อมูลแบบกระจายกับการประมวลผลแบบกระจายนั้นมีความแตกต่างกัน ซึ่งถือเป็นสิ่งสำคัญยิ่งสำหรับการทำความเข้าใจในความแตกต่างของความหมายทั้งสอง การประมวลผลแบบกระจายนั้นคือฐานข้อมูลแบบรวมศูนย์ (centralized database) ที่สามารถเข้าถึงได้ ผ่านระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ โดยสามารถเข้าถึงฐานข้อมูลที่เป็นศูนย์กลางได้ บนระบบเครือข่าย รูปแบบในการทำงานตาม หลักของมาตรฐานไดคอมแบบการกระจายข้อมูล (Distributed Processing) เป็นไปดังภาพประกอบที่ 1

ภาพประกอบ 1 การกระจายข้อมูล (Distributed Processing)

โดยอาศัยหลักการการทำงานของเครือข่ายไดคอม โดยแอพพลิเคชั่นโดเมนของไดคอม ซึ่งเมื่อใช้เครือข่าย ในการแลกเปลี่ยนข้อมูล โดเมนแลกเปลี่ยนจะมีฟังก์ชันที่นำมาใช้ในการตอบสนองการสื่อสาร เป็นการแสดงการเชื่อมต่อระบบเข้ากับเน็ตเวอร์ค (Network) ของโรงพยาบาล ซึ่งประกอบด้วย DICOM Server 1 เครื่อง DICOM Viewer 2 เครื่องประจำอยู่ที่ห้องแพทย์ DICOM Worklist Provider 1 เครื่องประจำอยู่ที่หน้าห้อง MRI หรือ CT Scan ซึ่ง DICOM Worklist Provider ติดต่อกับเครื่องสแกนภาพทางการแพทย์ผ่าน IP Address เช่นเดียวกับโปรแกรมอิเล็กทรอนิกส์ฟิล์ม (E-Film) ระบบสารสนเทศของโรงพยาบาล (HIS) จะติดต่อกับ DICOM Worklist Provider และ DICOM Viewer ผ่าน Web base ดังภาพประกอบที่ 2

ภาพประกอบ 2 ไดคอมกับการแลกเปลี่ยนข้อมูลในเครือข่าย

2.3 แพคส์ (PACS : Picture Archiving and Communication System) [3],[6] ใช้ในการจัดการการรับส่งข้อมูลภาพผ่านทางระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ โดยการส่งภาพข้อมูลตามมาตรฐานไดคอมโดยตรงจากภาพถ่ายทางรังสี จะช่วยให้แพทย์ได้รับภาพถ่ายทางรังสี และผลวิเคราะห์จากรังสีอย่างรวดเร็ว ทำให้แพทย์สามารถวินิจฉัยโรค และให้การรักษาผู้ป่วยได้รวดเร็วยิ่งขึ้น โดยเฉพาะผู้ป่วยหนัก ซึ่งในการเชื่อมต่อระหว่างแพคส์ กับระบบงาน ที่ทางผู้วิจัยได้จัดทำเพิ่มเติมจะอยู่ในส่วนของ Application On Mobile ซึ่งมีลักษณะดังภาพที่ 3

ภาพประกอบ 3 โครงสร้างการเชื่อมต่อแพคส์ (PACS)

2.4 เจเพคส์ 2000 (JPEG 2000) [2] เป็นมาตรฐานการบีบอัดภาพนิ่งที่เป็นมาตรฐานซึ่งถูกออกแบบมาเพื่อบีบอัดภาพนิ่งรองรับการใช้งานในลักษณะเซิร์ฟเวอร์กับผู้ใช้บริการ การส่งแบบเวลาจริง และการค้นคืนภาพ ใช้หลักการเข้ารหัสแบบ EBCOT (Embedded Block Coding with Optimized Truncation) คือ การแบ่งซับแบนด์ออกเป็นบล็อกย่อยๆซึ่งจะเข้ารหัสแยกจากกัน โดยแต่ละบล็อกจะได้รหัสเลขฐานสองออกมา โดยไม่ใช้ข้อมูลของบล็อกอื่นๆ เราสามารถลดทอนรหัสเหล่านี้ให้เหลือเพียงความยาวที่ต้องการได้ ผลของการบีบอัดจึงจะได้ตาม Bit Rate ที่ต้องการ เพื่อให้ได้ภาพที่มีขนาดใกล้เคียงกับภาพต้นฉบับมากที่สุด

3. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

3.1 เพื่อพัฒนาโปรแกรมแสดงข้อมูลภาพเอ็กซ์เรย์บนระบบโทรศัพท์มือถือ

3.2 เพื่อประเมินความพึงพอใจในการใช้งานโปรแกรมแสดงข้อมูลภาพเอ็กซ์เรย์บนระบบโทรศัพท์มือถือ

4. วิธีการดำเนินการวิจัย

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษา และรวบรวมข้อมูลการตรวจภาพทางรังสีวิทยา ซึ่งพบว่าแพทย์ไม่สามารถ ทำการเชื่อมต่อเข้าสู่ระบบ (Connection) กับเซิร์ฟเวอร์ (Server) ของโรงพยาบาลเพื่อดูภาพเอ็กซ์เรย์ได้โดยตรงซึ่งเกิดการกฎข้อบังคับ และเรื่องของสิทธิผู้ป่วยซึ่งทำให้เกิดปัญหาต่างๆ และการส่งภาพไปยังภายนอกของโรงพยาบาลเพื่อให้ผู้เชี่ยวชาญอ่านผลนั้นจึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่เกิดขึ้น แต่ผลที่ได้คือภาพที่ส่งไปมีขนาดใหญ่ ตั้งใช้ระยะเวลาในการ Download ซึ่งถ้าการเชื่อมต่อเกิดขัดข้องต้องทำการ Download ใหม่ ซึ่งทำให้เสียเวลาในการรักษา ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้นำปัญหาที่เกิด มาทำการการวิเคราะห์ และได้ทำการเก็บข้อมูลในส่วนของ User Requirement ซึ่งเป็น

เงื่อนไขการใช้งานของระบบ ซึ่งเงื่อนไขดังกล่าว กำหนดสิทธิ์การใช้ระบบ การพิมพ์ผลการวินิจฉัย เป็นต้น เพื่อให้ผู้ใช้สามารถใช้งานได้สะดวก จึงได้ทำการพัฒนาระบบโดยใช้งานผ่านอุปกรณ์ Tablet เชื่อมต่อผ่านทางระบบอินเตอร์เน็ต ซึ่งมีแผนผังขั้นตอนในการใช้งานระบบ ดังภาพประกอบที่ 4

ภาพประกอบ 4 แผนผังขั้นตอนในการใช้งานระบบ

เมื่อผู้ใช้เริ่มต้นใช้งานระบบ โดยทำการเชื่อต่อเข้ากับระบบโรงพยาบาลแล้ว ผู้ใช้งานดำเนินการค้นหาไฟล์ภาพเอ็กซ์เรย์ที่ต้องการ โดยใช้วิธีการค้นหาแบบดัชนีเรียงลำดับ (Indexed Sequential Search) เป็นวิธีการค้นหาที่ใช้ข้อมูลที่เรียงลำดับให้มีดัชนีเพื่อทำการค้นหาการ เรียงลำดับกับช่วงระยะหนึ่ง ซึ่งข้อมูลที่ใช้ในการค้นหานั้นทำโดยการป้อนรหัสผู้ป่วย (HN) ซึ่งเป็นการป้อนข้อมูลตัวเลข แล้วทำการค้นหาข้อมูลที่เหมือนกัน ซึ่งระบบจะทำการอ่านข้อมูลจากฐานข้อมูล ดังภาพประกอบที่ 5

ภาพประกอบ 5 วิธีการค้นหาแบบดัชนีเรียงลำดับ

เมื่อค้นหาไฟล์ภาพเอ็กซ์เรย์ที่ต้องการพบระบบจะทำการแสดงภาพที่ทำการค้นหาลงบนอุปกรณ์ Tablet ซึ่งภาพเอ็กซ์เรย์ที่ทำการค้นหาเป็นไฟล์ภาพ JPEG 2000 ซึ่งมีขนาดไฟล์แต่ละภาพไม่เกิน 2 MB ถ้าไฟล์ภาพเป็นไฟล์ DICOM จะมีขนาดไฟล์ที่ใหญ่กว่าหลายเท่า ผู้วิจัยจึงได้นำไฟล์ภาพ JPEG ซึ่งมีขนาดเล็กกว่ามาแสดงผล เนื่องจากผู้ป่วยบางคนมีไฟล์ภาพหลายภาพซึ่งจำทำให้มีระยะเวลาในการดาวโหลดน้อยกว่า การแสดงภาพ DICOM ซึ่งมีระยะเวลาในการดาวโหลดที่มากกว่า

ผู้วิจัยจึงได้อาศัยหลักการ H.264 คือมาตรฐานการบีบอัดข้อมูลของสัญญาณภาพและเสียง ซึ่งขนาดของภาพจะละเอียดขึ้น แต่ขนาดไฟล์จะเล็กลง โดยการเรียกภาพเอ็กซ์เรย์ที่ต้องการผ่านทางช่องสัญญาณที่เรียกว่า element stream ซึ่งในแต่ละช่องสัญญาณประกอบด้วยวิธีการเข้ารหัสสัญญาณภาพ แบบ Full High Definition และข้อมูลด้านคุณภาพของการให้บริการ โดยใช้ในการสื่อสารระหว่างเซิร์ฟเวอร์ และอุปกรณ์รับสัญญาณปลายทางซึ่งมีระบบการควบคุมการจัดส่งข้อมูลจะรวมสัญญาณทำให้การส่งข้อมูลด้วย H.264 สามารถส่งผ่านได้ทั้งการแพร่ภาพ การสื่อสารแบบไร้สาย และการสื่อสารบนอินเตอร์เน็ตไปยังระบบโทรศัพท์แบบหลากหลาย ซึ่งการนำ H.264 มาใช้งานทำให้แบนวิด (Bandwidth) น้อยลง และใช้ระยะเวลาในการดาวโหลด (Download) น้อยลง โดยอาศัยหลักการของ ASP.NET ซึ่งจะทำการค้นหาภาพที่ต้องการ และระบบจะทำการแสดงภาพที่ต้องการออกมา โดยอาศัย ASP.NET เป็นส่วนการแสดงผล ถึงเราสามารถแสดงภาพได้หลายภาพ ดังภาพประกอบที่ 6

ภาพประกอบ 6 หลักการในการค้นหาภาพเอ็กซ์เรย์

ในกรณีที่ไม่พบข้อมูลภาพเอ็กซ์เรย์ ระบบจะแสดงข้อความว่าไม่มีภาพเอ็กซ์เรย์ที่ต้องการค้นหา และให้ทำการค้นหาภาพใหม่ เมื่อผู้ใช้ค้นหาภาพเอ็กซ์เรย์ที่ต้องการได้แล้ว แพทย์ทำการวินิจฉัยโรค เมื่อทำการวินิจฉัยโรคเรียบร้อยแล้ว ทำการบันทึกซึ่งระบบจะแสดงการยืนยันผลวินิจฉัย ถ้าไม่ยืนยันผลวินิจฉัยแพทย์สามารถแก้ไขผลการวินิจฉัยได้ ซึ่งเมื่อแพทย์ทำการบันทึกผลการวินิจฉัยข้อมูลจะถูกส่งมาที่ฐานข้อมูลโรงพยาบาล รวมทั้งได้ทำแบบสอบถามประเมินความพึงพอใจในการใช้งาน โดยให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 7 ท่าน คือ รังสีแพทย์ 3 ท่าน นักเทคนิครังสี 4 ท่าน ในขั้นตอนการพัฒนาระบบใช้ภาษาแอนดรอยด์ (Android) [8],[9] และวิชวลเบสิค (Visual Basic) ในการเขียนโปรแกรม และใช้ เอ็มเอส เอสคิวแอล เซิฟเวอร์ (MS SQL SERVER) เป็นฐานข้อมูลที่เก็บผลภาพเอ็กซ์เรย์ ซึ่งภาพเอ็กซ์เรย์ที่นำมาทำการแสดงใช้ภาพประเภทส่วนกลางลำตัว ซึ่งมีลักษณะเป็นภาพนิ่ง และระบบเครือข่ายที่นำมาทดสอบคือ Wi-Fi และ 3G และทำการประเมินความพึงพอใจการใช้งานระบบ ซึ่งสถิติที่ใช้วิเคราะห์หาค่าสถิติ คือ ค่าเฉลี่ย ($\overline{x}$) เพื่อใช้แปลความหมายของการทดสอบและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ซึ่งได้สรุปผลการประเมินความพึงพอใจของระบบรวมทุกด้าน โดยใช้โปรแกรม SPSS ช่วยในการวิเคราะห์ และสรุปผลการประเมินความพึงพอใจ ดังตารางประกอบที่ 1

ตารางประกอบที่ 1 ด้านความสามารถระบบตรงตามความต้องการ

รายการประเมิน	ผลการประเมิน		
	$\overline{X}$	(S.D.)	ระดับความพึงพอใจ
1. ด้านความสามารถระบบตรงตามความต้องการ	4.47	0.56	ดี
2. ด้านความถูกต้องในการทำงาน	4.70	0.43	ดีมาก
3. ด้านการออกแบบหน้าจอ	4.43	0.50	ดี
4. ด้านการใช้งานระบบ	4.28	0.49	ดี
5. ด้านความปลอดภัยของระบบ	4.67	0.48	ดีมาก
สรุปผลการประเมิน	4.51	0.49	ดี

5. สรุปผลการวิจัย

หลังจากที่ผู้วิจัยทำการเลือกภาพเอ็กซ์เรย์ที่ต้องการแล้ว ให้ทำการ Export ภาพเป็นไฟล์ Jpeg และนำภาพเอ็กซ์เรย์ที่ได้เข้าสู่ระบบ ซึ่งการนำภาพเข้าสู่ระบบนี้พนักงานที่เกี่ยวข้องจะทำการกรอกข้อมูลที่จำเป็น เช่น รหัสผู้ป่วย (HN) ชื่อ นามสกุล หรือ อายุ เพื่อให้แพทย์ ทราบ เมื่อตรวจข้อมูลเสร็จสิ้นก็ทำการบันทึกข้อมูล แล้วทำการติดต่อแพทย์ ให้แพทย์ทำการเชื่อมต่อเข้าสู่ระบบ ดังภาพภาพประกอบที่ 7 เมื่อทำการเชื่อมต่อเสร็จสิ้น แพทย์ทำการค้นหาข้อมูลผู้ป่วย และระบบจะแสดงผลภาพที่ทำการค้นหา เมื่อได้ภาพที่ต้องการ แพทย์ทำการบันทึกผล

ภาพประกอบ 7 หน้าจอแสดงผลเอ็กซ์เรย์

6. อภิปรายผล

หลังที่ได้นำโปรแกรมแสดงข้อมูลภาพเอ็กซ์เรย์บนระบบโทรศัพท์มือถือ ไปติดตั้ง และทดสอบการใช้งาน โดยให้ รังสีแพทย์ และนักเทคนิครังสี จำนวน 7 ท่าน ทำการประเมินความพึงพอใจโดยแบ่งออกเป็น 5 ด้าน ได้ผลสรุปดังนี้

1 ด้านความสามารถระบบตรงตามความต้องการ ระบบสามารถใช้งานตามสิทธิ์การใช้งาน และแสดงค้นหาข้อมูลภาพได้รวดเร็ว ผลการประเมินของรังสีแพทย์ และนักเทคนิครังสี ยอมรับในระดับดี

2. ด้านความถูกต้องในการทำงาน ระบบสามารถจัดการด้านการสืบค้นได้ถูกต้อง และสามารถเชื่อมโยงข้อมูลภายได้อย่างถูกต้อง ผลการประเมินของรังสีแพทย์ และนักเทคนิครังสี ระดับยอมรับในดีมาก

3. ด้านการออกแบบหน้าจอ ทำการออกแบบ การจัดรูปแบบตัวอักษร สี และข้อความที่แสดง มีความเหมาะสมกับการใช้งาน ผลการประเมินของรังสีแพทย์ และนักเทคนิครังสี ยอมรับในระดับดี

4. ด้านการใช้งานของระบบ ระบบมีความเร็วในการเข้าถึงข้อมูลในรูปแบบของ 3G และ Wi-Fi ได้อย่างรวดเร็ว ผลการประเมินของรังสีแพทย์ และนักเทคนิครังสี ยอมรับในระดับดี

5. ด้านการความปลอดภัย ระบบสามารถกำหนดสิทธ์ และมีการเตือนเมื่อเกิดข้อผิดพลาด และการทำงานแยกผู้ใช้งานออกจากผู้ดูแลระบบ ผลการประเมินของรังสีแพทย์ และนักเทคนิครังสี ยอมรับในระดับดี

เมื่อเปรียบเทียบกับการดูผลภาพรังสีแพทย์บนโทรศัพท์มือถือ แบบเดิมซึ่งทำการดูผ่านทางเว็บบราวเซอร์ เห็นได้ว่า รูปแบบการทำงานเข้าใจง่ายขึ้น และทันสมัย การเชื่อมต่อข้อมูลทำได้สะดวกและรวดเร็วกว่าผ่านเว็บบราวเซอร์ และการรักษาความปลอดภัยมีการนำไฟล์ที่ต้องอ่านแยกออกจากระบบโรงพยาบาล และทำการบันทึกข้อมูลการเข้าใช้งานระบบซึ่งมีความปลอดภัยกว่าการดูผ่านเว็บบราวเซอร์ที่มีการเชื่อมต่อเข้าระบบของโรงพยาบาลโดยตรง ซึ่งเห็นได้จากผลการประเมินความพึงพอใจในการใช้งานโปรแกรมมีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 4.51 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.49 ทำให้โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นมานั้นเป็นที่น่าพอใจในระดับดี

7. ข้อเสนอแนะ

โปรแกรมแสดงข้อมูลภาพเอ็กซ์เรย์บนระบบโทรศัพท์มือถือ ในครั้งนี้ผู้พัฒนาระบบมีข้อเสนอว่า สำหรับการพัฒนาระบบงานในครั้งต่อไป ควรพัฒนาเพิ่มเติมในส่วนของการแสดงผลโดยการพัฒนาให้สามารถรองรับไฟล์ DICOM และหากมีการพัฒนาควรพัฒนาให้สามารถสรุปรายงาน ให้แสดงผลรูปแบบกราฟ เพื่อให้ผู้บริหารสามารถเปรียบเทียบข้อมูลความเสี่ยง คือข้อมูลของผู้ป่วย โดยให้ผู้เชี่ยวชาญทำการวินิจฉัยผลภาพเอ็กซ์เรย์ที่ได้รับว่ามีความสัมพันธ์กับโรคที่เป็นอยู่หรือไม่ ซึ่งถ้าภาพที่ได้รับไม่มีความชัดเจนอาจทำให้ผู้ป่วยเสียชีวิตได้ ดังนั้นโปรแกรมแสดงข้อมูลภาพเอ็กซ์เรย์บนระบบโทรศัพท์มือถือ จึงจำเป็นในการพัฒนาระบบต่อไป

9. รายการอ้างอิง

Callen P. 1983. **Ultrasonography in obstetrics and gynecology.** Philadelphia : WBSaunders.

DICOM Standard Committee. 1993. **NEMA Standards Publication : Digital Imaging and Communication in Medicine.** Chicago: DICOM standard committee.

Karen L. Gray. 2011. **The JPEG2000 Standard.** Allows for both lossless and lossy compression. October 2001.

Kennedy Davis. 1993. Electronic Communication Systems. Boston : McGraw – Hill School Publishing.

Hash Algorithm. Proceedings of the 38th Hawaii International Conference on System Sciences. Kremkau FW. 1989. Diagnostic ultrasound : principles instruments and exercises. Philadelphia : WB Saunders Inc.

Reto Meier. 2010. **Professional AndroidTM2 Application Development.** Indianapolis : Wiley Publishing, Inc.

Xiaohui Li. 2004. “Conformance Statement for PacsOne Server.” Retrieved July 27, 2012, from http://www.pacsone.net/conformance.htm

การประมาณการใช้กระดาษภายในแผนกฝ่ายการผู้โดยสาร ด้วยวิธีโครงข่ายประสาทเทียม

ESTIMATE PAPER USAGE WITHIN AIRLINES PASSENGER SERVICE DEPARTMENT BY USING ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS

สุภโชค เรืองศรี

ภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์และสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

E-mail : supachokruangsri@gmail.com

รศ.ธวัชชัย งามสันติวงศ์

ภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์และสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

E-mail : tvc@kmutnb.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ที่จะสร้างแบบจำลองในการประมาณค่าการใช้กระดาษภายในฝ่ายการผู้โดยสาร โดยใช้ข้อมูลหน่วยงานขององค์กรสายการบิน มีจำนวนตัวแปร 42 ตัวแปร ขนาดข้อมูล 256 เรคคอร์ด โดยมีตัวแปรที่ใช้ในงานอาทิ เช่น จำนวนวันที่ทำการ, รายละเอียดผู้โดยสารทั้งหมด, จำนวนวันที่เกิดความผิดปรกติ, ข้อมูลขาเข้า-ขาออกที่สำคัญ,ขนาดระบบของการฝึกอบรม เป็นต้น ใช้โครงข่ายประสาทเทียมแบบหลายชั้น (Multi-Layer Perceptron) ขนาด 3-5 ชั้น ซึ่งแต่ละชั้นมี 5 โมเดลโดยใช้วิธีการแบบแพร่กระจายกลับ (Backpropagation Learning) ในการเรียนรู้ข้อมูล แล้วเปรียบเทียบค่าผิดพลาดกำลังสองเฉลี่ย (Mean square error: MSE) ที่น้อยที่สุดของแต่ละโมเดล หลังจากนั้นทำการทดลองเปรียบเทียบค่าเป้าหมายและค่าที่โครงข่ายประสาทเทียมได้ทำการประมาณค่ามาว่า ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์(Mean Absolute Percentage Error: MAPE)ของโมเดลที่ค่า MSE น้อยที่สุดในแต่ละชั้น โครงข่ายประสาทเทียมขนาด 3 ชั้น ฟังก์ชันกระตุ้นแบบ Logsig-Tansig และชั้นผลลัพธ์แบบ Purelin ขนาด 15-7-1 ให้ค่า MSE ที่ 1.66E-05 มีค่า R เท่ากับ 0.9181และค่า MAPE น้อยที่สุดคือ 4.7 % เป็นโมเดลที่เหมาะแก่การนำไปพัฒนาต่อ เพราะขนาดโครงสร้างเล็กทั้งขนาดของชั้นรวมถึงจำนวนโหนดในแต่ละชั้นและให้ค่า MSE และ MAPE น้อยกว่าทุกตัวแบบที่ทำการทดลอง

คำสำคัญ : โครงข่ายประสาทเทียม การแพร่กระจายย้อนกลับ

ABSTRACT

This research aims to build a model for paper usage estimation within airlines passenger service department which consist of 42 attributes and 256 data records. The attributes include number of operation day, all passenger details, number of irregular day, important arrival-departure information, and training scale etc. The data sets will be learn by the multi-layer perceptron 3-5 layers, each layer has 5 models with backpropagation learning and compare each model to find the least value of Mean Square Error (MSE). The model which has the least value of MSE of each layer will be brought to test to find the least MAPE by comparing the target value with the estimated value from neural network. The 3-layer neural networks, the Logsig-Tansig active function, and Purelin output layer 15-7-1 provide the lowest value 4.7% of MAPE, 1.66E-05 of MSE value and 0.9181 of R value. This model is suitable for further development due to either small network structure or number of node of each layer, and provide less value of both MSE and MAPE than overall model.

KEYWORDS: Neuron Networks, Backpropagation

1. บทนำ

กระดาษเป็นทรัพยากรที่ต้องใช้ในทุกหน่วยงานและองค์กร แม้ปัจจุบันมีการสร้างซอฟต์แวร์ขึ้นมาทดแทนและลดการใช้กระดาษแต่เป็นเพียงแค่ลดการใช้งานไปได้บางส่วนเท่านั้น ยังคงมีความต้องการในการใช้สูงเช่นเดิม เช่นเดียวกับ การใช้กระดาษภายในฝ่ายการผู้โดยสารของสายการบิน มักสั่งซื้อกระดาษมาในจำนวนมากเพื่อสำรองไว้ ในแต่ละช่วงปริมาณการใช้และความต้องการใช้กระดาษไม่สม่ำเสมอเพราะบางเดือนมีการฝึกอบรมระบบภายในและจำนวนผู้เข้าอบรมก็ไม่เสมอกันทุกครั้งหากเป็นระบบใหญ่ปริมาณกระดาษก็จะเพิ่มขึ้นสูง ทำให้ยากต่อการคาดการณ์จึงต้องสั่งกระดาษมาสำรองจำนวนมาก เพื่อป้องกันการคลาดแคลนและทำการสั่งกระดาษสำรองไว้เช่นนี้ทุกๆเดือน ก่อเกิดการสิ้นเปลืองงบประมาณในการจัดซื้อและหากปริมาณสำรองจำนวนมากและปริมาณการใช้น้อยก่อให้เกิดปัญหาของคุณภาพกระดาษที่ลดลง เช่น กระดาษเปลี่ยนสี เปลืองพื้นที่ในการจัดเก็บและรักษา จากปัจจุบันการที่มีปัญหาภาวะโลกร้อนทำให้หน่วยงานและองค์กรรณรงค์ในการลดภาวะโลกร้อน โดยช่วยลดการใช้พลังงานและลดการใช้ทรัพยากรธรรมชาติ เป็นต้น ผู้วิจัยได้ศึกษาและค้นคว้างานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่ามีนักวิจัย นักพัฒนาท่านอื่นๆได้นำเทคนิคนี้ใช้ในงานด้านการประมาณค่าและการพยากรณ์รวมถึงการจำแนกประเภท ในด้านต่างๆอาทิ เช่น พยากรณ์ราคาทองคำ การคาดการณ์ภาษี พยากรณ์ราคาน้ำมันเป็นต้น ทำให้ผู้วิจัยพัฒนาตัวแบบโครงข่ายประสาทเทียมขึ้นมาประยุกต์ใช้งานนี้ เพื่อประมาณค่าการใช้กระดาษให้สามารถทราบได้ว่าควรสั่งซื้อกระดาษมาสำรองไว้เพียงไร ทำให้ลดการใช้งบประมาณภายในองค์กรและลดการใช้ทรัพยากรธรรมชาติโดยมีตัวแปรที่ใช้ในงานวิจัยนี้ มีทั้งสิ้น 41 ตัวแปร และ 1 ตัวแปรผลลัพธ์ได้แก่ จำนวนเที่ยวบินที่ทำการบินในเดือนนั้น, จำนวนวันที่มีการทำการ, จำนวนวันที่มีเครื่องบินทำงานล้าช้า, รายละเอียดผู้โดยสารทั้งหมดก่อน-หลัง เช็คอิน, จำนวนพนักงานที่เข้ารับการฝึกอบรมระบบ ในงานวิจัยนี้ใช้โครงข่ายประสาทเทียมเพื่อทำการเรียนรู้ข้อมูลเพื่อหาแบบจำลองที่เหมาะสม

2. งานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 โครงข่ายประสาทเทียม

โครงข่ายประสาทเทียม(Neuron Networks) (พยุง มีสัจ, 2553) เป็นการจำลองการทำงานของสมองมนุษย์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ที่ทำให้คอมพิวเตอร์มีความฉลาดและสามารถเรียนรู้ สามารถฝึกฝนได้ เพื่อนำไปแก้ปัญหาต่างๆได้โดย สถาปัตยกรรมของโครงข่ายประสาทเทียม นั้นก็แบ่งออกเป็นแบบโครงข่ายชั้นเดียว (Perceptron) และแบบโครงข่ายหลายชั้น (Multi-Layer Perceptron)

ภาพประกอบ 1 โครงข่ายประสาทเทียมแบบหลายชั้น

จากภาพที่ 1 แสดงโครงสร้างของโครงข่ายประสาทเทียมแบบหลายชั้น ส่วนการเรียนรู้ของโครงข่ายประสาทเทียมเป็นวิธีการเป็นวิธีการกำหนดค่าน้ำหนัก(Weight : W) ให้กับการเชื่อมโยง แบ่งออกเป็นแบบที่มีผู้สอน(Supervised Learning) ซึ่งจะให้ข้อมูลนำเข้าและผลลัพธ์เป้าหมายกับเครือข่ายเพื่อปรับค่าน้ำหนักให้เกิดค่าคลาดเคลื่อนระหว่างผลลัพธ์จากเครือข่ายกับค่าผลลัพธ์เป้าหมายน้อยที่สุด ซึ่งจะให้ข้อมูลนำเข้ากับเครือข่ายเพื่อปรับค่าน้ำหนักโดยการจัดกลุ่มข้อมูลนำเข้าที่เหลือไว้ในกลุ่มเดียวกัน โดยของโครงข่ายประสาทเทียมหลายชั้นมีสมการดังนี้

$$n^{(1)} = W^{(1)} * x^{(1)} + b^{(1)}$$
$$a^{(1)} = f^{(1)}(n^{(1)})$$
$$n^{(2)} = W^{(2)} * a^{(1)} + b^{(2)}$$
$$a^{(2)} = f^{(2)}(n^{(2)})$$

เมื่อเรียนรู้ผ่านฟังก์ชันการเรียนรู้จนได้เป็นผลลัพธ์ออกมา จากนั้นนำค่าผลลัพธ์ที่ได้เปรียบเทียบกับผลลัพธ์ที่ต้องการเพื่อหาค่าความคลาดเคลื่อนค่าเฉลี่ยกำลังสองของความผิดพลาด(MSE) และทำการป้อนค่าความคลาดเคลื่อนนั้นกลับเข้าสู่โครงข่ายเพื่อปรับปรุงน้ำหนักในรอบถัดไป โดยทำการเรียนรู้เช่นนี้ไปเรื่อย ๆ จนได้ข้อผิดพลาดที่น้อยที่สุดหรือค่าผิดพลาดนั้นอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ตามที่กำหนดไว้

$$MSE = \frac{1}{N}\sum_{R=1}^{N} e_R^2 = \frac{1}{N}\sum_{R=1}^{N} (t_R - a_R)^2$$

วิธีการเรียนรู้แบบแพร่กระจายกลับ(Back Propagation Learning)(Fredic M.Ham and Ivica Kostanic,2544) คือการเรียนรู้ที่มีกระบวนการปรับค่าน้ำหนัก เพื่อลดค่าความคลาดเคลื่อนให้มีค่าเป็นศูนย์หรือเข้าใกล้ศูนย์นั่น คือ ผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณและผลลัพธ์ที่แท้จริงใกล้เคียงกันหรือเท่ากัน โดยในขั้นแรกจะทำการปรับค่าน้ำหนักและค่าความลาดเอียงความรู้(bias : b)ในชั้นผลลัพธ์จะใช้สมการใช้ชุดแรกเมื่อผ่านชั้นนี้แล้ว

$$g^L = -2F(n^{(L)})(t-a)$$

$$W_{m+1}^l = W_m^l - \eta g^l (a^{(l-1)})$$

$$b_{m+1}^l = b_m^l - \eta g^l$$

จึงใช้สมการในชุดด้านล่างนี้จนถึงชั้นอินพุต

$$g^{(L-1)} = F^{(L-1)}(n^{(L-1)})(W^{(L)})g^{(L)}$$

$$W_{m+1}^{(l-1)} = W_m^{(l-1)} - \eta g^{(l-1)}(X)$$

$$b_{m+1}^{(l-1)} = b_m^{(l-1)} - \eta g^{(l-1)}$$

โดยค่า η เป็นค่า Learning Rate ที่ใช้ในการปรับองค์ความรู้ โดยเป็นค่าคงที่ ตามที่กำหนดและ g เป็นค่าลาดชั้นของค่าผิดพลาด โดยค่า F สามารถหาค่าได้ดังนี้ Logsig -> F =(1-a)(a) ,Tansig -> F = 1- a^2 , Purelin-> F = 1

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เพ็ญนภา สุนทรดิลกกุล และ ณัฐวี อุตกฤษณ์ (เพ็ญนภา สุนทรดิลกกุลและณัฐวี อุตกฤษณ์, 2554)ทำการพัฒนาระบบการพยากรณ์ราคาผลปาล์มน้ำมันทั้งทะลายโดยใช้วิธีโครงข่ายประสาทเทียม เป็นโครงข่ายประสาทเทียมแบบหลายชั้น มี 7 ตัวแปรที่ใช้ในการพยากรณ์ คือ เนื้อที่ให้ผลผลิตในประเทศไทย ปริมาณน้ำฝน ปริมาณการใช้ในประเทศ ราคาน้ำมันปาล์มดิบในประเทศ ราคาน้ำมันปาล์มดิบในตลาดโลก อัตราแลกเปลี่ยนระหว่างไทยและมาเลเซีย ซึ่งในชั้นคำนวณมีขนาด hidden node อยู่ 3 โหนดโดยลักษณะข้อมูลเป็นแบบไม่เชิงเส้น ซึ่งมีความคลาดเคลื่อนสะสมเท่ากับ 0.1676 ในการสรุปผลนั้นผู้วิจัยได้ฝึกแบบจำลองนั้นไม่มีแบบที่ถาวรตายตัว เนื่องจากข้อมูลมีการเปลี่ยนแปลงไปในแต่ละปี ดังนั้นควรมีการปรับปรุงให้สะท้อนถึงตัวแปรใหม่ๆและเพื่อเพิ่มความสามารถในการพยากรณ์ได้ดียิ่งขึ้น,สักการะ จู่ซู่และธนพล เจนสุทธิเวชกุล (สักการะ จู่ซู่และธนพล เจนสุทธิเวชกุล, 2553) เปรียบเทียบการพยากรณ์ปริมาณการยืมหนังสือห้องสมุดโรงเรียนนาบอน ด้วยการวิเคราะห์การถดถอยและโครงข่ายประสาทเทียม โดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม อนุกรมเวลาแบบหน้าต่างเลื่อน ซึ่งผลลัพธ์ในการวิจัยนั้น เมื่อเปรียบเทียบแล้วโครงข่ายประสาทเทียมให้ความแม่นยำในการพยากรณ์มากกว่าแบบถดถอย อยู่ 45.21%, เสาวลักษณ์ อร่ามพงศานุวัตและพยุง มีสัจ (เสาวลักษณ์ อร่ามพงศานุวัตและพยุง มีสัจ, 2553) ทำการพัฒนาแบบจำลองเพื่อพยากรณ์ปริมาณ Pm10 โดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม ใช้ข้อมูลที่เป็นอนุกรมเวลาและเทคนิคโครงข่ายประสาทเทียมหลายชั้นวิธีเรียนรู้แบบแพร่กระจายกลับ มี 12 อินพุต มีการเตรียมข้อมูลโดยทำการแปลงข้อมูล(normalization) ให้อยู่ในช่วง [-1,1] เพื่อให้ค่าไม่กระจายตัวมากเกินไป ผู้วิจัยได้ทดลอง

โครงสร้างของโครงข่ายประสาทแบบหลายชั้น 17 แบบที่แตกต่างกัน เพื่อหาโมเดลที่ให้ผลลัพธ์ที่คลาดเคลื่อนน้อยที่สุด โครงข่ายประสาทเทียม 3 ชั้นแบบ Tansig- Tansig-Purelin ขนาด 24-12-1 ให้ค่า MSE ที่ต่ำที่สุด ใช้ฟังก์ชันการฝึกแบบ Trainlm เพราะสามารถลู่เข้าหาเป้าหมายได้รวดเร็ว มีความเร็วในการประมวลผลสูงแต่มีข้อเสียคือเปลืองพื้นที่หน่วยความจำหลัก หากมีข้อมูลเข้าจำนวนมากจะทำให้หน่วยความจำไม่พอ, งานวิจัยการคาดการณ์ราคาหุ้น ของตลาดหลักทรัพย์ Tehran ในประเทศ อิหร่าน Reza Gharoie Ahangar, Mahamood Yahyazadehfar, Hassan Pournaghshband (Reza Gharoie Ahangar และคณะ,2553)งานวิจัยมีการเปรียบเทียบการคาดการณ์โดยใช้ linear regression เทียบกับโครงข่ายประสาทเทียม ซึ่งแบบจำลองแรกนั้นได้มีการนำตัวแปรอัตราการเติบโตของสินค้าอุตสาหกรรม อัตราเงินเฟ้อ อัตราหนี้สินรวมของผู้ถือหุ้น ระดับของบริษัท ส่วนแบ่งผลกำไรมาใช้ในการสร้างแบบจำลอง ส่วนโครงข่ายประสาทเทียมมีการใช้ตัวแปร ส่วนแบ่งผลกำไร ขนาดของหุ้น อัตราหนี้สินรวมของผู้ถือหุ้น ผลรวมรายได้จากการขาย อัตราเงินเฟ้อ ปริมาณเงินในระบบ อัตราการเติบโตของสินค้าอุตสาหกรรม มาใช้ในการสร้างแบบจำลอง ในการวิจัยนั้นได้สรุปว่าแบบจำลอง neural networks มีความแม่นยำในการคาดการณ์มากกว่าแบบจำลอง linear regression

ผลการวิเคราะห์วรรณกรรม มีการนำโครงข่ายประสาทเทียมไปใช้ในงานหลายด้าน อาทิ เช่น การพยากรณ์น้ำมัน, พยากรณ์การยืมหนังสือ, การจำแนกประเภทและจากงานวิจัยที่ได้วิเคราะห์นั้น ให้ผลสรุปดังนี้ 1.โครงข่ายประสาทเทียมมีความสามารถในการพยากรณ์ได้แม่นยำกว่าสมการเส้นตรงถดถอย เพราะสามารถปรับค่าเพื่อลดความผิดพลาดของผลลัพธ์ 2. เมื่อการพยากรณ์โดยสถิตพื้นฐานผิดพลาดสามารถใช้โครงข่ายประสาทเทียมมาประยุกต์เพื่อแก้ปัญหานั้น ในงานนี้ตัวแปรที่มีผลทำให้ผิดพลาดได้มี อาทิ เช่น ขนาดของระบบฝึกอบรม, พนักงานที่เข้ารับการอบรม โดยในงานวิจัยนี้ลักษณะโครงข่ายประสาทเทียมที่ผู้วิจัยได้ออกแบบได้อ้างอิงจากงานวิจัยของเสาวลักษณ์ อร่ามพงศานุวัตและพยุง มีสัจ เพราะมีลักษณะข้อมูลและผลลัพธ์ที่คล้ายกัน

3. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อพัฒนาตัวแบบในการประมาณการใช้กระดาษภายในแผนกฝ่ายการผู้โดยสาร ทำการทดลองในโครงข่ายประสาทแบบหลายชั้นโดยทดลองขนาดตั้งแต่ 3ชั้น ถึง 5ชั้น มีตัวแบบที่ใช้ในการทดลองชั้นละ 5 แบบ จากนั้นทำการประเมินเปรียบเทียบความคลาดเคลื่อนของแต่ละตัวแบบ

4. วิธีการดำเนินการวิจัย

การนำโครงข่ายประสาทเทียมแบบหลายชั้นมาใช้ในการประมาณการใช้กระดาษภายในแผนกฝ่ายการผู้โดยสาร มีรูปแบบการดำเนินงานดังนี้

4.1 ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

4.2 ศึกษาตัวแปรและเตรียมข้อมูล ข้อมูลที่ใช้ในงานวิจัยครั้งนี้ เป็นข้อมูลปริมาณการใช้กระดาษภายในแผนกฝ่ายการผู้โดยสารทั้งหมด 7 สายการบิน ช่วงเดือน มกราคม ปี พ.ศ.2553 ถึง เดือน กุมภาพันธ์ ปี พ.ศ.2555 ลักษณะข้อมูลการใช้เป็น รีม(หน่วยนับกระดาษ 1 รีม จะมีปริมาณกระดาษ 500 แผ่น)ต่อเดือน มีตัวแปรทั้งหมด 42 ตัวแปร แบ่งเป็น 41 ตัวแปรอินพุต และ ตัวสุดท้าย 1 เอาท์พุต ขนาด 256 ข้อมูล โดยจะทำการสุ่มข้อมูลจากข้อมูลทั้งหมดที่รวบรวมไว้แล้วนำมาแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ซึ่งใช้ข้อมูล 50%ในการสร้างตัวแบบ 25% ใช้ในการตรวจสอบความสามารถของตัวแบบ และอีก 25% นำไปใช้ในการทดสอบความแม่นยำของตัวแบบ

4.3 การสร้างแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมฟังก์ชันในการฝึก(Training Function) ใช้การฝึกแบบ trianlm(Levenberg Marquardt Algorithm) ทำให้สามารถลู่เข้าหาเป้าหมายได้อย่างรวดเร็ว แม้ต้องใช้พื้นที่เยอะ แต่มีความเร็วสูงในการประมวลผล,ฟังก์ชันในการเรียนรู้ (Learning Function) แบบ LearnGDM (Gradient decent with momentum weight/bias learning function), ใช้ Mean Square Error (MSE) วัดความคลาดเคลื่อนในการประเมินค่า จำนวนชั้นในโครงข่ายประสาทเทียม ใช้จำนวนชั้น 2 ถึง 4 ชั้น ในการคำนวณและ 1 ชั้นในการผลลัพธ์ ในการกำหนดชั้นซ่อนของนิวรอนนั้นจากการศึกษางานวิจัยต่างๆพบว่า ไม่มีกฎเกณฑ์ในการกำหนดโครงสร้างที่แน่นอน ดังนั้นในการสร้างแบบจำลองในงานวิจัยนี้จึงได้มีการทดลองกำหนดชั้น และ ขนาดของชั้นซ่อนให้มีความแตกต่างกันซึ่งเป็นวิธีการทดลองที่สามารถเปรียบเทียบผลต่างๆได้อย่างชัดเจน รวมถึงค่า Weight ที่ใช้เป็นค่าน้ำหนักของความรู้ แม้จะมีการศึกษาแต่พบว่านักวิจัยท่านอื่นนิยมในการสุ่มค่า Weight มากกว่าการกำหนดค่าแบบเริ่มแรกตั้งแต่ต้น แล้วจึงใช้การเรียนรู้ปรับค่า Weight เพื่อให้ได้ค่าผลลัพธ์ที่โครงข่ายประสาทเทียมคำนวณใกล้เคียงผลลัพธ์ที่ต้องการ เพราะไม่มีวิธีการกำหนดที่ชัดเจนว่าการกำหนดค่าน้ำหนักแบบเริ่มแรกให้ผลลัพธ์และโอกาสในการที่ได้ค่าผลลัพธ์ที่ใกล้เคียงค่าที่ต้องการมากกว่าการที่สุ่มค่า weight ทำให้แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมในงานวิจัยนี้ได้ใช้วิธีการ สุ่มค่า weight ให้กับโครงข่ายประสาทเทียม

4.4 พัฒนาด้วยแบบ ที่ใช้ในการประมาณการใช้กระดาษภายในแผนกฝ่ายการผู้โดยสารโดยใช้โครงข่ายประสาทเทียมแบบหลายชั้นและเรียนรู้แบบแพร่กระจายกลับ มีค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยยกกำลังสอง (MSE) เป็นเกณฑ์บอกระดับความถูกต้อง ในการพัฒนาแบบจำลองของโครงข่ายประสาทเทียมนั้นผู้วิจัยได้พัฒนาแบบจำลองและสอนโครงข่ายประสาทเทียมด้วย ซอฟต์แวร์ Mathlab

4.5 ทดสอบตัวแบบ การทดสอบความถูกต้องของตัวแบบ การวัดประสิทธิภาพงานนั้นผู้วิจัยได้เลือกใช้ค่า MSEเพื่อใช้ในการตรวจสอบว่า ผลลัพธ์ที่ได้มาคลาดเคลื่อนจากเป้าหมายหรือไม่

ภาพประกอบ 2 กราฟแสดงการเรียนรู้ของโครงข่ายประสาทเทียมในแต่ละขนาด เริ่มจาก 3 ชั้น,4 ชั้น และ 5 ชั้น ตามลำดับ

5. สรุปผลการวิจัย

การสร้างแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม โดยชั้นข้อมูลเข้าถูกกำหนดตามตัวแปร ส่วนในชั้นซ่อน (Hidden Layer) กำหนดการใช้ฟังก์ชันกระตุ้นแบบ Logsig, Tansig ชั้นเอาท์พุต (Output Layer) ใช้ฟังก์ชันกระตุ้นแบบ Purelin มี 1 เอาท์พุต กำหนดรอบในการฝึกสอน ไว้ 500 รอบ และ กำหนดค่าความคลาดเคลื่อนเป้าหมายไว้เท่ากับ 0.001 โดยผลสรุปจากภาพประกอบที่ 2 สามารถแจงค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยกำลังสองของความผิดพลาด (MSE) ได้ตามตารางด้านล่างดังนี้

ตาราง 1 ผลสรุปการทดลองโครงข่ายประสาทเทียม

โครงข่ายประสาทเทียมขนาด 3 ชั้น						
Model	**Transfer Function**	**MSE(1)**	**MSE(2)**	**MSE(3)**	**MSE(4)**	**MSE(5)**
15-7-1	Logsig-Tansig-Purelin	0.007550	1.66e-05*	0.000167	0.000732	0.000773
24-12-1	Logsig-Tansig-Purelin	0.000214	0.000250	0.000319	0.000133*	0.000232
15-7-1	Tansig-Logsig-Purelin	0.000741	0.000837	0.000395	0.001280	0.000582*
24-12-1	Tansig-Logsig-Purelin	0.000221	0.000298	0.000124*	0.000130	0.000434
30-15-1	Tansig-Logsig-Purelin	0.000676	0.000112	6.63e-05	3.37e-05*	0.000631
โครงข่ายประสาทเทียมขนาด 4 ชั้น						
Model	**Transfer Function**	**MSE(1)**	**MSE(2)**	**MSE(3)**	**MSE(4)**	**MSE(5)**
15-7-3-1	Logsig-Tansig-Logsig-Purelin	0.000403*	0.000708	0.004310	0.000465	0.000768
24-12-6-1	Logsig-Tansig-Logsig-Purelin	0.000147	4.25e-05	0.000785	0.000947	3.25e-05*
15-7-3-1	Tansig-Logsig-Tansig-Purelin	0.001380	0.000784	0.000954	0.000287*	0.005450
24-12-6-1	Tansig-Logsig-Tansig-Purelin	0.000238	0.000782	0.000107	0.000151	8.21e-05*
30-15-7-1	Tansig-Logsig-Tansig-Purelin	0.000162	2.60e-05*	0.000517	0.000825	0.000122
โครงข่ายประสาทเทียมขนาด 5 ชั้น						
Model	**Transfer Function**	**MSE(1)**	**MSE(2)**	**MSE(3)**	**MSE(4)**	**MSE(5)**
15-7-3-2-1	Logsig-Tansig-Logsig-Tansig-Purelin	0.000783	0.000543	0.000465*	0.000790	0.001430
24-12-6-2-1	Logsig-Tansig-Logsig-Tansig-Purelin	0.000275*	0.000807	0.014700	0.000375	0.000911
15-7-3-	Tansig-Logsig-Tansig-Logsig-	0.000713*	0.000720	0.003650	0.004490	0.026500

2-1	Purelin					
24-12-6-2-1	Tansig-Logsig-Tansig-Logsig-Purelin	0.000395	0.000173	0.001690	0.000919	0.000158*
30-15-7-3-1	Tansig-Logsig-Tansig-Logsig-Purelin	0.005500	0.000325*	0.008370	0.002540	0.000666

หมายเหตุ: * คือ model ที่ให้ค่า MSE ต่ำที่สุด, ช่องสีเหลือง คือ Model ที่ให้ค่า MSE ต่ำที่สุดในแต่ละขนาดชั้น

ภาพประกอบ 3 กราฟแสดงผลค่า **MAPE และค่า R ของโมเดลที่ค่า MSE น้อยที่สุดในแต่ละชั้น**

จากตาราง 1 และ ภาพประกอบที่ 3 ในการทดลองโครงข่ายประสาทเทียมหลายชั้น ชั้นละ 5 แบบ โดยในแต่ละแบบทำงานทดลอง 5 ครั้ง จะสรุปได้ว่าโครงข่ายประสาทเทียม มีจำนวน 41 ตัวแปร โครงข่ายประสาทเทียม 3 ชั้น ฟังก์ชันกระตุ้นแบบ Logsig-Tansig-Purelin มีขนาด 15-7-1 ให้ค่า MSE ต่ำสุดที่ 1.66E-05 ให้ค่า R เท่ากับ 0.9507 โครงข่ายประสาทเทียม 4 ชั้น ฟังก์ชันกระตุ้นแบบ Tansig-Logsig-Tansig-Purelin มีขนาด 30-15-

7-1 ให้ค่า MSE ต่ำสุดที่ 2.60e-05 ให้ค่า R เท่ากับ 0.93763 โครงข่ายประสาทเทียม 5 ชั้น ฟังก์ชันกระตุ้นแบบ Tansig-Logsig-Tansig-Logsig-Purelin มีขนาด 24-12-6-2-1 ให้ค่า MSE ต่ำสุดที่ 0.00158 ให้ค่า R เท่ากับ 0.9181 และจากในภาพประกอบ ที่ 3 ผลการทดลองการเปรียบเทียบ ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์ (MAPE)ของโมเดลที่ค่า MSE น้อยที่สุดในแต่ละชั้นโดย โครงข่ายประสาทเทียม 5 ชั้น ให้ค่าผิดพลาดที่ 7.5% โครงข่ายประสาทเทียม 4 ชั้นให้ค่าผิดพลาดที่ 5 % และ โครงข่ายประสาทเทียม 3 ชั้นให้ค่าผิดพลาด น้อยที่สุดคือ 4.7 %

6. อภิปรายผล

การประมาณการใช้กระดาษในองค์กรด้วยเทคนิคโครงข่ายประสาทเทียมหลายชั้น การเรียนรู้แบบแพร่กระจายกลับ ผลการวิจัยพบว่า โครงข่ายประสาทเทียมแบบ Logsig-Tansig-Purelin ฟังก์ชันกระตุ้น 15-7-1 ให้ค่า MSE ต่ำสุดที่ 1.66E-05 ผลลัพธ์เป็นที่น่าพอใจ รวมถึงผลลัพธ์ของค่า MAPE เมื่อทำการทดลองเปรียบเทียบกับค่าเป้าหมายและค่าโครงข่ายประสาทเทียมได้ทำการประมาณค่ามาแล้วให้ค่าคลาดเคลื่อนที่ 4.7 % โดยโมเดลนี้มีขนาด 3 ชั้นซึ่งเหมาะสมไปพัฒนาเป็นโปรแกรม เพราะขนาดโครงสร้างของโครงข่ายประสาทเทียมและจำนวนชั้นที่เล็กกว่าโครงข่ายประสาทเทียมแบบอื่นที่ทำการทดลอง ซึ่งทำให้เวลาใช้งานจะให้ผลลัพธ์รวดเร็วกว่าแบบอื่น และจะพบว่าจำนวนชั้นของโครงข่ายประสาทเทียมและจำนวนขนาดของในแต่ละชั้น เมื่อขนาดชั้นเพิ่มขึ้นผลลัพธ์กลับมีค่าที่คลาดเคลื่อนมากกว่าโครงข่ายประสาทเทียมที่มีขนาดเล็ก ซึ่งน่าจะจากชุดข้อมูลที่นำมาทดลองมีขนาดและความเหมาะสมกับโครงข่ายประสาทเทียม ขนาด 3 ชั้น หรือ เกิดจากการที่โครงข่ายประสาทเทียมเรียนรู้เกินขอบสมควร(Over Fitting)

7. ข้อเสนอแนะ

7.1 ข้อเสนอสำหรับการนำไปใช้ประโยชน์

7.1.1 นำโครงข่ายประสาทเทียมไปประยุกต์ใช้กับงานในด้านการพยากรณ์และประมาณค่าได้

7.1.2 สามารถใช้เป็นแนวทางการคำนวณการใช้กระดาษภายในฝ่ายการผู้โดยสาร

7.2 ข้อเสนอสำหรับงานวิจัย

7.2.1 ในงานวิจัยต่อไป อาจมีการนำทฤษฎีอื่นๆเช่น ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithm) หรือ ฟัซซี่ลอจิค (Fuzzy Logic) มาใช้เสริมข้อด้อยของโครงข่ายประสาทเทียม ซึ่งอาจทำให้ผลของการทดลองมีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น

7.2.2 นำเทคนิคในการคัดกรองตัวแปรอื่น เพื่อที่จะได้นำตัวแปรที่มีความเหมาะสมและมีผลกระทบต่อค่าของผลลัพธ์ ทั้งทางตรงและทางอ้อม มาใช้ในการสร้างแบบจำลองเพื่อการประมาณการใช้กระดาษในองค์กร ต่อไป

8. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยความเรียบร้อย เนื่องจากได้รับความกรุณาจาก รศ.ธวัชชัย งามสันติวงศ์ อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ประจำภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์และสารสนเทศ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ที่ให้อนุเคราะห์ให้คำปรึกษา ตลอดจนการชี้แนะเพื่อแก้ไขงานวิจัยให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

9. เอกสารอ้างอิง

พยุง มีสัจ, 2553, “เอกสารประกอบการเรียนการสอนรายวิชาระบบฟัซซีและเครือข่ายประสาทเทียม”, คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

เพ็ญนภา สุนทรดิลกกุล, ณัฐวี อุตกฤษณ์, 2554, “ระบบการพยากรณ์ราคาผลปาล์มน้ำมันทั้งทะลายโดยใช้วิธีโครงข่ายประสาทเทียม” ” The 7th National Conference on Computing and Information Technology (NCCIT2011) Vol. 1, pp151-156, 2011”

สักการะ จู่ซู่, ธนพล เจนสุทธิเวชกุล, 2553, “เปรียบเทียบการพยากรณ์ปริมาณการยืมหนังสือห้องสมุดโรงเรียนนาบอน ด้วยการวิเคราะห์การถดถอยและโครงข่ายประสาทเทียม” ” The 6th National Conference on Computing and Information Technology (NCCIT2010) Vol. 1, pp110-115, 2010”

เสาวลักษณ์ อร่ามพงศานุวัต, พยุง มีสัจ, 2553, “การพัฒนาแบบจำลองเพื่อพยากรณ์ปริมาณ Pm10 ในเขตกรุงเทพมหานคร โดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม” ” The 6th National Conference on Computing and Information Technology (NCCIT2010) Vol. 1, pp104-109, 2010”

Fredic M.Ham ,Ivica Kostanic,2544, Principle of Neurocomputing for Science &Engineering,McGrawHill:Internationnal Edition 2001

Reza Gharoie Ahangar, Mahamood Yahyazadehfar, Hassan Pournaghshband , 2553, The Comparison of Methods Artificial Neural Networks with Linear Regression Using Specific Variables for Prediction Stock Price in Tehran Stock Exchange, International Journal of Computer Science and Information Security Vol.7 No.2, PP 38-46, 2010

การปรับพารามิเตอร์ฟังก์ชันสมาชิกในการจำแนกประเภทข้อมูลแบบฟัซซี ด้วยขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม

TUNING PARAMETER MEMBERSHIP FUNCTION IN FUZZY DATA CLASSIFICATION WITH GENETIC ALGORITHM

สุวรรณี ธูปจีน
ภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์และสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
E-mail : keng_kmitnb@hotmail.com
รศ.ธวัชชัย งามสันติวงศ์
ภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์และสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
E-mail : tvc@kmutnb.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาการใช้ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithm: GA) ปรับพารามิเตอร์ฟังก์ชันสมาชิก (Membership Function : MF) ที่เหมาะสม เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพให้กับการจำแนกประเภทข้อมูลแบบฟัซซี ในงานวิจัยได้ทำการทดลองเปรียบเทียบการสุ่มประชากรเริ่มต้น (Population Size) ความน่าจะเป็นของการไขว้ข้าม (Crossover Rate) ความน่าจะเป็นของการกลายพันธุ์ (Mutation Rate) และได้กำหนดการวัดค่าผิดพลาดกำลังสองเฉลี่ย (Mean square error : MSE) เป็นฟังก์ชันจุดประสงค์ เพื่อใช้หาค่าความเหมาะสมของโครโมโซมแต่ละตัว และผลสรุปที่ได้จากการทดลองเป็นที่ชัดเจนว่าขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมสามารถปรับปรุงประสิทธิภาพการทำงานของการจำแนกประเภทข้อมูลแบบฟัซซีได้ ทำให้การจำแนกประเภทข้อมูลมีความถูกต้องเพิ่มขึ้นจาก 86% เพิ่มขึ้นเป็น 97.33%

คำสำคัญ : ฟัซซีลอจิก ฟังก์ชันสมาชิก ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม

ABSTRACT

This paper studies the use of genetic algorithms to tune the membership function parameters suitable for improve the classification performance with fuzzy data. In this research, Experiments were conducted to compare the random initial population, the probability of cross-over, the probability of mutation and define measurement error were represented Mean square error as the objective function. To determine the suitability of

each chromosome in the membership function parameters. The result of the experiment, it is clear that genetic algorithms can improve the performance of the classification of the fuzzy information. The classification information is accurate up from 86% up to 97.33%.

KEYWORDS : fuzzy logic, membership function, genetic algorithm

1. บทนำ

ตรรกศาสตร์คลุมเครือ (Fuzzy Logic) เป็นแนวความคิดของลอตฟี ซีเดฮ์ (Lotfi Zadeh) ศาสตราจารย์แห่งมหาวิทยาลัยแคลิฟอเนีย เบิร์กเลย์ ประเทศสหรัฐอเมริกา หมายถึงการประมวลผลข้อมูลที่ใช้บางส่วนของสมาชิกภายในเซต แทนที่จะใช้สมาชิกทั้งหมดของเซต หรือไม่ใช้สมาชิกในเซตเลย ตรรกศาสตร์คลุมเครือถูกสร้างขึ้นเพื่อที่จะเลียนแบบการแก้ปัญหาและการตัดสินใจของมนุษย์ ทำให้การตัดสินใจนั้นเป็นไปอย่างรวดเร็วมากขึ้น ตรรกศาสตร์คลุมเครือสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในเรื่องการจำแนกประเภทข้อมูล (Classification) ได้โดยการกำหนดโครงสร้างและพารามิเตอร์ของระบบฟัซซี เช่น จำนวนตัวแปร พจน์ภาษาของแต่ละตัวแปร รูปร่างหรือชนิดของฟังก์ชันสมาชิกของพจน์ภาษา พารามิเตอร์ของฟังก์ชันสมาชิก จำนวนกฎในฐาน และกฎ IF-THEN เป็นต้น (Johannes A. Roubos, Magne Setnes, 2003) ส่วนฟังก์ชันสมาชิกในตรรกศาสตร์คลุมเครือนั้นเป็นฟังก์ชันที่ใช้กำหนดระดับความเป็นสมาชิกของตัวแปรภาษาที่ต้องการใช้งาน และในการเลือกใช้ชนิดฟังก์ชันสมาชิกร่วมถึงการกำหนดพารามิเตอร์มีส่วนสำคัญต่อคุณสมบัติหรือการดำเนินการของตรรกศาสตร์คลุมเครือ เพราะพารามิเตอร์ของรูปร่างฟังก์ชันสมาชิกมีความสำคัญต่อกระบวนการคิดและแก้ไขปัญหา (Nanna S.H., Ismail Y., Siti Mariyam bte H.S., 2009)

ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม (GA) นำเสนอโดย Holland เป็นการเลียนแบบวิวัฒนาการทางธรรมชาติของการสืบทอดพันธุกรรม โดยในการสืบทอดพันธุกรรมผู้ที่มีความแข็งแรงจะได้รับโอกาสในการถ่ายทอดพันธุกรรม มีรากฐานแนวคิดมาจากทฤษฎีการวิวัฒนาการของ ชาร์ล ดาร์วิน จากนั้นก็ได้มีการวิจัยต่อยอดด้านขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม เช่น Goldberg (1989) และ Fogel (2000) ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมเป็นวิธีการแก้ปัญหาแบบหนึ่งที่สามารถค้นหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุดให้กับปัญหา โดยใช้กระบวนการทางพันธุศาสตร์เข้ามาช่วยในกระบวนการค้นหาคำตอบของปัญหา โดยมีองค์ประกอบที่สำคัญของ GA ได้แก่ Chromosome Encoding, Initial Population, Fitness Function, Genetic Operator, Parameter เป็นต้น ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงได้นำ GA มาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาการปรับพารามิเตอร์ฟังก์ชันสมาชิกให้ได้ค่าที่เหมาะสม เพื่อเป็นการปรับปรุงประสิทธิภาพของการจำแนกประเภทข้อมูลแบบฟัซซี (Nanna & Ismail & Siti , 2009)

2. กรอบแนวคิดและทฤษฎี

ภาพประกอบ 1 การปรับพารามิเตอร์ฟังก์ชันสมาชิกในระบบฟัซซีด้วย GA

จากภาพประกอบที่ 1 แสดงการปรับพารามิเตอร์ฟังก์ชันสมาชิกในระบบฟัซซีด้วยขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม การทำงานในระบบฟัซซีจะประกอบไปด้วย 4 ส่วนหลัก ๆ ได้แก่ ส่วนแปลงค่าทั่วไปเป็นค่าฟัซซี (Fuzzification) องค์ความรู้ (Knowledge Base) ตัวอนุมาน (inference engine) และส่วนแปลงค่าฟัซซีเป็นค่าเอาต์พุตทั่วไป (Defuzzification) ส่วนการนำขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมมาประยุกต์ใช้ในการปรับพารามิเตอร์ฟังก์ชันสมาชิกในระบบฟัซซีจะกระทำในส่วนขององค์ความรู้ซึ่งเป็นฐานข้อมูลที่ใช้เก็บจำนวนตัวแปรพจน์ภาษาของแต่ละตัวแปร รูปร่างหรือชนิดของฟังก์ชันสมาชิกของพจน์ภาษา พารามิเตอร์ของฟังก์ชันสมาชิก จำนวนกฎในฐาน และกฎ IF-THEN เพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพทำให้การตีความและการควบคุมการตัดสินใจมีความถูกต้องมากขึ้น การทำงานของขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมเริ่มจากสร้างกลุ่มของโครโมโซม (ประชากรเริ่มต้น) นำโครโมโซมในประชากรเริ่มต้นไปคำนวณหาค่าความเหมาะสม (Fitness) เมื่อค่าความเหมาะสมที่คำนวณได้ไม่ใช่คำตอบที่ต้องการ จะนำประชากรเริ่มต้นเข้าสู่กระบวนการของขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม โดยการเลือกโครโมโซมจากกลุ่มประชากรเริ่มต้นเดิม (Selection) และนำโครโมโซมที่เลือกไว้มาทำการไขว้ข้าม (Crossover) และกระบวนการกลายพันธุ์ (Mutation) เพื่อให้ได้โครโมโซมใหม่หรือกลุ่มประชากรใหม่ แล้วนำกลุ่มประชากรที่ได้ไปวัดหาค่าความเหมาะสม ทำซ้ำกระบวนการเดิมของ GA จนกว่าจะพบคำตอบหรือเงื่อนไขที่ต้องการ

3. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของการจำแนกประเภทข้อมูลแบบฟัซซี โดยการใช้ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมปรับพารามิเตอร์ฟังก์ชันสมาชิกในระบบฟัซซี จากนั้นทำการประเมินเปรียบเทียบวัดความสำเร็จด้านความถูกต้องก่อนและหลังจากการใช้ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมปรับพารามิเตอร์ของฟังค์ชันสมาชิก

4. วิธีการดำเนินการวิจัย

การนำขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม (GA) ปรับพารามิเตอร์ฟังก์ชันสมาชิกในการจำแนกประเภทข้อมูลแบบฟัซซี มีรูปแบบการดำเนินงานดังนี้

4.1 การกำหนดรูปแบบโครโมโซม (Chromosome) โดยแปลงค่าพารามิเตอร์ฟังก์ชันสมาชิกในระบบฟัซซี ให้เป็นรหัสพันธุกรรม แต่ละโครโมโซม (Chromosome) จะเป็นสมาชิกในประชากร ดังตัวอย่างฟังก์ชันสามเหลี่ยม (Triangular membership function) ประกอบไปด้วย 3 พารามิเตอร์ คือ {a,b,c}

ภาพประกอบ 2 กราฟแสดงตัวอย่างฟังก์ชันสามเหลี่ยม

สามารถกำหนดโครงสร้างโครโมโซมเป็นแบบค่าจำนวนจริงหรือแบบเลขฐานสอง ซึ่งเป็นพารามิเตอร์ของฟังก์ชันความเป็นสมาชิก ดังนี้

$$\left[\underbrace{a_{11},b_{11},c_{11};a_{12},b_{12},c_{12}}_{Parameter\ of\ \ Input1};\underbrace{a_{21},b_{21},c_{21};a_{22},b_{22},c_{22}}_{Parameter\ of\ \ Input2}\right]$$

หากต้องการปรับพารามิเตอร์เอาต์พุตด้วย ก็ทำได้โดยกำหนดเรียงต่อกันไปจากอินพุต

$$\left[\underbrace{a_{11},b_{11},c_{11};a_{12},b_{12},c_{12}}_{Parameter\ of\ \ Input1};\underbrace{a_{21},b_{21},c_{21};a_{22},b_{22},c_{22}}_{Parameter\ of\ \ Input2};\underbrace{a_{11},b_{11},c_{11};a_{12},b_{12},c_{12}}_{Parameter\ of\ \ Output1}\right]$$

4.2 การไขว้ข้าม (Crossover) ทำการสลับค่าระหว่างโครโมโซมพ่อแม่เพื่อกำเนิดเป็นประชากรรุ่นใหม่ โดยใช้วิธีการสุ่มตำแหน่งที่ต้องการสลับค่า

$$v' = v_1 + (1-\lambda)v_2$$

$$v'' = v_1 + (1-\lambda)v_2$$

โดยที่: λ = Random number from [1-n], v_1 and v_2 = Parents, v' and v'' = Offspring

4.3 การกลายพันธุ์ (Mutation) เป็นการสุ่มเลือกประชากรและตำแหน่งที่อยู่ในรหัสโครโมโซมของประชากรที่มีโอกาสกลายพันธุ์ที่ทำให้แตกต่างไปจากยีนพ่อและแม่

$$X_n = [x_1,\ldots,x_k',\ldots,x_n]$$

โดยที่: x_k = Random number from [1-n], x_k' = x_k + 0.1*rand(1);

4.4 การประเมินความแข็งแรง (Fitness evaluation) สามารถกำหนดได้จากการวัดค่าผิดพลาดกำลังสองเฉลี่ย (Mean square error : MSE) คำนวณได้จากการเปรียบเทียบเอาต์พุตคำนวณจากโมเดลฟัซซี a_n และค่าเป้าหมาย t_n (Islam & Yogyakarta, 2010)

$$e_n = (t_n - a_n)$$

ค่าผิดพลาดกำลังสองเฉลี่ยของค่าผิดพลาดของข้อมูลทั้งหมด

$$MSE = \frac{1}{N}\sum_{n=1}^{N} e_n^2 = \frac{1}{N}\sum_{n=1}^{N}(t_n - a_n)^2$$

สำหรับฟังก์ชันความแข็งแรงคำนวณได้จากส่วนกลับของค่าเฉลี่ยของค่าผิดพลาดกำลังสอง (MSE)

$$f(chrom_i) = \frac{1}{MSE(chrom_i) + \varepsilon}$$

เมื่อ $f(chrom_i)$ เป็นฟังก์ชันความแข็งแรง $MSE(chrom_i)$ เป็นค่าเฉลี่ยของค่าผิดพลาดกำลังสองของระบบฟัซซีในการพยากรณ์เอาต์พุต และ ε เป็นค่าบวกต่ำๆ ป้องกันการหารด้วยศูนย์

4.5 การตัดสินใจกำหนดขนาดของประชากรเริ่มต้น (Population Rate) ความน่าจะเป็นของการไขว้ข้าม (Crossover Rate) และความน่าจะเป็นของการกลายพันธุ์ (Mutation Rate) ที่เหมาะสมในการแก้ปัญหานั้น ๆ เป็นเรื่องค่อนข้างยากและไม่ตายตัว ในงานวิจัยจึงได้ทำการทดลองเปรียบเทียบสุ่มขนาดของประชากรเริ่มต้นที่ 10, 30, 100 ความน่าจะเป็นของการไขว้ข้ามที่ 0.1, 0.7, 0.9 และความน่าจะเป็นของการกลายพันธ์ที่ 0.001, 0.005, 0.05 ทดลองหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมให้กับกระบวนการทำงานของ GA ได้ผลการทดลองดังภาพประกอบที่ 3, 4 และ 5 (Netadelica, 2007)

ภาพประกอบ 3 กราฟแสดงการตัดสินใจกำหนดขนาดของประชากรเริ่มต้น (Population Rate)

จากภาพประกอบที่ 3 กำหนดให้ความน่าจะเป็นของอัตราการไขว้ข้าม (Crossover Rate) เท่ากับ 0.7 กำหนดให้ความน่าจะเป็นของอัตราการกลายพันธุ์ (Mutation Rate) เท่ากับ 0.05 และทำการสุ่มประชากรเริ่มต้น (Population Size) เท่ากับ10, 30, 100 ได้ผลสรุปว่าการสุ่มประชากรเริ่มต้นที่เหมาะสมคือเท่ากับ 30 และ 100 เพราะทำให้ค่าผิดพลาดกำลังสองเฉลี่ยมีค่าลดลงเท่ากับ MSE= 0.0269

ภาพประกอบ 4 กราฟแสดงการตัดสินใจกำหนด ความน่าจะเป็นของการไขว้ข้าม (Crossover Rate)

จากภาพประกอบที่ 4 กำหนดให้สุ่มประชากรเริ่มต้น (Population Size) เท่ากับ 30 กำหนดให้ความน่าจะเป็นของการกลายพันธุ์ (Mutation Rate) เท่ากับ 0.05 และทำการสุ่มความน่าจะเป็นของการไขว้ข้าม (Crossover Rate) เท่ากับ 0.1, 0.7, 0.9 ได้ผลสรุปว่าการสุ่มความน่าจะเป็นของการไขว้ข้ามที่เหมาะสมคือเท่ากับ 0.7 และค่าผิดพลาดกำลังสองเฉลี่ยมีค่าลดลงเท่ากับ MSE= 0.0481

ภาพประกอบ 5 กราฟแสดงการตัดสินใจกำหนดความน่าจะเป็นของการกลายพันธ์ (Mutation Rate)

จากภาพประกอบที่ 5 กำหนดให้สุ่มประชากรเริ่มต้น (Population Size) เท่ากับ 30 กำหนดให้ความน่าจะเป็นของการไขว้ข้าม (Crossover Rate) เท่ากับ 0.7 และทำการสุ่มความน่าจะเป็นของการกลายพันธุ์ (Mutation Rate) เท่ากับ 0.001, 0.005, 0.5 ได้ผลสรุปว่าการสุ่มความน่าจะเป็นของการกลายพันธุ์ที่เหมาะสมคือเท่ากับ 0.7 และค่าผิดพลาดกำลังสองเฉลี่ยมีค่าลดลงเท่ากับ MSE= 0.0267

5. สรุปผลการวิจัย

ผลสรุปจากภาพประกอบที่ 3 สามารถสรุปค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมให้กับ GA ดังนี้ (Population Size = 30; Crossover Rate = 0.7; Mutation Rate = 0.05) เมื่อนำมาทดสอบกับตัวอย่างข้อมูลที่เตรียมไว้ เป็นข้อมูลเกี่ยวกับการจำแนกประเภทดอกกล้วยไม้จาก UCI Machine Learning Repository เว็บไซต์ http://archive.ics.uci.edu/ml/datasets/Iris/ ซึ่งประกอบด้วยจำนวน 4 แอททริบิวต์ (1) Sepal length in cm ความยาวของกลีบเลี้ยง (2) Sepal width in cm ความกว้างของกลีบเลี้ยง (3) Petal length in cm ความยาวกลีบดอก (4) Petal width in cm ความกว้างของกลีบดอก แบ่งได้เป็น 3 กลุ่ม กลุ่มที่ 1 Class Iris Setosa 50 ตัวอย่าง กลุ่มที่ 2 Class Iris Versicolour 50 ตัวอย่าง และกลุ่มที่ 3 Class Iris Virginica 50 ร่วมจำนวนตัวอย่างทั้งหมด 150 ตัวอย่าง

ตาราง 1 ผลสรุปการทดลองการจำแนกประเภทข้อมูล แบบฟัซซี (ยังไม่ปรับพารามิเตอร์ฟังก์ชันสมาชิกด้วย GA)

Class	Number Of Data	Correct classified	Misclassified	Classification rate(%)
setosa	50	42	8	84%
versicolour	50	46	4	92%
Virginica	50	41	9	82%
Total	150	129	21	86%

ตาราง 2 ผลสรุปจากการทดลองการจำแนกประเภทข้อมูลแบบฟัซซี โดยใช้ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม (GA) ปรับพารามิเตอร์ฟังก์ชันสมาชิก

Class	Number Of Data	Correct classified	Misclassified	Classification rate(%)
setosa	50	50	0	100%
versicolour	50	48	2	96%
Virginica	50	48	2	96%
Total	150	146	4	97.33%

จากตาราง 1 และตาราง 2 จะสรุปได้ว่าเมื่อทำการปรับพารามิเตอร์ของการจำแนกประเภทข้อมูลแบบฟัซซีด้วย GA แล้ว ทำให้การจำแนกประเภทของข้อมูลจากจำนวนตัวอย่าง 150 ตัวอย่าง มีความถูกต้องจาก 86% เพิ่มขึ้นเป็น 97.33% และ มีการจำแนกประเภทข้อมูลผิดกลุ่ม 21 ตัวอย่าง ลดเหลือเพียง 4 ตัวอย่าง (MSE = 0.019)

ภาพประกอบ 6 แสดงรูปร่างฟังก์ชันสมาชิกก่อนทำการปรับพารามิเตอร์

ภาพประกอบ 7 แสดงรูปร่างฟังก์ชันสมาชิกหลังทำการปรับพารามิเตอร์ด้วยขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม

จากภาพประกาอบที่ 6 และภาพประกอบที่ 7 แสดงการเปรียบเทียบการปรับพารามิเตอร์ของการจำแนกประเภทข้อมูลแบบฟัซซีด้วยขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม ขั้นตอนการปรับจะมีผลต่อรูปร่างของฟังก์ชันสมาชิกที่เลือกใช้ดังภาพ ดังนั้นการกำหนดรูปร่างและค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมจึงมีความสำคัญต่อกระบวนการคิดและการให้เหตุผลในระบบฟัซซี

6. อภิปรายผล

ในการทดลองพบว่าขนาดของประชากร ความน่าจะเป็นของการไขว้ข้าม (Crossover Rate) และความน่าจะเป็นของการกลายพันธุ์ (Mutation Rate) คือปัจจัยสำคัญในการปรับปรุงประสิทธิภาพของขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม โดยทั่วไปถ้ามีการสุ่มขนาดของประชากรที่เหมาะสมไม่น้อยหรือมากจนเกินไป จะทำให้ขนาดของประชากรจะมีความหลากหลายมากขึ้นจึงจะเป็นโครโมโซมที่เหมาะสม ส่วนในขั้นตอนการไขว้ข้ามและการกลายพันธุ์ทั้งสองขั้นตอนจะมีผลซึ่งกันและกัน ดังนั้นในการกำหนดค่าพารามิเตอร์ที่แตกต่างกันอาจได้คำตอบที่แตกต่างกันด้วย จากผลการทดลองสามารถสรุปได้ว่าขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมเป็นวิธีการแก้ปัญหาสำหรับการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการปรับปรุงประสิทธิภาพของการจำแนกประเภทของมูลแบบฟัซซีได้ โดยการปรับพารามิเตอร์ฟังก์ชันสมาชิกที่เหมาะสมให้กับระบบฟัซซี จึงทำให้การจำแนกประเภทข้อมูลมีความถูกต้องเพิ่มขึ้น (Jose Francisco Saray Villamizar, Youakim Badr, Ajith Abraham, 2010)

7. ข้อเสนอแนะ

7.1 การศึกษาการใช้ GA ปรับพารามิเตอร์ฟังก์ชันสมาชิกในการจำแนกประเภทข้อมูลแบบฟัซซี ถ้ามีตัวอย่างข้อมูลที่ใช้ในการทดลองมากกว่านี้ และมีการปรับจำนวนกฎในฐานให้มีจำนวนกฎที่เหมาะสมด้วยนั้นอาจจะทำให้ผลของการทดลองมีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น

7.2 ประสิทธิภาพการทำงานของ GA สามารถปรับปรุงเพิ่มเติมได้ โดยวิธีการกำหนดกลยุทธ์การไขว้ข้าม (Crossover) การกลายพันธุ์ (Mutation) และพารามิเตอร์อื่น ๆ ทางพันธุกรรม เช่น ขนาดของประชากร ความน่าจะเป็นของการไขว้ข้าม และความน่าจะเป็นของการกลายพันธุ์

8. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยความเรียบร้อย เนื่องจากได้รับความกรุณาจากอาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ธวัชชัย งามสันติวงศ์ อาจารย์ประจำภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์และสารสนเทศ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ที่ให้อนุเคราะห์ให้คำปรึกษา ตลอดจนการชี้แนะเพื่อแก้ไขงานวิจัยให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

9. เอกสารอ้างอิง

Nanna S.H., Ismail Y., Siti Mariyam bte H.S., 2009, “Genetic Algorithms and Designing Membership Function In Fuzzy Logic Controllers”, **IEEE** 1754-1758.

Ishibuchi, H., Nakashima, T., & Murata, T., 1999, Performance evaluation of fuzzy Classifier systems for multidimensional pattern classification problem, System**. IEEE Transactions on Man and Cybernetics**, Part B, 29(5), 601-618

L.F.Mendonca, S.M.Vieira, J.M.C. Sousa, 2006, Decision tree search methods in fuzzy modeling and Classification, **International Journal of Approximate Reasoning44** (2007) 106–123

Netadelica, 2007, Comparing Different Parameters for Evolving a Bit Counter, From http://www.netadilica.com/ga/.

Johannes A. Roubos, Magne Setnes, 2003, Errata on "Ga-Fuzzy Modeling and Classification: Complexity and Per formance" and "Compact and Transparent Fuzzy Models and Classifiers Through Iterative Complexity Reduction", **IEEE TRANSACTIONS ON FUZZY SYSTEMS**, VOL. 11, NO. 1, FEBRUARY 2003.

Parvinder Singh Sandhu, Dalwinder Singh Salaria, and Hardeep Singh, 2008, "A Comparative Analysis of Fuzzy, Neuro-Fuzzy and Fuzzy-Ga Based Approaches for Sofware Reusability Evaluation", **World Academy of Science**, Engineering and Technology 39 2008

Jose Francisco Saray Villamizar, Youakim Badr, Ajith Abraham, 2010, An Enhanced Fuzzy-Gentic Algorithm to Sove Satisifiability Problums., **IEEE** 803-814.

Islam, Yogyakarta, 2010, Optimization of Fuzzy Membership Function Using Genetic Algorithm to Minimize the MSE of Credit Status Prediction , **APIEM**, 1-7.

Iris Dataset, http://archive.ics.uci.edu/ml/datasets/Iris/

การพัฒนาระบบการฝึกอบรมอิเล็กทรอนิกส์แบบยืดหยุ่นเชิงอัจฉริยะสำหรับหลักสูตรการสร้างความตระหนักรู้ด้านความมั่นคงปลอดภัยทางไซเบอร์

DEVELOPMENT OF INTELLIGENT AND FLEXIBLE E-TRAINING SYSTEMS FOR CYBER SECURITY AWARENESS COURSE

เกศินี ลำยอง

สถาบันวิทยาการสารสนเทศ มหาวิทยาลัยศรีปทุม

E-mail: kesinee@state.gov

ประสงค์ ปราณีตพลกรัง

สถาบันวิทยาการสารสนเทศ มหาวิทยาลัยศรีปทุม

E-mail: prasong.pr@spu.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยเรื่องการพัฒนาต้นแบบระบบการฝึกอบรมอิเล็กทรอนิกส์แบบยืดหยุ่นเชิงอัจฉริยะสำหรับหลักสูตรการสร้างความตระหนักรู้ด้านความมั่นคงปลอดภัยทางไซเบอร์ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและวิเคราะห์หาแนวทางการนำระบบการฝึกอบรมทางอิเล็กทรอนิกส์แบบยืดหยุ่นเชิงอัจฉริยะมาประยุกต์ใช้เพื่อพัฒนาศักยภาพองค์กร เนื่องจากการฝึกอบรมเป็นกระบวนการที่สำคัญของการพัฒนาบุคลากรในองค์กร การส่งบุคลากรเข้าฝึกอบรมต้องใช้งบประมาณและค่าใช้จ่ายอื่นๆ เป็นจำนวนมาก

ผู้วิจัยจึงได้ทำการกำหนดกรอบของการศึกษาในการพัฒนาการฝึกอบรมทางอิเล็กทรอนิกส์สำหรับองค์กร โดยใช้ระบบการฝึกอบรมเรื่อง ความตระหนักด้านความมั่นคงปลอดภัยทางไซเบอร์เป็นต้นแบบ ซึ่งระบบสามารถจัดการขั้นตอนของการฝึกอบรมได้อย่างครบวงจรตั้งแต่การตรวจสอบสถานะผู้เรียน การลงทะเบียนเพื่อเข้าสู่ระบบ ประวัติการทดสอบและการฝึกอบรมของผู้เรียน ตลอดจนเลือกบทเรียนให้ผู้เรียนได้อย่างเหมาะสมตรงกับความต้องการของแต่ละบุคคล ทั้งนี้ระบบยังสามารถจดจำกิจกรรมที่ผู้เรียนได้ทำการอบรมและทดสอบโดยยังไม่เสร็จสมบูรณ์ซึ่งเมื่อผู้เรียนกลับมาเข้าสู่ระบบอีกครั้งก็สามารถเรียนและทดสอบได้อย่างต่อเนื่องโดยไม่ต้องเริ่มทำการเริ่มต้นอีกครั้ง ในการทดสอบสามารถแจ้งผลให้ผู้เรียบทราบได้ทันที ระบบยังสามารถทำการปรับปรุงเนื้อหาของบทเรียนให้สอดคล้องกับนโยบายและมีความทันสมัย ผลวิจัยที่ได้สามารถใช้เป็นแนวทางพัฒนาการฝึกอบรมทางอิเล็กทรอนิกส์เพื่อพัฒนาศักยภาพองค์กร รวมถึงเสนอแนะแนวทางการนำระบบการฝึกอบรมทางอิเล็กทรอนิกส์มาใช้ให้เหมาะสมและสอดคล้องกับแนวทางในการพัฒนาบุคลากรขององค์กรต่อไป

คำสำคัญ: การฝึกอบรมทางอิเล็กทรอนิกส์ ระบบการฝึกอบรมแบบยืดหยุ่น ระบบอัจฉริยะ การตระหนักรู้ด้านความมั่นคงปลอดภัยทางไซเบอร์

ABSTRACT

The main objective of this research is to seek the best approach to implement Intelligent Flexible e-Training that earns organization maximized potential. Training as one of Human Resource development tools not only require considerable amount of financial resources, also searching and acquiring eligible institutes as well as instructors with necessary expertise for particular subjects is time-consuming process, not to mention how often organizations have to keep all those knowledge up-to-date. Thus, e-Training deployment will alleviate the aforementioned issues and is considered as sustainable mean to address organizations' requirements and policies more accurately.

Researcher determines "Cyber Awareness Security Training" prototype as a research framework. The system was designed for enormous the flexibility of the e-Training combines account management function including user registration training and testing record, verification process. Furthermore, the system will select the most appropriate training objective and content to specific training needs of each person. The system also has the ability to save and resume last session when user logs out or the session times out, user can be stored into the database to resume the last session when logging in again. Upon completion of the testing, the exam results will be declared immediately and recorded into personal data system. The system provides a flexible template for all management and training content modification for the most up-to-date information meet the needs of the organization. Results are exploited to materialize suitable e-training development schemes that leverage Human Resource potential and still well-aligned with organizations' practice.

KEYWORDS: e-Training, Flexible training system, Intelligent system, Cyber security awareness

1. บทนำ

ปัจจุบันการฝึกอบรม (Training) ในหน่วยงาน ทั้งภาครัฐและเอกชน ได้รับความสนใจและกำลังเป็นที่นิยมอย่างแพร่หลาย ซึ่งจะเห็นได้จากการที่มีโครงการฝึกอบรมสัมมนาสำหรับบุคลากรในระดับต่างๆ เพิ่มมากขึ้นอย่างต่อเนื่อง แสดงว่าองค์กรในทุกภาคส่วนได้ตระหนักและเล็งเห็นถึงความสำคัญในการพัฒนาทรัพยากรมนุษย์เป็นอย่างมาก โดยถือว่า การพัฒนาทรัพยากรมนุษย์เป็นการลงทุนที่คุ้มค่ากับการพัฒนาความมั่นคงขององค์การในอนาคต การจัดการอบรมทั้งภายในองค์กร (In house Training) หรือ การเดินทางไปฝึกอบรมนอกสถานที่ทั้งในประเทศและต่างประเทศ องค์กรต้องเสียค่าใช้จ่ายในการฝึกอบรมตลอดจนค่าเดินทางเพื่อไปฝึกอบรมรวมถึงค่าใช้จ่ายและเบี้ยเลี้ยงต่างๆ อันอาจจะเกิดขึ้นตลอดการฝึกอบรม การฝึกอบรมแบบออนไลน์หรือเชิงอิเล็กทรอนิกส์ (e-Training) จึงเป็นทางออกที่ดีในการลดค่าใช้จ่าย ประหยัดเวลา ตลอดจนขยายโอกาสให้พนักงานสามารถเข้ารับการฝึกอบรมได้อย่างทั่วถึง

การฝึกอบรมแบบออนไลน์ คือการฝึกอบรมผ่านระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์อินเทอร์เน็ต หรืออินทราเน็ต ผู้ฝึกอบรมต้องทำการฝึกอบรมด้วยตัวเองตามหัวข้อที่สนใจ การนำระบบคอมพิวเตอร์เข้ามาเป็นสื่อกลางในการจัดการการฝึกอบรมจึงถือได้ว่าเป็นการเพิ่มศักยภาพให้กับระบบการฝึกอบรมได้อีกทางหนึ่ง ทั้งนี้

พนักงานสามารถจะเรียนได้ด้วยตนเอง สามารถเรียนได้ทุกที่ทุกเวลา ทำให้มีความยืดหยุ่นในการอบรม พนักงานสามารถเลือกหัวข้อในการฝึกอบรมได้ตามความต้องการ ทำให้พนักงานได้มีโอกาสพัฒนาทักษะที่สอดคล้องกับการทำงานได้อย่างรวดเร็ว อีกทั้งยังช่วยประหยัดในเรื่องของค่าใช้จ่ายและเวลา การฝึกอบรมโดยอาศัยสื่ออิเล็กทรอนิกส์จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่จะนำพาให้องค์กรเกิดการพัฒนาได้อย่างรวดเร็ว

ระบบการฝึกอบรมเชิงอิเล็กทรอนิกส์ และ การเรียนเชิงอิเล็กทรอนิกส์ ต่างเป็นระบบที่สร้างการเรียนรู้ผ่านระบบอิเล็กทรอนิกส์โดยใช้เทคโนโลยีต่างๆ เช่น ข้อความ รูปภาพ เสียง วิดีโอ และมัลติมีเดียต่างๆ โดยนิยมใช้เว็บเบราว์เซอร์เป็นเครื่องมือเพื่อถ่ายทอดความรู้ไปสู่ผู้เรียน ในทางปฏิบัติแล้ว การฝึกอบรมเชิงอิเล็กทรอนิกส์จะเป็นการเรียนหรือการฝึกอบรมที่มีวัตถุประสงค์ที่เฉพาะเจาะจงมากกว่า โดยมุ่งหวังที่จะให้ผู้อบรมสามารถนำสิ่งที่ได้เรียนรู้มาประยุกต์ใช้กับงานหรือสถานการณ์ต่างๆ ในองค์กรได้ เช่น การฝึกอบรมเรื่องความปลอดภัยและจรรยาบรรณการใช้ระบบคอมพิวเตอร์ซึ่งถือเป็นเรื่องที่เฉพาะเจาะจง โดยแต่ละองค์กรจะมีนโยบายด้านความปลอดภัยที่แตกต่างกัน ฉะนั้นเนื้อหาที่จะนำมาอบรมจะเป็นเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับองค์กรนั้นๆ โดยเฉพาะไม่สามารถหาเรียนได้ทั่วไป

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 การฝึกอบรม (Training)

การฝึกอบรม คือ กระบวนการในอันที่จะทำให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมเกิดความรู้ ความเข้าใจ ทัศนคติ และความชำนาญในเรื่องใดเรื่องหนึ่ง และเปลี่ยนพฤติกรรมไปตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ การจัดโครงการฝึกอบรม เป็นเพียงหนึ่ง ในหลายวิธีการในการพัฒนาบุคลากรขององค์กร และการฝึกอบรมจะบังเกิดผลดีต่อเมื่อผู้รับผิดชอบดำเนินการอย่างมีระบบซึ่งจะเกิดขึ้นได้หากผู้รับผิดชอบจัดการฝึกอบรมมีความเข้าใจถึงกระบวนการฝึกอบรมและวิธีดำเนินการในแต่ละขั้นตอนอย่างเหมาะสม

2.2 การฝึกอบรมเชิงอิเล็กทรอนิกส์ (e -Training)

การฝึกอบรมเชิงอิเล็กทรอนิกส์ คือ กระบวนการฝึกอบรมผ่านสื่ออิเล็กทรอนิกส์ เป็นกระบวนการจัดการฝึกทักษะ เพิ่มพูนสาระความรู้ ที่เน้นให้ผู้เข้ารับการอบรมนั้นเรียนรู้ด้วยตนเอง ผู้เข้าอบรมมีอิสระในการเข้าศึกษา เรียนรู้ตามเวลา โอกาสที่ผู้ฝึกอบรมต้องการ โดยเนื้อหาขององค์ความรู้จะถูกออกแบบมาให้ศึกษาเรียนรู้ได้โดยง่าย ในรูปแบบมัลติมีเดีย ซึ่งประกอบด้วยสื่อที่เป็นข้อความ รูปภาพ หรืออาจจะมีเสียง รวมถึงภาพเคลื่อนไหว โดยอาศัยเครื่องมือการติดต่อสื่อสารที่ทันสมัย สำหรับทุกคนที่สามารถศึกษาและเรียนรู้ได้ทุกเวลา และทุกสถานที่ (Anyone, Anywhere and Anytime) การฝึกอบรมเชิงอิเล็กทรอนิกส์ จึงเป็นการศึกษาเพื่อเพิ่มเติมทักษะความรู้อย่างต่อเนื่องตลอดชีวิต ที่ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ได้ทุกวัน ทุกสถานที่

2.3 ระบบการฝึกอบรมอัจฉริยะ (Intelligent Training System)

ระบบการฝึกอบรมอัจฉริยะ (Intelligent Training Systems: ITS) เป็นแนวทางการพัฒนาระบบการเรียนการฝึกอบรมยุคใหม่ ที่ต้องการพัฒนาระบบการฝึกอบรมให้ระบบมีการจัดการการฝึกอบรมที่สนับสนุนการเรียนแบบรายบุคคล (Individualized) ซึ่งมีการปรับเนื้อหาที่จะสอนตามความสามารถของผู้เข้ารับการฝึกอบรมอย่างอัตโนมัติ โดยระบบจะมีการทำการทดสอบผู้เข้ารับการฝึกอบรมก่อนจากนั้นจะทำการเลือกบทเรียนที่เหมาะสมให้กับผู้รับการฝึกอบรมเป็นรายบุคคล ซึ่งระบบการฝึกอบรมอัจฉริยะควรจะต้องมีองค์ประกอบหลัก 3 ส่วน

ได้แก่ องค์ความรู้หรือเนื้อหาที่จะสอนให้กับผู้เข้ารับการฝึกอบรม องค์ความรู้เกี่ยวกับเข้ารับการฝึกอบรม และองค์ความรู้เกี่ยวกับกลยุทธ์ของระบบการฝึกอบรบ

2.4 ระบบการเรียนแบบยืดหยุ่น (Flexible Learning System) เป็นรูปแบบการเรียนการสอนแบบใหม่ที่นับวันจะมีบทบาทสำคัญในระบบการศึกษามากขึ้น แต่ทั้งนี้จะต้องอาศัยความพร้อมทั้งของครูผู้เรียน และที่สำคัญคือ ระบบโครงสร้างพื้นฐาน (Infrastructure) ที่สมบูรณ์ แต่อย่างไรก็ตาม การเรียนแบบยืดหยุ่นสามารถนำมาใช้เป็นส่วนหนึ่งของระบบการเรียนการสอนปกติได้ เช่น การใช้สื่อเทคโนโลยีสมัยใหม่ในรูปต่างๆ เป็นองค์ประกอบเสริมในการเรียนให้ผู้เรียนมีโอกาสในการเรียนรู้ตามความสามารถ ความพร้อมและความต้องการของแต่ละคนมากขึ้น

2.5 ความมั่นคงปลอดภัยทางไซเบอร์ (Cyber Security Awareness) การสร้างความตระหนักให้กับผู้ใช้งานระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ เป็นหัวใจสำคัญของการรักษาความมั่นคงปลอดภัยให้กับระบบ คอมพิวเตอร์และข้อมูล โดยเฉพาะอย่างยิ่งกับการใช้ งาน เครือข่ายองค์กรที่ต้องการความปลอดภัย ในการเข้าถึงและการรักษาข้อมูลระดับสูงสุด เป็นการป้องกันภัยได้ดีที่สุด Mitnick (1995) กล่าวว่าระบบความปลอดภัยของคอมพิวเตอร์ที่เป็นส่วนที่ถูกเจาะได้ง่ายที่สุดและมักจะถูกมองข้ามก็คือส่วนที่มาจากคน

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สุรศักดิ์ มังสิงห์ (2551) ได้ทำการศึกษาและพัฒนาระบบสอนเสริมที่สร้างความฉลาดให้กับระบบด้วยเทคนิคด้านปัญญาประดิษฐ์แบบซอฟต์แวร์เอเจนต์ โดยระบบสามารถตรวจสอบประวัติการเรียนของผู้เรียนและให้คำแนะนำเกี่ยวกับบทเรียนที่ควรศึกษาหรือทบทวนให้แก่ผู้เรียนแต่ละรายอย่างเหมาะสม ระบบถูกออกแบบและพัฒนาให้สามารถบูรณาการเนื้อหาบทเรียนที่ได้จากระบบ CAI และระบบการเรียนการสอนผ่านสื่ออิเล็กทรอนิกส์ที่มีอยู่

นัฏพันธุ์ นันทวาศ (2551) ได้ทำการศึกษาการสร้างบทเรียนอิเล็กทรอนิกส์บนเครือข่ายเรื่องการเขียนแบบวิศวกรรม สำหรับนักศึกษาคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาได้แก่บทเรียนอิเล็กทรอนิกส์บนเครือข่ายเรื่องการเขียนแบบวิศวกรรมและแบบสอบถาม ซึ่งเก็บรวบรวมข้อมูลโดยให้กลุ่มตัวอย่างทดสอบการใช้งานบทเรียนอิเล็กทรอนิกส์บนเครือข่ายเรื่องการเขียนแบบวิศวกรรม

หรรษา ปัญญาภู (2548) ได้พัฒนาเครื่องมือสำหรับบริหารจัดการระบบการเรียนการสอนทางอิเล็กทรอนิกส์ของมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เป็นโปรแกรมที่ถูกพัฒนาขึ้นมา เพื่อช่วยในการบริหารจัดการระบบการเรียนการสอนทางอิเล็กทรอนิคส์ ของมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ซึ่งจะช่วยแก้ปัญหาใช้เนื้อหาวิชาบางส่วนร่วมกันหรือการจัดวางระบบย่อยต่างๆ ภายในเว็บเพจแต่ละหน้าเครื่องมือสำหรับบริหารจัดการระบบการเรียนการสอนทางอิเล็กทรอนิกส์ของมหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Desai (1997) ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับผลที่เกิดจากการใช้คอมพิวเตอร์มัลติมีเดีย เพื่อการฝึกอบรมให้พนักงานพบว่า การฝึกอบรมโดยใช้ CBT สามารถพัฒนาประสิทธิภาพในการทำงานของแต่ละคนได้อย่างมีนัยสำคัญ CBT ที่นำมาใช้มีประสิทธิภาพสูงกว่าการบรรยายจากวิทยากร อีกทั้งในการฝึกอบรมที่มีการตอบสนองจะมีประโยชน์ในระยะยาว และการฝึกอบรมที่มีประสิทธิภาพจะต้องมีการตอบสนองจากผู้ฝึกอบรมด้วย

Tyan et al. (1998) ได้ทำการวิจัยเรื่องการใช้การติดต่อ สื่อสารผ่านคอมพิวเตอร์ในระดับอุดมศึกษาภาคเอกชนในไต้หวัน ด้วยการจัดระบบการศึกษาที่นำเอา CMC (Computer Mediated Communication) และ

VICTORY (Virtual Classroom & Virtual Corporation System) มาพัฒนาในการจัดสภาพแวดล้อมทางการศึกษาด้วยอิเล็กทรอนิกส์ และพัฒนาคุณภาพการศึกษา ผู้เรียนแต่ละคนมีความต้องการที่จะมีส่วนร่วมในการประชุมทางอิเล็กทรอนิกส์ก่อนที่จะใช้การอภิปรายแบบเผชิญหน้าในห้องเรียนปกติ ทำให้ผู้เรียนได้มีโอกาสที่จะมีการเรียนรู้แบบร่วมมือกัน และการเรียนรู้ด้วยตนเองได้เป็นอย่างดี

Hadley (1998) ได้ศึกษาผลของการนำเทคโนโลยีมาประยุกต์ใช้ในการจัดการเรียนสอนของครู โดยศึกษาปฏิสัมพันธ์ในการมีส่วนร่วมในการใช้อีเมล (e-mail) ห้องสนทนา (Chat Room) และเว็บไซต์ (Web Site) ที่เกี่ยวข้องระหว่างครูกับนักเรียน นักเรียนกับนักเรียน และ นักเรียนกับแหล่งข้อมูล จากการศึกษาพบว่า การใช้อีเมลเป็นการเพิ่มโอกาสให้ครูกับนักเรียนมีปฏิสัมพันธ์กันมากขึ้น และช่วยลดความเกรงกลัวของนักเรียนที่มีต่อครู ห้องสนทนา ช่วยขยายขอบเขตในการสนทนาโต้ตอบระหว่างครูกับนักเรียน นักเรียนกับนักเรียนและช่วยเพิ่มความสนใจของผู้เรียนและช่วยให้ผู้เรียนสามารถเข้าถึงแหล่งข้อมูลได้ทุกเวลาทั้งกลางวันและกลางคืน

Krepps (1986) ได้ศึกษาผลการทดลองชุดฝึกอบรมคอมพิวเตอร์ต่อการตอบสนองของงานที่มีผลต่ออารมณ์และความรู้สึกของพนักงานที่มีผลต่ออารมณ์และความรู้สึกของพนักงานที่มีต่องาน ที่เปลี่ยนเป็นการปฏิบัติโดยอัตโนมัติ เพื่อทดสอบปฏิกิริยาความรู้สึกของพนักงานที่มีต่องาน มีการเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมในสถานที่ต่างกัน ทำการทดลอง 2 ครั้ง จากผลการวิจัยพบว่า หลังจากการทดลองใช้ชุดฝึกอบรมการปฏิบัติงานมีการวิเคราะห์สำรวจงานเพิ่มมากขึ้น

3. วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเพื่อออกแบบและพัฒนาระบบการฝึกอบรมอิเล็กทรอนิกส์แบบยืดหยุ่นเชิงอัจฉริยะสำหรับหลักสูตรการสร้างความตระหนักรู้ด้านความมั่นคงปลอดภัยทางไซเบอร์ โดยมีกระบวนการวิจัยดังนี้

3.1 การศึกษาและวิเคราะห์

ศึกษาหลักการ ทฤษฎี เอกสาร งานวิจัยที่เกี่ยวข้องในส่วนของการออกแบบและสร้างระบบการฝึกอบรมทางอิเล็กทรอนิกส์พัฒนาหลักสูตร และ จัดเตรียมเนื้อหาด้านเทคโนโลยีสารสนเทศและความมั่นคงปลอดภัยทางไซเบอร์ ศึกษาระบบการฝึกอบรมภาคบังคับภายในองค์กรเพื่อให้สิทธิ์พนักงานในการเข้าถึงข้อมูลและระบบเครือข่าย การฝึกอบรมด้านความมั่นคงปลอดภัยทางไซเบอร์ถือว่าเป็นหัวใจสำคัญในการจัดการดูแลรักษาความปลอดภัยของระบบคอมพิวเตอร์ เพื่อนำมาเป็นกรอบแนวคิดในการสร้างเครื่องมือการพัฒนาระบบการฝึกอบรมอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งในการสร้างระบบครั้งนี้ผู้วิจัยได้มุ่งเน้นไปที่การสร้างระบบการฝึกอบรมทางอิเล็กทรอนิกส์หลักสูตรการสร้างความตระหนักด้านความมั่นคงปลอดภัยทางไซเบอร์ ที่มีความยืดหยุ่นสูงและเหมาะสมกับผู้เรียนมากที่สุด

3.2 การศึกษาเครื่องมือและเทคโนโลยีที่นำมาใช้ในการพัฒนาระบบ

ในการวิจัย ผู้วิจัยได้ทำการสร้างระบบฝึกอบรมทางอิเล็กทรอนิกส์ ภายใต้มาตรฐาน SCORM (Sharable Content Object Reference Model) เนื่องจากทำให้ระบบมีความเป็นมาตรฐาน และ ข้อกำหนดที่มาจากแหล่งข้อมูลหลายประเภท เพื่อให้เกิดการเรียนรู้ผ่านสื่ออิเล็กทรอนิกส์ กล่าวคือระบบความสามารถในการเข้าถึงได้อย่างง่ายไม่ซับซ้อนทั้งในส่วนของผู้ดูแลระบบและผู้เรียน ระบบสามารถทำการปรับปรุงแก้ไขได้ มีความยืดหยุ่นสูง

เมื่อมีการอัพเกรดระบบซอฟต์แวร์เกิดขึ้นต้องไม่มีผลกระทบใดๆกับระบบ ฝึกอบรมทางอิเล็กทรอนิกส์ซึ่งผู้เรียนยังคงสามารถใช้งานระบบตามปกติได้อย่างราบรื่น และทำสามารถเข้าถึงระบบฝึกอบรมได้โดยผ่านการใช้งานของอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ ระบบปฏิบัติการและเว็บเบราว์เซอร์ได้อย่างหลากหลาย

3.3 การวิเคราะห์ ออกแบบและพัฒนาโปรแกรม

ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์และออกแบบระบบงานซึ่งแบ่งเป็นด้านผู้ดูและระบบซึ่งจะเป็นผู้จัดการด้านการลงทะเบียน การจัดการรหัสผ่าน การออกแบบ สร้าง ปรับปรุง และแก้ไขบทเรียนตลอดจนแบบทดสอบ การเข้าถึงข้อมูลส่วนตัวของผู้เรียน ซึ่งหลังจากการเข้าสู่ระบบแล้วผู้เรียนสามารถทราบสถานะของตนเองและกิจกรรมที่ตนเองสามารถทำได้ดังรูปที่ 1 ซึ่งระบบจะมีการบันทึกผลและข้อมูลผู้เรียนไว้ในระบบและสามารถแสดงให้เห็นได้หลังจากที่ผู้เรียนได้ทำการลงทะเบียนเพื่อเข้าสู่ระบบ

รูปที่ 1 หน้าแสดงสถานะและกิจกรรมของผู้เรียน

หากระบบตรวจสอบข้อมูลของผู้เรียนและพบว่าผู้เรียนต้องทำการทดสอบและฝึกอบรมเพื่อทำการต่ออายุการใช้งานและเข้าถึงระบบเครือข่ายขององค์กร โดยระบบจะเริ่มต้นตรวจสอบชุดของแบบทดสอบและเนื้อหาในการฝึกอบรมซึ่งถ้าเป็นชุดเดิมผู้เรียนสามารถทำการทดสอบได้ทันที แต่ถ้าหากระบบตรวจสอบพบว่าระบบมีการปรับปรุงวัตถุประสงค์และเนื้อหาผู้เรียนจะต้องทำการเรียนในวัตถุประสงค์นั้นๆก่อนทำการทดสอบ ในกรณีที่ผู้เรียนสามารถผ่านแบบทดสอบได้ทุกวัตุประสงค์การเรียนรู้ผู้เรียนสามารถพิมพ์ผลการทดสอบได้ทันทีและผลทำถูกจัดเก็บอยู่ในระบบตามระยะเวลาที่กำหนด ทั้งนี้ผู้เรียนไม่ต้องเสียเวลาเรียนในวัตถุประสงค์ที่ผู้เรียนได้สามารถผ่านการทดสอบแล้ว หลังจากผลสอบหมดอายุผู้เรียนจะต้องเริ่มกระบวนการทดสอบและฝึกอบรมอีกครั้ง แต่ถ้าหลังจากผู้เรียนทำการทดสอบแล้วไม่สามารถสอบผ่านเกณฑ์ตามวัตถุประสงค์การเรียนรู้ได้ ผู้เรียนต้องทำการฝึกอบรมเพิ่มเติมตามวัตถุประสงค์การเรียนรู้นั้นๆจนสามารถสอบผ่านได้ ทั้งนี้ระบบจะทำการการเลือกบทเรียนที่เหมาะสมให้กับผู้เรียนแต่ละบุคคล ซึ่งสามารถอธิบายแผนผังการทำงานรวมของระบบ ดังรูปที่ 2 และรูปที่ 3แผนผังการทำงานรวมของระบบสำหรับผู้ดูแลระบบ ซึ่งสามารถเข้าถึงส่วนต่างๆ ของระบบ

FRONT END

รูปที่ 2 สถาปัตยกรรมของระบบสำหรับผู้ใช้งาน

BACK END

รูปที่ 3 สถาปัตยกรรมของระบบสำหรับผู้ดูแลระบบ

ผู้วิจัยได้พัฒนา และจัดทำระบบการฝึกอบรมต้นแบบโดยมีการจัดทำแบบทดสอบและประมวลผล รวมถึงเนื้อหาสำหรับผู้ที่มีความต้องการเรียนเสริมในทักษะด้านที่ตนเองขาด ดังนี้

1. ออกแบบและกำหนดแบบทดสอบเนื้อหาที่เกี่ยวข้องตามความเหมาะสม โดย

- กำหนดแบบทดสอบ ตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการวัดระดับที่ผู้เรียนมีพื้นฐาน
- กำหนดรูปแบบและวิธีการในการทดสอบและการประเมินผลผู้เรียน ดังรูปที่ 4 และ รูปที่ 5 แสดงตัวอย่างคำถามของแบบทดสอบที่ผู้เรียนต้องทำการทดสอบให้ผ่านตามวัตถุประสงค์การเรียนรู้
- แสดงผลการทดสอบและจุดประสงค์ที่ผู้เรียนต้องเรียนให้ผ่าน

รูปที่ 4 หน้าแสดงเริ่มต้นการทดสอบ

รูปที่ 5 แสดงตัวอย่างคำถามของแบบทดสอบ

2. ออกแบบ สร้าง และพัฒนาระบบให้อยู่ในรูปของเว็บ และสามารถบันทึกสถานะล่าสุดเพื่อความต่อเนื่องในการฝึกอบรม ไม่ต้องทำการเริ่มต้นใหม่ทุกครั้งที่มีการเข้าระบบ จากรูปที่ 6 หน้าแสดงสถานะของผู้เรียนและรายการบทเรียนทั้งหมดหลัง รวมถึงคะแนนและรายละเอียดการฝึกอบรม

รูปที่ 6 หน้าแสดงสถานะของผู้เรียนและรายการบทเรียนทั้งหมด รวมถึงคะแนนและรายละเอียดการฝึกอบรม

3. ออกแบบ สร้าง และพัฒนาระบบฝึกอบรมสนับสนุนระบบอัจฉริยะ ซึ่งหากผู้เรียนสามารถทำการทดสอบได้ทุกวัตถุประสงค์ ผู้เรียนสามารถข้ามบทเรียนนั้นๆ และทำการเรียนเฉพาะบทเรียนที่ผู้เรียนขาดทักษะ

4. สร้างระบบที่รองรับการปรับปรุง เปลี่ยนแปลง เพิ่ม ลด เนื้อหาและแบบทดสอบให้ทันสมัยและสอดคล้องกับนโยบายอยู่เสมอ รูปที่ 7 แสดงถึงหน้าสำหรับผู้ดูแลระบบหรือผู้สอนที่สามารถเข้าไปทำการจัดการและปรับปรุงระบบฝึกอบรมทั้งหมด รวมถึงแบบทดสอบต่างๆ ที่ต้องมีการพัฒนาให้มีความทันสมัยและสอดคล้องกับนโยบายขององค์กรอยู่เสมอ

รูปที่ 7 แสดงถึงหน้าสำหรับผู้ดูแลระบบหรือผู้สอนที่สามารถเข้าไปทำการจัดการและปรับปรุงระบบ

4. ผลการวิจัย

งานวิจัยนี้ ได้มีการนำแนวคิดของระบบอัจริยะ ซึ่งเป็นต้นแบบในการสร้างระบบการฝึกอบรมเชิงอิเล็กทรอนิกส์แบบยืดหยุ่นเชิงอัจฉริยะสำหรับหลักสูตรการสร้างความตระหนักรู้ด้านความมั่นคงปลอดภัยทางไซเบอร์ ซึ่งทำให้ระบบมีความฉลาดรู้จักผู้เรียนและความสามารถของแต่ละบุคคลและมีความยืดหยุ่นในการใช้งานโดยไม่มีข้อจำกัดในเรื่องของเวลา เมื่อผู้เรียนทำการล็อกอินเข้าสู่ระบบระบบจะทำการตรวจสอบผลการทดสอบและสามารถเลือกบทเรียนให้กับผู้เรียนแต่ละคนได้อย่างเหมาะสมโดยอัตโนมัติ ผู้เรียนต้องทำการทดสอบก่อนการฝึกอบรม ซึ่งผลการทำแบบทดสอบจะถูกบันทึกไว้ในระบบฐานข้อมูลเพื่อให้เป็นข้อมูลอ้างอิงในการเลือกบทเรียนให้กับผู้เรียน และสามารถทราบสถานะของผู้เรียนได้ เป็นการช่วยลดเวลาที่ใช้ในการฝึกอบรมได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งนี้ระบบดังกล่าวสามารถพัฒนาเนื้อหาและแบบทดสอบให้มีความทันสมัยอยู่เสมอ เนื่องจาก มีสถาปัตยกรรมที่มีความยืดหยุ่นในการสร้างและพัฒนาแบบเรียนตลอดจนถึงแบบทดสอบ และการประเมินผล กล่าวได้ว่าระบบการฝึกอบรมอิเล็กทรอนิกส์แบบยืดหยุ่นเชิงอัจฉริยะมีความสามารถมากกว่าระบบการฝึกอบรมผ่านสื่ออิเล็กทรอนิกส์โดยทั่วไป

5. สรุป

การศึกษาวิจัยในครั้งนี้เป็น เป็นการวิจัยในแนวทางแบบผสมผสานวิธี (Mixed Methodology) ซึ่งมีการศึกษาและวิเคราะห์ เอกสารและงานวิจัยต่างๆ เพื่อใช้เป็นความรู้พื้นฐานและข้อมูลอ้างอิง ตลอดจนการสำรวจและวิเคราะห์ความต้องการของการฝึกอบรมของบุคคลากรในองค์กร เพื่อนำมาประยุกต์ใช้ในการสร้างระบบฝึกอบรมทางอิเล็กทรอนิกส์ การสร้างความตระหนักรู้แบบยืดหยุ่นเรื่อง (Cyber Security Awareness) หลังจากการฝึกอบรมแล้วผู้เรียนจะมีความรู้ ความเข้าใจ และตระหนักถึงความสำคัญในการรักษาความปลอดภัยในการใช้

งานระบบคอมพิวเตอร์ขององค์กรและภัยคุกคามต่างๆอันจะก่อให้เกิดความเสียหายแก่องค์กรได้ ผลที่ได้จากการวิจัยนี้ จะเป็นระบบการฝึกอบรมเชิงอิเล็กทรอนิกส์ที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับระบบการฝึกอบรมเดิมที่มีอยู่ได้ และสามารถนำไปใช้เป็นต้นแบบในการออกแบบและพัฒนาระบบการฝึกอบรมอิเล็กทรอนิกส์อัจฉริยะแบบยืดหยุ่นเพื่อให้สอดคล้องกับความต้องการของผู้เรียนแต่ละคนต่อไปและเป็นการลดความซับซ้อนในการจัดการฝึกอบรมและช่วยประหยัดงบประมาณ

6. เอกสารอ้างอิง

ถนอมพร ตันพิพัฒน์. 2539. “อินเทอร์เน็ตเพื่อการศึกษา,”, **วารสารครุศาสตร์.** (กรกฎาคม - กันยายน 2539) : 1-11.

นัฏพันธุ์ นันทวาศ. 2551. “การสร้างบทเรียนอิเล็กทรอนิกส์บนเครือข่ายเรื่องการเขียนแบบ วิศวกรรมสำหรับนักศึกษาคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.” วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

สถาบันพัฒนาข้าราชการพลเรือน. 2532. “กระบวนการฝึกอบรม.” **เอกสารประกอบการบรรยาย เรื่อง การฝึกอบรมความรู้พื้นฐานด้านการฝึกอบรม**, 1.

สุรศักดิ์ มังสิงห์. 2551. “ระบบสอนเสริมอัจฉริยะสาหรับการเรียนภาษาคอมพิวเตอร์.” **ศรีปทุมปริทัศน์** 7(2)

หรรษา ปัญญาภู. 2548. “การพัฒนาเครื่องมือสำหรับบริหารจัดการระบบการเรียนการสอนทางอิเล็กทรอนิกส์ของมหาวิทยาลัยเชียงใหม่.” วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการจัดการ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

Desai, A. 1997. **Benchmarking Multimedia Databases Multimedia Tools Appl.** 4(3): 333-356

Brown, B. L. 1998. “Distance Education and Web-based Training,” (CD-ROM). RIEOCT 1999. Abstract from: ERIC ED430120

Hadley, N. J. 1998. “The effect of technology support system on Achievement and attitudes of preservice Teachers (computer mediated instruction),” (CD-ROM) Abstract from: Dissertation Abstract: AAC9914276

Karagiannidis, C. 2006. Book review “Web-Based Intelligent e-Learning Systems: Technologies and Applications,” (Zongmin Ma) **Educational Technology & Society**, 9 (4): 242-243

Krepps, K. A. 1986. "The effects of an experimental computer training program on effective job Responses for employees converting to an automated operation (Organizational Behavior, Attitude, Operations research)," **Dissertation Abstracts International** 47: 1293 – A

Sushil Jajodia, Peng Liu, Vipin Swarup and Cliff Wang. 2009. **Cyber Situational Awareness: Issues and Research** (Advances in Information Security). Springer Verlag Publishing Company. 2009.

Tyan, N. N., & Hong, F. M. 1998. When western technology meets oriental culture: Use of computer-mediated communication in a higher education classroom. Paper presented at 1998 AECT-InCITE national convention. St. Louis, Missouri, USA

การศึกษาความสัมพันธ์ของปัจจัยที่มีผลต่อกลยุทธ์การจัดวางผลิตภัณฑ์แบบแฝงสำหรับรถยนต์ประหยัดพลังงาน

THE STUDY OF FACTORS RELATIONSHIPAFFECT TOPRODUCT PLACEMENT STRATEGY FORECOLOGY CARS

จรณ์สัณห์ กัลยณวัฒน์

DBA, Siam University

E-mail : visit_visit001@hotmail.com

ปริญ ลักษิตามาศ

DBA, Siam University

E-mail : prinsiam@gmail.com

บทคัดย่อ

การศึกษาวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อกลยุทธ์การจัดวางผลิตภัณฑ์แบบแฝสำหรับรถยนต์ประหยัดพลังงาน โดยปัจจัยในการศึกษาได้แก่ มุมมองการจัดวางผลิตภัณฑ์แบบแฝง (Product Placement Prominence Aspect) การมีส่วนร่วม (Involvement) ความสมบูรณ์ของเนื้อหา (Content Integrity) การวิพากษ์ (Criticism) และคุณค่าตราสินค้า (Brand Equity) จากกลุ่มตัวอย่างพนักงานบริษัทในเขตกรุงเทพมหานคร โดยใช้แบบสอบถามเป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล การศึกษาได้วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัจจัยโดยโปรแกรม AMOS พบว่าในทุกปัจจัยมีความสัมพันธ์เชิงสาเหตุต่อกลยุทธ์ โดยกลุ่มตัวอย่างมีความคิดเห็นในระดับที่เห็นด้วย (Agree) ยกเว้นในเรื่องการพิพากษ์นั้นไม่มีความสัมพันธ์เชิงสาเหตุต่อกลยุทธ์โดยกลุ่มตัวอย่างมีความคิดเห็นในระดับที่ไม่เห็นด้วย(Disagree)และการวิเคราะห์ความเที่ยงตรงของความสัมพันธ์ของปัจจัยที่มีต่อกลยุทธ์ประมวลผลโดย Confirmatory Factor Analysis (CFA)พบว่าทุกปัจจัยมีค่าน้ำหนักปัจจัย (Factor Loading) มากกว่า 0.5 และมีค่าของนัยสำคัญทางสถิติและพบว่าความสัมพันธ์ของปัจจัยที่ส่งผลต่อกลยุทธ์มีความเที่ยงตรง (Validity) คิดเป็นร้อยละ 98.8

คำสำคัญ: กลยุทธ์การจัดวางแบบแฝง, มุมมองการจัดวางผลิตภัณฑ์แบบแฝง, การมีส่วนร่วม, ความสมบูรณ์ของเนื้อหา, คุณค่าตราสินค้า

ABSTRACT

The purpose of this research wasto study the factor relationship affect toproduct placement strategy for ecology cars, factorsstudysuch asproduct placement prominence aspects, involvement, content integrity, criticism, and brand equity from sampling group from Thai officers in the Bangkok Metropolis. The research

used questionnaire as an instrument for collecting data. The analysis by using AMOS program found that product placement prominence aspects, involvement, content integrity and brand equity had a causal relationship to the product placement strategy with the opinion at agree level. However, criticism had not a causal relationship to product placement strategy with the opinion at disagree level. The analysis to examine the validity of each element factors was processed by Confirmatory Factor Analysis (CFA) showed the factor loading was more than 0.50 and also had the value of the statistical significant and the study result of the factors relationship affect to the validity of product placement strategy was 98.8 percent.

KEYWORDS: Product Placement Strategy, Product Placement Prominence Aspects, Involvement, Content Integrity, Brand Equity

1. บทนำ

จากหลายเหตุผลที่มีการนำเอากลยุทธ์การจัดวางผลิตภัณฑ์แบบแฝง(Product Placement Strategy)ซึ่งเป็นรูปแบบการตลาดแนวใหม่ในประเทศไทยมาใช้เพื่อประชาสัมพันธ์ผลิตภัณฑ์ต่างๆมากขึ้นสาเหตุหลักสืบเนื่องจากปัจจุบันนั้นมีความพยายามใช้ช่องทางการสื่อสารและประชาสัมพันธ์ผลิตภัณฑ์ที่มีอยู่เป็นอย่างมากซึ่งเป็นสาเหตุให้ผู้รับข่าวสารถูกรบกวนจากสื่อต่างๆ อีกทั้งยังส่งผลทางอ้อมในการทำให้เกิดทัศนคติที่ไม่ดีต่อผลิตภัณฑ์ จึงได้เกิดความสนใจในการนำกลยุทธ์ดังกล่าวมาใช้เนื่องจาก สามารถเพิ่มโอกาสการประชาสัมพันธ์ผลิตภัณฑ์ และ สามารถเข้าสู่กลุ่มเป้าหมายได้ โดยการนำเอาผลิตภัณฑ์ไปบรรจุในลักษณะแฝงในเรื่องราวหรือฉากในรายการต่างๆทางสื่อ เพื่อสร้างการรับรู้ รวมทั้งทัศนคติที่ดีต่อผลิตภัณฑ์แก่ผู้ชมรายการอย่างไม่เป็นการรบกวน (unobtrusive)จึงแตกต่างจากการสื่อสารในรูปแบบทั่วไป (Alwitt&Prabhaker, 1994)

การศึกษาความสัมพันธ์ของปัจจัยที่มีผลต่อกลยุทธ์ดังกล่าวได้นำมาประยุกต์ใช้ร่วมกับการสื่อสารประชาสัมพันธ์ของรถยนต์ประหยัดพลังงาน(Ecology Car) หรือ อีโคคาร์ (EcoCAR) โดยงานวิจัยส่วนมากเป็นงานวิจัยในต่างประเทศ โดยมากมุ่งเน้นศึกษากลยุทธ์การจัดวางผลิตภัณฑ์แบบแฝงกับสินค้าอุปโภคบริโภค ทั้งนี้ยังไม่มีงานวิจัยเกี่ยวกับความสัมพันธ์ของปัจจัยที่ส่งผลต่อกลยุทธ์ดังกล่าวสำหรับรถยนต์ประหยัดพลังงานมาก่อน โดยการศึกษานี้จะเป็นประโยชน์ต่ออุตสาหกรรมยานยนต์ของประเทศไทยเพื่อมุ่งเน้นการให้ความสำคัญในปัจจัยและ องค์ประกอบของปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ต่อกลยุทธ์ เพื่อช่วยเพิ่มการจดจำ การสร้างทัศนคติที่ดี รวมทั้งเพิ่มยอดจำหน่าย ของรถยนต์ประหยัดพลังงานโดยจากข้อมูลของศูนย์สารสนเทศยานยนต์ได้ระบุถึงเป้าหมายจำนวนรถยนต์ที่ผลิตในประเทศไทย โดยตั้งเป้าไว้ที่จะติดอันดับ 1 ใน 10 ของโลกภายในปี ค.ศ. 2016 ทั้งนี้ในปัจจุบันนั้นอยู่ที่อันดับ 14 ของโลกซึ่งมีการคาดการณ์ไว้ว่า รถยนต์ประหยัดพลังงานจะมีความต้องการสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องจากราคาน้ำมันเพิ่มสูงขึ้นทั้งนี้ จากเงื่อนไขของรัฐบาลไทยที่กำหนดจำนวนการผลิตไว้สูงสำหรับการอนุญาตการผลิตรถยนต์ประหยัดพลังงานต่อผู้ผลิตแต่ละรายที่ 1 แสนคันต่อปีโดยเมื่อพิจารณาต้นทุนที่ใช้ในการลงทุนจะต้องสมดุลกับจำนวนรถยนต์ที่จำหน่ายดังนั้นการศึกษาถึงความสัมพันธ์ของปัจจัยที่มีผลต่อกลยุทธ์การจัดวางผลิตภัณฑ์แบบแฝงสำหรับรถยนต์ประหยัดพลังงานสำหรับผู้ผลิตรถยนต์สำหรับการนำไปใช้เพื่อเป็นประโยชน์ในการประชาสัมพันธ์รถยนต์ประหยัดพลังงาน และเพิ่มยอดจำหน่ายให้ได้ตามแผนที่วางไว้

2. กรอบแนวคิด

การพัฒนากรอบแนวคิด (Conceptual Framwork) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ของปัจจัยที่มีผลต่อกลยุทธ์การจัดวางผลิตภัณฑ์แบบแฝง โดยจากการศึกษาที่ผ่านมาของ Andrews et al. (1992) ได้ระบุถึงปัจจัยที่สำคัญที่มีผลต่อกลยุทธ์ได้แก่ ความสมบูรณ์ของเนื้อหา (Content Integrity) คุณค่าตราสินค้า (Brand Equity) และการมีส่วนร่วม (Involvement) และทั้งนี้ Gupta et al. (2000) ได้กล่าวถึงการวิพากษ์ (Criticism) ซึ่งเป็นอีกหนึ่งปัจจัยที่สำคัญและเกี่ยวข้อง โดยการศึกษานี้ได้นำปัจจัยดังกล่าวร่วมกับ มุมมองการจัดวางผลิตภัณฑ์แบบแฝง (PPL ProminenceAspects) เพื่อค้นหาประสิทธิผลของกลยุทธ์จากการวัดผลของพฤติกรรมผู้บริโภคใน 3 (Balasubramanianet al., 2006) ได้แก่ ความรู้, ความเข้าใจ (Cognition), ความรู้สึก (Affection) และพฤติกรรม (Conation) โดยปัจจัยและองค์ประกอบของปัจจัยได้แสดงในกรอบแนวความคิดวิจัยดังภาพประกอบ 1

ภาพประกอบ 1 กรอบแนวความคิดการศึกษาความสัมพันธ์ของปัจจัยที่มีผลต่อกลยุทธ์การจัดวางผลิตภัณฑ์แบบแฝงสำหรับรถยนต์ประหยัดพลังงาน

3.วิธีการดำเนินวิจัย

ประชากร (Populations)และ กลุ่มตัวอย่าง (Sample)

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ ประชากรภายในเขตกรุงเทพมหานคร ผู้ที่มีประสบการณ์การทำงานและมีเงินเดือนประจำ อย่างน้อย 6 เดือนในหลากหลายอาชีพ ซึ่งจากสถิติสำนักนายกรัฐมนตรีรายงานว่าประชากรในเดือนพฤศจิกายน 2010 มีเพศชาย จำนวน 2,155,700 คน เพศหญิง จำนวน 1,956,800 คน ผู้วิจัยคำนวณขนาดตัวอย่างโดยวิธีของ Taro Yamane (Yamane, 1973) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95ดังนี้

$$\frac{N}{1+Ne^2}$$

โดย n = ขนาดตัวอย่างที่คำนวณได้

N = จำนวนประชากรที่ทราบค่า

e = ค่าความคลาดเคลื่อนที่จะยอมรับได้ (allowable error)

จากการคำนวณได้ขนาดกลุ่มตัวอย่างเป็นเพศชาย 400 คนและเพศหญิง 400 คนรวม 800 คนโดยเลือกเก็บตัวอย่างเพิ่มไว้ที่ 1,000 คน(เพศชาย 500 คนและเพศหญิง 500 คน) ในรูปแบบโควตา (Quota Sampling) โดยแบ่งพื้นที่ในเขตกรุงเทพมหานครเป็น 4 ย่านธุรกิจ ได้แก่ สีลม สุขุมวิท รัชดาภิเษก และ อโศก เนื่องจากมีความหลากหลายด้านอาชีพและรายได้ ทั้งนี้เพื่อป้องกันข้อผิดพลาดในการเก็บข้อมูล โดยผู้เก็บแบบสอบถามได้ทำการอธิบายในรายละเอียดที่สำคัญ อาทิเช่น ความหมายของกลยุทธ์ รวมทั้งปัจจัย และ องค์ประกอบของปัจจัยที่สำคัญ เพื่อให้ผู้ตอบแบบสอบถามมีความเข้าใจตรงกัน และเพื่อป้องกันปัญหาอคติ (Bias) จึงเพิ่มการเลือกสุ่มตัวอย่างแบบสะดวก (Convenience Sampling)

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ผู้วิจัยใช้แบบสอบถามในการเก็บรวบรวมข้อมูลสำหรับการศึกษา โดยแบ่งเป็น 2 ตอนโดย ตอนที่ 1เป็นคำถามเกี่ยวกับข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม และ พฤติกรรมผู้บริโภคและ ตอนที่ 2เป็นคำถามเกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่อกลยุทธ์การจัดวางผลิตภัณฑ์แบบแฝงสำหรับรถยนต์ประหยัดพลังงาน

4. สรุปผลการวิจัย

การวิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้ วิเคราะห์ข้อมูลโดยการใช้โปรแกรม Amos Version 6.0โดยแบ่งการวิเคราะห์เป็น 2ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1:วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัจจัยที่มีผลต่อกลยุทธ์การจัดวางผลิตภัณฑ์แบบแฝงสำหรับรถยนต์ประหยัดพลังงานโดยใช้ Likert Scale ซึ่งแบ่งมาตรวัด (internal scale) เป็น 5 ช่วง (4.21 – 5.00 = Strongly Agree, 3.41 – 4.20 = Agree, 2.61 – 3.40 = Neutral, 1.81 – 2.60 = Disagree, 1.00 – 1.80 = Strongly Disagree) พบว่ากลุ่มตัวอย่างมีความคิดเห็นโดยภาพรวมในด้านต่างๆ ดังภาพประกอบ 2

ภาพประกอบ 2 แผนภาพสรุปผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัจจัยที่มีผลต่อกลยุทธ์การจัดวางผลิตภัณฑ์แบบแฝง

การศึกษาถึงความสัมพันธ์ของแต่ละปัจจัยและองค์ประกอบของปัจจัยที่มีผลต่อกลยุทธ์การจัดวางผลิตภัณฑ์แบบแฝงได้ดังนี้

- *มุมมองการจัดวางผลิตภัณฑ์แบบแฝง(Product Placement Prominence Aspects)* แสดงผลในระดับเห็นด้วย (Agree) ค่าคะแนนเฉลี่ยรวมเท่ากับ3.82โดยองค์ประกอบของปัจจัยที่ส่งผลต่อกลยุทธ์ในแต่ละระดับ ดังภาพประกอบ 3

ภาพประกอบ 3 แผนภาพสรุปผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ขององค์ประกอบของปัจจัยด้านมุมมองการจัดวางแบบแฝงที่มีผลต่อกลยุทธ์การจัดวางผลิตภัณฑ์แบบแฝง

- *การมีส่วนร่วม(Involvement)*แสดงผลในระดับ เห็นด้วย (Agree) ค่าคะแนนเฉลี่ยรวม เท่ากับ3.89โดยองค์ประกอบของปัจจัยที่ส่งผลต่อกลยุทธ์ในแต่ละระดับ ดังภาพประกอบ 4

ภาพประกอบ 4 แผนภาพสรุปผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ขององค์ประกอบของปัจจัยด้านการมีส่วนร่วมที่มีผลต่อกลยุทธ์การจัดวางผลิตภัณฑ์แบบแฝง

- *ความสมบูรณ์ของเนื้อหา (Content Integrity)* แสดงผลในระดับ เห็นด้วย (Agree) ค่าคะแนนเฉลี่ยรวมเท่ากับ 3.8 โดยองค์ประกอบของปัจจัยที่ส่งผลต่อกลยุทธ์ในแต่ละระดับ ดังภาพประกอบ 5

ภาพประกอบ 5 แผนภาพสรุปผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ขององค์ประกอบของปัจจัยด้านความสมบูรณ์ของเนื้อหาที่มีผลต่อกลยุทธ์การจัดวางผลิตภัณฑ์แบบแฝง

- *การวิพากษ์(Criticism)*แสดงผลในระดับ ไม่เห็นด้วย(Disagree)ค่าคะแนนเฉลี่ยรวมเท่ากับ 2.00 โดยองค์ประกอบของปัจจัยที่ส่งผลต่อกลยุทธ์ในแต่ละระดับ ดังภาพประกอบ 6

ภาพประกอบ 6 แผนภาพสรุปผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ขององค์ประกอบของปัจจัยด้านการวิพากษ์ที่มีผลต่อกลยุทธ์การจัดวางผลิตภัณฑ์แบบแฝง

- *คุณค่าตราสินค้า (Brand Equity)* แสดงผลในระดับ เห็นด้วย (Agree) ค่าคะแนนเฉลี่ยรวมเท่ากับ 4.01 โดยองค์ประกอบของปัจจัยที่ส่งผลต่อกลยุทธ์ในแต่ละระดับ ดังภาพประกอบ 7

ภาพประกอบ 7 แผนภาพสรุปผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ขององค์ประกอบของปัจจัยด้านคุณค่าตราสินค้าที่มีผลต่อกลยุทธ์การจัดวางผลิตภัณฑ์แบบแฝง

โดยความสัมพันธ์ของปัจจัยและองค์ประกอบปัจจัยในด้านต่างๆ มีผลต่อกลยุทธ์การจัดวางผลิตภัณฑ์แบบแฝง (Product Placement Strategy) แสดงผลในระดับ เห็นด้วยอย่างยิ่ง (Strongly Agree) ค่าคะแนนเฉลี่ยรวมเท่ากับ 4.34

ส่วนที่ 2: ทดสอบความเที่ยงตรงของความสัมพันธ์ของปัจจัยที่มีต่อกลยุทธ์การจัดวางผลิตภัณฑ์แบบแฝงสำหรับรถยนต์ประหยัดพลังงานค่าสถิติที่ใช้ คือ การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน (Confirmatory Factor Analysis: CFA) สามารถเขียนแผนผังที่ใช้ในการวิเคราะห์ ดังภาพประกอบ 8

ภาพประกอบ 8 แผนผังการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัจจัยที่มีต่อกลยุทธ์การจัดวางผลิตภัณฑ์แบบแฝงสำหรับรถยนต์ประหยัดพลังงาน

ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัจจัย ที่ส่งผลต่อกลยุทธ์การจัดวางผลิตภัณฑ์แบบแฝง สำหรับรถยนต์ประหยัดพลังงาน จากกรอบแนวคิดวิจัย ดังภาพประกอบ 9

Chi-square =144.754, df = 75, P = 0.067, GFI = 0.984, RMSEA = 0.031, *P<0.05

ภาพประกอบ 9 ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัจจัยจากกรอบแนวคิด

การวิเคราะห์การศึกษาความสัมพันธ์ของปัจจัยที่มีผลต่อกลยุทธ์การจัดวางผลิตภัณฑ์แบบแฝงสำหรับรถยนต์ประหยัดพลังงานจากกรอบแนวคิดที่ได้มีความกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ดังตาราง 1

ตาราง 1 แสดงค่าสถิติประเมินความกลมกลืนของรูปแบบข้อมูลเชิงประจักษ์

ดัชนี (Index)	เงื่อนไข (Criteria)	ค่าทางสถิติ (Statistics Value)
Chi-square	p>0.05	0.067
CMIN/df	<2.00	1.930
GFI	>0.90	0.984
AGFI	>0.90	0.964
NFI	>0.90	0.993
IFI	>0.90	0.997
CFI	>0.90	0.997
RMR	<0.05	0.019
RMSEA	<0.05	0.031

การวิเคราะห์เพื่อตรวจสอบความเที่ยงตรง (Validity) ในแต่ละปัจจัยที่ส่งผลต่อกลยุทธ์ด้วยการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน (Confirmatory Factor Analysis: CFA) โดยแสดงผลได้ว่ามีความเที่ยงตรง (Validity) เนื่องจากผลของการศึกษาได้แสดงค่าน้ำหนักปัจจัย (Factor Loading) ตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไป และมีนัยสำคัญทางสถิติ

ประสิทธิภาพในการพยากรณ์ พบว่าปัจจัยที่ศึกษาส่งผลต่อกลยุทธ์มีความเที่ยงตรง (Validity) (Joreskog&Sorbom, 1993) เนื่องจากมีค่าสหสัมพันธ์พหุคูณกำลังสอง (R^2) เท่ากับ 0.988 หรือคิดเป็นร้อยละ 98.8 ซึ่งมีค่าตั้งแต่ร้อยละ 40 ขึ้นไป (Saris &Strenkhorst, 1984)

5. การทดสอบสมมติฐาน

H1:มุมมองการจัดวางผลิตภัณฑ์แบบแฝง (Product Placement Prominence Aspects) มีความสัมพันธ์เชิงสาเหตุต่อกลยุทธ์การจัดวางผลิตภัณฑ์แบบแฝง สำหรับรถยนต์ประหยัดพลังงาน

ผลการทดสอบพบว่าปัจจัยดังกล่าวพบว่า มีความสัมพันธ์ทางตรงที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 ($p<0.05$) ซึ่งให้ค่าสัมประสิทธิ์เส้นทาง (Path Coefficient) เท่ากับ 0.268 ดังนั้นจึง ยอมรับสมมุติฐานที่ตั้งไว้

H2: การมีส่วนร่วม (Involvement) มีความสัมพันธ์เชิงสาเหตุต่อกลยุทธ์การจัดวางผลิตภัณฑ์แบบแฝง สำหรับรถยนต์ประหยัดพลังงาน

ผลการทดสอบพบว่าปัจจัยดังกล่าวมีความสัมพันธ์ทั้งทางตรงและทางอ้อม โดยผ่านมุมมองการจัดวางผลิตภัณฑ์แบบแฝงที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 ($p<0.05$) ซึ่งให้ค่าสัมประสิทธิ์เส้นทาง (Path Coefficient) เท่ากับ 0.955 (DE= 0.732 + IE= 0.223= TE = 0.955) ดังนั้นจึง ยอมรับสมมุติฐานที่ตั้งไว้

H3: ความสมบูรณ์ของเนื้อหา (Content Integrity) มีความสัมพันธ์เชิงสาเหตุต่อกลยุทธ์การจัดวางผลิตภัณฑ์แบบแฝงสำหรับรถยนต์ประหยัดพลังงาน

ผลการทดสอบปัจจัยดังกล่าวมีความสัมพันธ์ทั้งทางตรงและทางอ้อม โดยผ่านมุมมองการจัดวางผลิตภัณฑ์แบบแฝงที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 ($p<0.05$) ซึ่งให้ค่าสัมประสิทธิ์เส้นทาง (Path Coefficient) เท่ากับ 0.972 (DE= 0.779 + IE= 0.193= TE = 0.972) ดังนั้นจึง ยอมรับสมมุติฐานที่ตั้งไว้

H4: การวิพากษ์ (Criticism) มีความสัมพันธ์เชิงสาเหตุต่อกลยุทธ์การจัดวางผลิตภัณฑ์แบบแฝง สำหรับรถยนต์ประหยัดพลังงาน

ผลการทดสอบพบว่า ปัจจัยดังกล่าวไม่มีความสัมพันธ์ทั้งทางตรงและทางอ้อมที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 ($p\geq0.05$) ดังนั้นจึง ปฏิเสธสมมุติฐานที่ตั้งไว้

H5: คุณค่าตราสินค้า (Brand Equity) มีความสัมพันธ์เชิงสาเหตุต่อกลยุทธ์การจัดวางผลิตภัณฑ์แบบแฝง สำหรับรถยนต์ประหยัดพลังงาน

ผลการทดสอบพบว่า ปัจจัยดังกล่าวมีความสัมพันธ์ทั้งทางตรงและทางอ้อม โดยผ่านมุมมองการจัดวางผลิตภัณฑ์แบบแฝงที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 ($p<0.05$)ซึ่งให้ค่าสัมประสิทธิ์เส้นทาง (Path Coefficient) เท่ากับ 0.461 (DE= 0.379 + IE= 0.083= TE = 0.461) ดังนั้นจึง ยอมรับสมมุติฐานที่ตั้งไว้

6. อภิปรายผล

จากการศึกษาความสัมพันธ์ของปัจจัยที่มีผลต่อกลยุทธ์การจัดวางผลิตภัณฑ์แบบแฝงสำหรับรถยนต์ประหยัดพลังงานพบว่า ปัจจัยด้านมุมมองการจัดวางผลิตภัณฑ์ (Product Placement Prominence Aspects) โดยเน้นหนักในองค์ประกอบของปัจจัยด้านการจัดวางผลิตภัณฑ์แบบแฝงร่วมกับเนื้อหาของรายการผ่านทางสื่อต่างๆ (Plot Placement) และ เพิ่มความถี่ในการจัดวางแบบแฝง (Frequency) เป็นสิ่งสำคัญ ร่วมกับองค์ประกอบของ

ปัจจัยด้านต่างๆ ได้แก่ การมีส่วนร่วมด้านสถานการณ์ (Situation Involvement) เช่น มุ่งเน้นให้ผู้ชมรายการตระหนักถึงปัญหาภาวะน้ำมันแพง ความสมบูรณ์ของเนื้อหาในด้านความบันเทิง โดยให้ความสำคัญในการนำกลยุทธ์มาใช้ในรายการด้านความบันเทิง (Entertainment Integrity) และการสร้างความจงรักภักดีต่อตราสินค้า (Brand Loyalty) มีความสัมพันธ์เชิงสาเหตุความหมายคือ การให้ความสำคัญในปัจจัยดังกล่าวมาก จะส่งผลในการสนับสนุนการนำเอากลยุทธ์มาใช้ร่วมกับการประชาสัมพันธ์ของรถยนต์ประหยัดพลังงาน ทั้งนี้ข้อวิพากษ์ (Criticism) ในด้านกฎระเบียบหรือนโยบายหรือกฎข้อห้ามต่างๆ (Regulation) นั้นจะข้อจำกัดของกลยุทธ์ ผลการศึกษาดังกล่าวได้สอดคล้องกับแนวคิดของ Balasubramanianet al.(2006) และ Brennan et al. (1999) และ Gupta et al. (2000) ซึ่งสรุปได้ว่าปัจจัยหลักจากการให้ความสำคัญด้านมุมมองการจัดวางผลิตภัณฑ์ที่สร้างขึ้นในรูปแบบต่างๆ รวมทั้งระยะเวลาและความถี่ ของการจัดวางผลิตภัณฑ์ผ่านสื่อด้านต่างๆ ไม่เพียงแต่เกิดการรับรู้หรือเข้าใจ ยังมีผลต่อทัศนคติที่มีต่อผลิตภัณฑ์และยังมีผลกระทบต่อการตัดสินใจซื้อของผู้รับชมรายการ ซึ่งเป็นเป้าหมายสูงสุดของสื่อสารถึงผู้บริโภค

การศึกษานี้สามารถวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัจจัยที่ส่งผลต่อกลยุทธ์การจัดวางผลิตภัณฑ์แบบแฝงสำหรับรถยนต์ประหยัดพลังงานซึ่งผลมีความเที่ยงตรง (Validity) และสนับสนุนการมุ่งเน้นความสำคัญไปที่ปัจจัยและองค์ประกอบของปัจจัยที่สำคัญ ที่มีผลต่อกลยุทธ์ดังกล่าวไปพัฒนาใช้กับอุตสาหกรรมยานยนต์ของประเทศไทย โดยเฉพาะรถยนต์ประหยัดพลังงาน หรือ อีโคคาร์ (EcoCAR) เพื่อเพิ่มยอดจัดจำหน่ายและเป็นประโยชน์อย่างมากในการขับเคลื่อนระบบเศรษฐกิจของประเทศ

7. ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยครั้งต่อไป

ควรศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับปัจจัยที่ก่อให้เกิดปัญหา และอุปสรรคในการรับรู้และจดจำของผู้ชมต่อกลยุทธ์การจัดวางผลิตภัณฑ์แบบแฝงในสื่อกลางรูปแบบต่างๆรวมทั้งการศึกษาร่วมกับผลิตภัณฑ์ประเภทอื่นๆ เพื่อเป็นการรวบรวมข้อมูลที่แตกต่างออกไป ผลที่ได้มาจะได้มีประโยชน์อย่างกว้างขวาง และประเมินยอดขายผลิตภัณฑ์ เพื่อเป็นการวัดผลประกอบการทำวิจัย

8. บรรณานุกรม

Alwitt, L., &Prabhaker, P. 1994. “Identifying who dislikes television advertising: not by demographics alone.” **Journal of Advertising Research**. 34(6), 17-29.

Andrews, J. C., Akhter, S. H., Durvasula, S., & Darrel, D. 1992.“ The effects of advertising distinctiveness and message content involvement on cognitive and affective response to advertising.” **Journal of Current Issues & Research in Advertising**. 14(1), 45-58.

Balasubramanian, S. K., Karrh, J. A., &Patwardhan, H. 2006. “Audience response to product placements.” **Journal of Advertising**. 35(3), 115-141.

Brennan, I., Dubas, K. M., &Babin, L.A. 1999. “The influence of product placement type and exposure time on product placement recognition.” **International Journal of Advertising**. 18, 323-337.

Gupta, P. B., &Balasubramanian, S. K., &Klassen, M. L.2000.“Viewers’ evaluations of product placements in movies: Public policy issues and managerial implications.” **Journal of Current Issues and Research in Advertising**. 22(2), 41-52.

Joreskog, K. G.,&Sorbom, D. 1993. “**Lisrel8: Structural Equation Modeling with the Simples command language**.” Chicago: Software International.

Saris, W. E.,&Strenkhorst, L. H. 1984. “Causal modeling non experimental research: An Introduction to the Lisrel approach.”Dissertation Abstract International.47(7), 2261-A.

Yamane, T. 1973. **Statistics: An Introduction Analysis** (3rd ed.). New York, NY: Harper & Row.

อุณหภูมิการแผ่รังสีเฉลี่ยของผนังกระจกกับความสบายเชิงอุณหภาพ

MEAN RADIANT TEMPERATURE OF GLAZING WALL AND THERMAL COMFORT

ณัฐภัทร ดีทองอ่อน

[1]นักศึกษาหลักสูตรเทคโนโลยีการจัดการพลังงาน คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

E-mail : bestdevil_2327@hotmail.com

กูสกานา กูบาฮา

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

E-mail : kusksna.kub@kmutt.ac.th

บทคัดย่อ

รายงานวิจัยนี้กล่าวถึงการศึกษาสภาวะความสบายเชิงอุณหภาพของบุคคลอันเนื่องมาจากอุณหภูมิการแผ่รังสีเฉลี่ยของผนังกระจกแบบต่าง ๆ ของอาคารที่มีการปรับอากาศ และเพื่อเป็นแนวทางการปรับปรุงสภาวะความสบายเชิงอุณหภาพในอาคารอย่างเหมาะสม โดยทำการศึกษาจากการสุ่มตัวอย่าง ซึ่งใช้แบบสอบถามความสบายเชิงอุณหภาพควบคู่กับการวัดและบันทึกข้อมูลสภาพอากาศแวดล้อม ในการศึกษานี้มีกลุ่มตัวอย่างจำนวน 283 คน โดยกลุ่มตัวอย่างนี้จะนั่งห่างจากผนังกระจกที่ทำการศึกษา ณ 1, 2 และ 3 เมตร ตามลำดับ สถานที่ทดสอบ คือ อาคารเรียน และอาคารพาณิชย์ สำหรับกระจกที่ศึกษาในครั้งนี้มี 3 แบบ คือ กระจกใสธรรมดา กระจกสีชา และ กระจกสะท้อนรังสีอาทิตย์ ผลการศึกษาพบว่า กระจกใสธรรมดาอุณหภูมิการแผ่รังสีเฉลี่ยจะขึ้นอยู่กับระยะห่างของผนังกระจก กล่าวคือตำแหน่งที่ห่างจากผนังกระจกน้อยในระยะ 1 เมตรจะมีค่าอุณหภูมิการแผ่รังสีเฉลี่ยสูงกว่าตำแหน่งที่ห่างจากกระจกระยะ 3 เมตร มีค่าการเปลี่ยนแปลง 1.19 °C รองลงมาคือกระจกสีชา มีค่าการเปลี่ยนแปลง 0.31 °C และกระจกสะท้อนรังสีอาทิตย์ มีค่าอุณหภูมิการแผ่รังสีเฉลี่ยเปลี่ยนแปลงน้อยที่สุด (ใกล้เคียงกับอุณหภูมิอากาศมากที่สุด) มีค่าการเปลี่ยนแปลง 0.12 °C ตามลำดับ เมื่อพิจารณาผลการโหวตความสบายเชิงอุณหภาพของกลุ่มตัวอย่างจากการตรวจวัดจริง (ASV) พบว่า กระจกสะท้อนรังสีอาทิตย์กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่ยอมรับได้ในระยะ 3 เมตร มีค่า ASV = 0 ทำนองเดียวกันกับดัชนีค่าทำนายการโหวต (PMV) มีค่าการเปลี่ยนแปลงในระยะ 1-3 เมตร มีค่า PMV = 0.1 ซึ่งมีค่าน้อยกว่ากระจกสีชาและกระจกใสธรรมดา ดังนั้นจากผลการศึกษาสามารถเป็นแนวทางในการปรับปรุงสภาวะความสบายเชิงอุณหภาพ เช่นการลดอุณหภูมิของกระจกหรือการเลือกชนิดกระจกที่เหมาะสมก็สามารถลดอุณหภูมิการแผ่รังสีเฉลี่ยลงได้ ซึ่งจะเป็นการลดภาระการทำความเย็นในการปรับอากาศและเป็นแนวทางในการประหยัดพลังงานในอาคารได้เป็นอย่างดี

คำสำคัญ : กระจกสะท้อนรังสีอาทิตย์ กระจกสีชา กระจกใสธรรมดา ความสบายเชิงอุณหภาพ อุณหภูมิการแผ่รังสีเฉลี่ย

ABSTRACT

This research was to study a human thermal comfort affected by a mean radiant temperature of various glazing walls in air conditioning buildings and to set an appropriate guideline improving internally thermal comfort conditions of the buildings. A using of questionnaire incorporated with measuring, recording of the internal environmental parameters was conducted in the survey. A sample of 283 people was in the study. The samples were asked to seated at 1, 2 and 3 meters, respectively, far from considered glazing wall. Institutional and commercial buildings were used in the study. Three types of glazing walls: clear glazing, tinted glazing and solar reflective glazing were determined here. The results showed clear glazing, tinted that the mean radiant temperature depended on the distance of the wall, i.e., the less distance 1 meters was the more mean radiant temperature than the larger distance. For the 3 meters far from the wall is value 1.19 °C, the next was tinted glazing is value 0.31 °C, Finally was found when using the solar reflective glazing is value 0.12 °C respective. Also, when considering the result of actual sensation vote for solar reflective glazing (ASV= 0), the most of samples performed acceptably at the mentioned distance as similar as the result of predicted mean vote (PMV=0.1). For the distance 1-3 meters.Therefore, the findings can be the guideline to improve the thermal comfort conditions i.e., a decreasing of glazing temperature or an appropriate using of glazing was able to reduce the mean radiant temperature. It will be a reduction of cooling load for air conditioning purpose and a good strategy for energy saving in the buildings.

KEYWORDS : Solar reflective glazing, Tinted glazing, Clear glazing, Thermal comfort, Mean radiant temperature

บทนำ

จากลักษณะการปรับอากาศที่มีการรณรงค์ให้มีการตั้งอุณหภูมิในการปรับอากาศภายในอาคารที่ 25 °C ซึ่งเมื่อพิจารณาความรู้สึกของคนที่มีการปรับอากาศที่อุณหภูมิดังกล่าวประมาณ 25-26 °C ภายในอาคารที่มีผนังที่ทำการติดตั้งด้วยกระจก คนที่อยู่ใกล้หน้าต่างที่โดนแสงแดดจะมีความรู้สึกร้อนกว่าคนที่อยู่ห่างออกมาจากหน้าต่างซึ่งการเลือกใช้กระจกเป็นตัวแปรสำคัญในสำนักงานหรือภายในอาคารที่อยู่อาศัยเพราะเป็นผลกระทบโดยตรงกับการใช้พลังงาน (Stegou S.A.et al.,2007) ซึ่งในประเทศกรีซปัญหาความสบายเชิงอุณหภาพนับว่ามีความสำคัญมากในช่วงฤดูร้อน ซึ่งที่ผ่านมาทำให้ทราบว่ากระจกเป็นตัวแปรชนิดหนึ่งที่ควรให้ความสนใจซึ่งเป็นเงื่อนไขในการลดการใช้พลังงานตลอดจนการออกแบบให้เกิดความสบายและการอนุรักษ์พลังงานให้สัมฤทธิ์ผล สภาวะสบายเชิงอุณหภาพจะเกิดขึ้นจากองค์ประกอบของความพอดีระหว่างความชื้นสัมพัทธ์ อุณหภูมิที่เกิดขึ้นจากการแผ่รังสีความร้อนและความเร็วลม (Tzempelikos A.et al.,2010) ตลอดจนการเลือกชนิดของกระจกและอุปกรณ์บังแดด (shading) โดยคำนึงถึงการประหยัดพลังงานไปพร้อมกัน อีกทั้งการเลือกใช้วัสดุที่ใช้กับผนังของบ้านที่ไม่เหมาะสม และไม่มีการป้องกันความร้อนจากภายนอกบ้านที่ดีพอทำให้มีอุณหภูมิการแผ่รังสีที่สูง หากมีการเลือกใช้วัสดุ และปรับเปลี่ยนพื้นที่การจัดวางให้เหมาะสมและถูกทิศแล้วก็จะช่วยให้บ้านไม่ร้อนและเกิด

สภาวะความสบายเชิงอุณหภาพได้และวิจัยที่มีการศึกษามาอย่างต่อเนื่องเกี่ยวกับชนิดของกระจกโดยมีงานวิจัยที่ได้ทำการศึกษาชนิดของกระจกทั้งหมด 15 ชนิด ว่ามีผลกระทบกับความสบายเชิงอุณหภาพอย่างไร โดยใช้ตัวชี้วัดทางด้านความสบาย คือ PMV และ PPD ในเมือง Delhi (Singh M.C.et al., 2008) ซึ่งสำหรับในประเทศไทยยังไม่ได้มีการศึกษาเกี่ยวกับชนิดของกระจกกับความสบายเชิงอุณหภาพมากนัก สำหรับงานวิจัยนี้จึงได้มีแนวคิดที่จะศึกษาถึงอุณหภูมิการแผ่รังสีเฉลี่ยของผนังกระจกกับความสบายเชิงอุณหภาพเพื่อหาว่าอุณหภูมิการแผ่รังสีเฉลี่ยมีผลอย่างไรบ้างกับความสบายเชิงอุณหภาพที่มีการติดตั้งชนิดของกระจกภายในอาคารซึ่งได้ทำการศึกษากระจก 3 ชนิด คือ กระจกใส กระจกสีชา และกระจกสะท้อนรังสีอาทิตย์ จะได้ทำการกำหนดแนวทางที่เหมาะสมในการเลือกใช้หรือปรับปรุงผนังกระจกเพื่อความสบายเชิงอุณหภาพทั้งนี้เพื่อเป็นการลดการใช้พลังงานของการปรับอากาศ

วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาสภาวะความสบายเชิงอุณหภาพที่มีผลเนื่องมาจากอุณหภูมิการแผ่รังสีเฉลี่ยของผนังกระจกภายในอาคารรวมทั้งเพื่อศึกษาและกำหนดแนวทางที่เหมาะสมในการเลือกใช้หรือปรับปรุงผนังกระจกเพื่อความสบายเชิงอุณหภาพทั้งนี้เพื่อเป็นการลดการใช้พลังงานของการปรับอากาศ

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ได้มีศึกษาลักษณะสภาวะความสบายเชิงอุณหภาพโดย (ชาคริต ฉัตรศาสนติกุล และกูสกานา กูบาฮา., 2551) เพื่อเป็นแนวทางในการกำหนดสภาวะความสบายที่เหมาะสมสำหรับอาคารบ้านพักอาศัยที่ไม่ใช้เครื่องปรับอากาศ ในการศึกษานี้จะใช้แบบสอบถามในการประเมินความสบายเชิงอุณหภาพพร้อมทั้งการบันทึกข้อมูล อุณหภูมิอากาศ ความชื้นสัมพัทธ์ และความเร็วลม จำนวนกลุ่มตัวอย่างของการศึกษานี้จำนวนทั้งหมด 355 คน จากการศึกษาในที่นี้พบว่าการปรับเปลี่ยนชุดแต่งกายที่สวมใส่ให้เหมาะกับสภาพอากาศในขณะนั้นเป็นปัจจัยสำคัญ รองลงมาคือการปรับเปลี่ยนความเร็วลมทั้งการเปิดหรือปิดประตู หน้าต่าง เป็นต้น สามารถทำให้ผู้อยู่อาศัยรู้สึกสบายในเชิงอุณหภาพได้ดี และ (ประพนธ์ วงษ์ท่าเรือ., 2535) ได้ศึกษาหาค่าอุณหภูมิที่คนไทยรู้สึกสบายในอาคารสำนักงานที่มีการปรับอากาศ ใช้จำนวนคนทดสอบทั้งหมด 219 คน หาอุณหภูมิที่รู้สึกสบายของคนไทยจะได้อุณหภูมิอากาศเฉลี่ย 23.9 °C

วิธีการดำเนินวิจัย

การวิจัยนี้ได้ทำการทดลองเก็บข้อมูลภายในอาคารที่มีการปรับอากาศ ทั้งอาคารพาณิชย์ และอาคารเรียนของมหาวิทยาลัย โดยได้เก็บทั้งหมด 5 สถานที่ คือ 1) บริเวณชั้นล่าง สำนักบรรณสาร สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์ 2) บริเวณห้องอ่านหนังสือ อาคารเวียงผา มหาวิทยาลัยรามคำแหง 3) ภายในธนาคารออมสิน สาขารามคำแหง 1 4) ภายในธนาคารกสิกรไทย สาขาสุขุมวิท 57 5) บริเวณชั้น 5 สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ใช้เวลาทำการวิจัยทั้งหมด 4 เดือน ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน 2554 ถึงเดือนกุมภาพันธ์ 2555 โดยเก็บข้อมูลในเวลากลางวัน โดยวิธีการคำนวณอุณหภูมิการแผ่รังสีเฉลี่ย (t_r) อุณหภูมิการแผ่รังสีเฉลี่ยนั้นได้จากค่าถ่วงเฉลี่ยของอุณหภูมิผิวของผนังแวดล้อมนั้นๆ หรืออาจกล่าวได้ว่าเป็นการคำนวณจาก

อุณหภูมิพื้นผิวของด้านต่างๆ ของห้อง โดยมีขั้นตอนการเก็บข้อมูลดังนี้ ทำการเก็บผลข้อมูลการทดลองโดยใช้เครื่องมือวัด Globe Thermometer พร้อมกับเก็บข้อมูลอุณหภูมิการแผ่รังสีเฉลี่ยของ ความเร็วลม ความชื้น อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม และอุณหภูมิของกระจกซึ่งกระจกมีความหนา 12 มิลลิเมตร ภายในบริเวณที่มีการปรับอากาศภายในอาคาร ทุก 30 นาที ตั้งแต่เวลา 9.30 – 16.30 น.วัดที่ระยะห่างจากผนัง 1 เมตร, 2 เมตร และ 3 เมตร และทำการเก็บข้อมูลจากแบบสอบถามทางด้านความสบายเชิงอุณหภาพในขณะที่เก็บผลการทดลองเพื่อที่จะได้ดูค่าปัจจัยการมองเห็นว่ามีผลต่ออุณหภูมิการแผ่รังสีเฉลี่ยอย่างไรซึ่งค่าปัจจัยการมองเห็น (View factor) ระหว่างตัวบุคคลกับผนังแวดล้อมของห้องซึ่งสามารถแสดงการคำนวณได้ดังสมการที่ 1 และ 2

$$t_r^4 \varphi_{p\text{-}total} = t_1^4 \varphi_{p\text{-}1} + t_2^4 \varphi_{p\text{-}2} + \ldots + t_n^4 \varphi_{p\text{-}n} \qquad (°C) \qquad (1)$$

$$t_r F_{p-total} = 4\sqrt{\sum_n F_{p-n} (t_n + 273)^4} + 273 \qquad (°C) \qquad (2)$$

โดย t_r คือ อุณหภูมิการแผ่รังสีเฉลี่ย (K), t_n คือ อุณหภูมิพื้นผิว (K) ของพื้นผิว n (n = 1, 2, …, N), $\varphi_{p\text{-}n}$ และ $F_{p\text{-}total}$ คือ View factor ระหว่างบุคคลและพื้นผิว n โดยคำนวณตามวิธีการเชิงตัวเลข (Kubaha K., 2004) ลักษณะการสุ่มกลุ่มตัวอย่างเป็นการสุ่มแบบไม่ใช้ความน่าจะเป็น (Non-probability Sampling) เนื่องจาก วิธีการดำเนินการวิจัยคือ ติดตั้งเครื่องมือวัดความสบายเชิงอุณหภาพในตำแหน่งกรณีนั่ง โดยมีความสูงจากพื้นประมาณ 0.6 เมตร ทำการบันทึกข้อมูลจากการสุ่มตัวอย่างโดยใช้แบบสอบถามความสบายเชิงอุณหภาพจากการตรวจวัดจริง (Actual Sensation Vote: ASV) ว่าในสภาวะนั้นรู้สึกอย่างไร เช่น ร้อน หรือหนาว เป็นต้น โดยอ้างอิงมาจาก (ASHRAE Standard 55, 1992) ที่มีการแบ่งไว้ 7 ระดับ ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่าการโหวตความรู้สึกเชิงอุณหภาพโดยการตรวจวัดจริง

Thermal Sensation Scale	**-3**	**-2**	**-1**	**0**	**+1**	**+2**	**+3**
	หนาว	เย็น	เย็นเล็กน้อย	พอดี	อุ่นเล็กน้อย	อุ่น	ร้อน

การวิเคราะห์ค่าการทำนายค่าการโหวตเฉลี่ย (Predicted Mean Vote: PMV) จากข้อมูลที่ได้จากสภาวะแวดล้อมไป วิเคราะห์ความสบายเชิงอุณหภาพ ดังสมการที่ 3 (Fanger, 1972)

$$\begin{aligned} PMV = {} & (0.303e^{-0.036M} + 0.028)\{(M - W) - 3.05 \times 10^{-3} [5733 - 6.99 M - W - P_a] \\ & - 0.42 \times [(M - W) - 58.15] - 1.7 \times 10^{-5} M (5867 - P_a) - 0.0014M (34 - t_a) \\ & - 3.96 \times 10^{-8} f_{cl} \times [(t_{cl} + 273)^4 - (t_r + 273)^4 - f_{cl} h_c (t_{cl} - t_a)\} \qquad (3) \end{aligned}$$

โดยที่ M คือ พลังงานความร้อนในร่างกายที่ปล่อยออกมาโดยกระบวนการ Metabolic rate (W/m^2) W คือ ระดับการทำงาน (W/m^2) P_a คือความดันไอน้ำในอากาศ (Pa) t_a คืออุณหภูมิอากาศ (°C) t_r คือ อุณหภูมิการแผ่รังสีเฉลี่ย (°C) t_{cl} คือ อุณหภูมิผิวเสื้อผ้า (°C) f_{cl} คือ อัตราส่วนของพื้นผิวของคนกรณีสวมเสื้อผ้าและกรณีไม่สวมเสื้อผ้า และ h_c คือ สัมประสิทธิ์การพาความร้อน (W/m^2°C) จากข้อมูลดังกล่าว สามารถวิเคราะห์ข้อมูลและศึกษาแนวทางเพื่อกำหนดแนวทางที่เหมาะสมและแนวทางการปรับปรุงสภาวะความสบายเชิงอุณหภาพ

สรุปผลการวิจัย

1. ข้อมูลทั่วไป

ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงค่าสมบัติของกระจกทั้ง 3 ชนิดที่ได้ทำการศึกษา ซึ่งได้แสดงไว้ในตารางที่ 2 อีกทั้งได้กล่าวถึงจำนวนคนและสถานที่ที่ทำการสำรวจรวมทั้งชนิดของกระจกที่ติดตั้งภายในอาคารแต่ละสถานที่

ตารางที่ 2 ค่าสมบัติของกระจกทั้ง 3 ชนิด

ชนิดกระจก	สมบัติของกระจกในการศึกษาวิจัย		
	ค่าการส่งผ่านพลังงานแสงอาทิตย์ (%)	ค่าการดูดกลืนพลังงานแสงอาทิตย์ (%)	ค่าสะท้อนพลังงานแสงอาทิตย์ (%)
กระจกใสธรรมดา	80	13	7
กระจกสีชา	43	51	6
กระจกสะท้อนรังสีอาทิตย์	10	66	24

ข้อมูลของกลุ่มตัวอย่างในการสำรวจครั้งนี้ในแต่ละสถานที่ที่ทำการวิจัยพร้อมกับการตรวจวัดค่าสภาพแวดล้อม ค่าของอุณหภูมิอากาศ เพื่อใช้ในการคำนวณค่าอุณหภูมิการแผ่รังสีเฉลี่ย โดยหลังจากการทำการแจกแบบสอบถามได้ทำการเก็บข้อมูลรวมทั้งหมด 284 คน โดยแบ่งเป็นเพศชาย 167 คน และเพศหญิง 117 คน โดยได้แบ่งทำการสำรวจแต่ละที่ดังนี้ พื้นที่ภายในอาคารที่มีกระจกชนิดใสธรรมดา พบว่าอาคารที่มีการติดตั้งกระจกใสธรรมดา มี 3 อาคาร คือ บริเวณชั้นล่าง สำนักบรรณสาร สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์, บริเวณห้องอ่านหนังสือ อาคารเวียงผา มหาวิทยาลัยรามคำแหง และภายในธนาคารกสิกรไทย สาขาสุขุมวิท 57 ส่วนอาคารที่มีการติดตั้งกระจกสีชา ธนาคารออมสิน สาขารามคำแหง 1 และบริเวณชั้น 5 สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ที่มีการติดตั้งกระจกสะท้อนรังสีอาทิตย์

2. ดัชนีทางด้านอุณหภูมิกระจก, อุณหภูมิการแผ่รังสีเฉลี่ย, อุณหภูมิอากาศ กับช่วงเวลา

จากภาพที่1 แสดงให้เห็นว่าอาคารที่มีการติดตั้งกระจกใสธรรมดาอุณหภูมิของกระจกจะมีค่ามากกว่าอุณหภูมิการแผ่รังสีเฉลี่ยโดยจะมีค่าการเปลี่ยนแปลงในระหว่างช่วงวันที่กระจกใสธรรมดาโดนแสงแดดส่องมายังกระจก ยกเว้นภายในห้องอ่านหนังสือ อาคารเวียงผา มหาวิทยาลัยรามคำแหงที่ไม่โดนแสงแดดส่งมายังกระจกทำให้อุณหภูมิกระจกมีค่าใกล้เคียงอุณหภูมิผนังด้านอื่นๆ ที่เหลือมีผลทำให้อุณหภูมิการแผ่รังสีเฉลี่ยมีค่าน้อยกว่าอุณหภูมิอากาศ

ภาพที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิการแผ่รังสีเฉลี่ยของกระจกใสธรรมดา

ส่วนภาพที่ 2 อุณหภูมิของกระจกสีชามีค่าสูงกว่าอุณหภูมิการแผ่รังสีเฉลี่ยแต่ค่าดังกล่าวมีค่าเท่ากันตลอดช่วงของวันซึ่งมีค่าความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิทั้งสองมากเช่นกัน และภาพที่ 3 อุณหภูมิของกระจกสะท้อนรังสีอาทิตย์มีค่าสูงกว่าอุณหภูมิการแผ่รังสีเฉลี่ยแต่มีค่าการเปลี่ยนแปลงไม่มากนักตลอดช่วงเวลาของวัน

ภาพที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิการแผ่รังสีเฉลี่ยของกระจกสีชา

ภาพที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิการแผ่รังสีเฉลี่ยของกระจกสะท้อนรังสีอาทิตย์

3. ดัชนีทางด้านอุณหภูมิการแผ่รังสีเฉลี่ย (T_r) กับช่วงเวลา ที่ระยะทาง 1, 2 และ 3 เมตร ตามลำดับ

จากภาพที่ 4 แสดงให้เห็นว่าอาคารที่มีการติดตั้งกระจกใสธรรมดาอุณหภูมิอุณหภูมิการแผ่รังสีเฉลี่ยมีค่าแตกต่างกันในระยะ 1 เมตร, 2 เมตร และ 3 เมตร โดยที่ระยะ 1 เมตรมีค่าอุณหภูมิการแผ่รังสีเฉลี่ยมากที่สุด ยกเว้นภายในห้องอ่านหนังสือ อาคารเวียงผา มหาวิทยาลัยรามคำแหงที่ไม่โดนแสงแดดส่งมายังกระจกทำให้อุณหภูมิการแผ่รังสีเฉลี่ยทั้งระยะ 1, 2 และ 3 เมตร ค่าอุณหภูมิการแผ่รังสีเฉลี่ยไม่มีการเปลี่ยนแปลง ส่วนภาพที่ 5 กระจกสีชาอุณหภูมิการแผ่รังสีเฉลี่ยมีค่าแตกต่างกันโดยระยะ 1 เมตร มีค่าสูงกว่าระยะ 2 เมตรและ 3 เมตร โดยที่ระยะ 1 เมตรมีค่าอุณหภูมิการแผ่รังสีเฉลี่ยมีการเปลี่ยนแปลงตลอดช่วงเวลาของวันในลักษณะเป็นเส้นขนานกับระยะ 2 เมตรและ 3 เมตร และภาพที่ 6 กระจกสะท้อนรังสีอาทิตย์อุณหภูมิการแผ่รังสีเฉลี่ยมีค่าใกล้เคียงกันทั้งระยะ 1, 2 และ 3 เมตร โดยค่าอุณหภูมิการแผ่รังสีเฉลี่ยมีค่าการเปลี่ยนแปลงน้อยมากตลอดช่วงระยะเวลาของวัน

ภาพที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิการแผ่รังสีเฉลี่ยของกระจกใสธรรมดา

ภาพที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิการแผ่รังสีเฉลี่ยของกระจกสีชา

ภาพที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิการแผ่รังสีเฉลี่ยของกระจกสะท้อนรังสีอาทิตย์

4. ดัชนีค่าการโหวตความรู้สึกเชิงอุณหภาพจากการตรวจวัดจริง ; ASV ที่ระยะทาง 1, 2 และ3 เมตร ตามลำดับ

เนื่องจากดัชนีค่าการโหวตความรู้สึกเชิงอุณหภาพจากการตรวจวัดจริง (ASV) เป็นตัวแปรที่ขึ้นอยู่กับสภาพจิตใจของแต่ละบุคคล เกี่ยวข้องทางจิตวิทยา ซึ่งดัชนีค่าการโหวตความรู้สึกเชิงอุณหภาพจากการตรวจวัดจริง (ASV) ค่าที่ยอมรับได้จะอยู่ในช่วง (-0.5<ASV<0.5) ซึ่งผลการวิเคราะห์ได้แสดงไว้ในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีค่าการโหวต ASV กับระยะ 1, 2, 3 เมตร ภายในอาคารที่ทำการสำรวจ

ชนิดกระจก	ดัชนีการโหวต	ระยะ (เมตร)			ระยะ (เมตร) (ASV= ± 0.5)	สถานที่
		1	2	3		
กระจกใสธรรมดา	ASV	0.32	0.21	0.09	1.00-3.00 เมตร	สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์
กระจกใสธรรมดา	ASV	-0.73	-0.69	-0.65	-	อาคารเวียงผา มหาวิทยาลัย
กระจกใสธรรมดา	ASV	-0.38	-0.31	-0.23	1.00-3.00 เมตร	ธนาคารกสิกรไทย สาขาสุขุมวิท 57
กระจกสีชา	ASV	-0.04	-0.04	-0.04	1.00-3.00 เมตร	ธนาคารออมสิน สาขารามคำแหง 1
กระจกสะท้อนรังสีอาทิตย์	ASV	0.03	0.01	0.00	1.00-3.00 เมตร	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

จากตารางที่ 3 แสดงให้เห็นว่ากระจกใสธรรมดา กระจกสีชา และกระจกสะท้อนรังสีอาทิตย์ มีดัชนีค่าการโหวตความรู้สึกเชิงอุณหภาพจากการตรวจวัดจริง (ASV) ที่ยอมรับได้ โดยกระจกใสธรรมดา มีดัชนีค่าการโหวตความรู้สึกเชิงอุณหภาพจากการตรวจวัดจริง (ASV) เปลี่ยนแปลงในระยะ 1 ถึง 3 เมตร แต่กระจกสะท้อนรังสีอาทิตย์ และกระจกสีชา มีดัชนีค่าการโหวตความรู้สึกเชิงอุณหภาพจากการตรวจวัดจริง (ASV) คงที่

5. ดัชนีค่าทำนายการโหวตความรู้สึกเชิงอุณหภาพ ; PMV ที่ระยะทาง 1, 2 และ3 เมตร ตามลำดับ

เนื่องจากดัชนีค่าทำนายการโหวตความรู้สึกเชิงอุณหภาพ (PMV) ได้จากการคำนวณค่าตัวแปรทางสภาวะแวดล้อมทำให้ได้ผลการวิเคราะห์ดังนี้ ซึ่งดัชนีค่าทำนายการโหวตความรู้สึกเชิงอุณหภาพ (PMV) ค่าที่ยอมรับได้จะอยู่ในช่วง (-0.5<PMV<0.5) เช่นกัน ดังแสดงไว้ในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีค่าทำนายการโหวต PMV กับระยะ 1, 2, 3 เมตร ภายในอาคารที่ทำการสำรวจ

ชนิดกระจก	ดัชนีการโหวต	ระยะ (เมตร)			ระยะ (เมตร) (PMV= ± 0.5)	สถานที่
		1	2	3		
กระจกใสธรรมดา	PMV	0.79	0.55	0.31	≥2.21 เมตร	สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์
กระจกใสธรรมดา	PMV	-	-0.44	-0.46	1.00-3.00 เมตร	อาคารเวียงผา มหาวิทยาลัยรามคำแหง
กระจกใสธรรมดา	PMV	-1.23	-1.53	-1.82	-	ธนาคารกสิกรไทย สาขาสุขุมวิท 57
กระจกสีชา	PMV	-0.46	-0.86	-1.26	≤1.09 เมตร	ธนาคารออมสิน สาขารามคำแหง 1
กระจกสะท้อนรังสีอาทิตย์	PMV	-0.68	-0.74	-0.78	-	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

จากตารางที่ 4 กระจกใสธรรมดา กระจกสีชา และกระจกสะท้อนรังสีอาทิตย์ มีดัชนีค่าทำนายการโหวตความรู้สึกเชิงอุณหภาพ (PMV) เปลี่ยนแปลงที่ ระยะ1 ถึง 3 เมตร ยกเว้นห้องอ่านหนังสือ อาคารเวียงผา มหาวิทยาลัยรามคำแหง ที่มีดัชนีค่าทำนายการโหวตความรู้สึกเชิงอุณหภาพ (PMV) เปลี่ยนแปลงน้อยมากเป็นเพราะอาคารดังกล่าวแสงแดดไม่ได้ส่งผลกระทบกับผนังกระจกโดยตรง โดยกระจกใสธรรมดา และกระจกสีชา มีค่าดัชนีค่าทำนายการโหวตความรู้สึกเชิงอุณหภาพ (PMV) เปลี่ยนแปลงมากในระยะ1 ถึง 3 เมตร แต่กระจกสะท้อนรังสีอาทิตย์ มีดัชนีค่าทำนายการโหวตความรู้สึกเชิงอุณหภาพ (PMV) ที่ไม่แตกต่างกันมากถึงแม้เมื่อคำนวณจากระยะ 1 ถึง 3 เมตร และถึงแม้กระจกนี้จะโดนแดด

อภิปรายผลการวิจัย

จากงานวิจัยที่ได้มีการศึกษาชนิดของกระจกในต่างประเทศ งานวิจัยนี้จึงได้มีแนวคิดที่จะศึกษาชนิดของกระจกที่มีการติดตั้งภายในอาคารในประเทศไทยโดยอาคารที่ได้ไปศึกษามีการติดตั้งชนิดของกระจก 3 ชนิด คือ กระจกใสธรรมดา กระจกสีชา และกระจกสะท้อนรังสีอาทิตย์ อาคาร ที่มีการติดตั้งกระจกใสธรรมดาอุณหภูมิอุณหภูมิการแผ่รังสีเฉลี่ยมีค่าแตกต่างกันในระยะ 1 เมตร, 2 เมตร และ 3 เมตร โดยที่ระยะ 1 เมตรมีค่าอุณหภูมิการแผ่รังสีเฉลี่ย 27.6 °C ทำให้มีค่าการเปลี่ยนแปลงเมื่อเทียบกับระยะ 3 เมตร มีค่าเท่ากับ 1.19 °C ส่วนกระจกสีชามี

ค่าอุณหภูมิการแผ่รังสีเฉลี่ยมีการเปลี่ยนแปลงตลอดช่วงเวลาของวันในลักษณะเป็นเส้นขนานกันทั้ง 3 ระยะ แต่ค่าการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของกระจกในระยะ 1-3 เมตร มีค่า 0.31 °C และกระจกสะท้อนรังสีอาทิตย์อุณหภูมิ โดยค่าอุณหภูมิการแผ่รังสีเฉลี่ยมีค่าการเปลี่ยนแปลงน้อยมากตลอดช่วงระยะเวลาของวัน ซึ่งค่าการเปลี่ยนแปลงมีค่า 0.12 °C แสดงให้เห็นว่ากระจกใสธรรมดาค่าอุณหภูมิการแผ่รังสีเฉลี่ยมีผลต่อปริมาณแสงแดดที่กระทบ ทำให้เกิดอุณหภูมิการแผ่รังสีเฉลี่ยแตกต่างกันในระยะห่างที่ระยะ 1, 2 และ 3 เมตร ส่วนกระจกสีชาค่าอุณหภูมิการแผ่รังสีเฉลี่ยมีผลต่อปริมาณแสงแดดที่กระทบเช่นเดียวกัน แต่ระยะห่างจากกระจกจะมีผลที่ระยะ 1 เมตร โดยค่าอุณหภูมิการแผ่รังสีเฉลี่ยจะมีค่าเปลี่ยนแปลงในลักษณะเส้นตรงที่ขนานกันกับระยะ 2 และ 3 เมตร และสุดท้ายกระจกสะท้อนรังสีอาทิตย์ปริมาณแสงแดดมีผลกระทบน้อยมากต่อกระจกชนิดนี้

ผลการศึกษาดัชนีค่าการโหวต ASV ของกลุ่มตัวอย่างที่ทำการสำรวจในอาคารที่มีการติดตั้งกระจกใสธรรมดา กระจกสีชา และกระจกสะท้อนรังสีอาทิตย์ กับดัชนีค่าการโหวตความรู้สึกเชิงอุณหภาพจากการตรวจวัดจริง (ASV) ที่ระยะทาง 1, 2 และ3 เมตร พบว่ากระจกใสธรรมดา มีค่าดัชนีค่าการโหวตความรู้สึกเชิงอุณหภาพจากการตรวจวัดจริง (ASV) เปลี่ยนแปลงในระยะตั้งแต่ระยะ 1- 3 เมตร (ASV=0.3) แต่กระจกสีชาและกระจกสะท้อนรังสีอาทิตย์ มีดัชนีค่าการโหวตความรู้สึกเชิงอุณหภาพจากการตรวจวัดจริง (ASV) เปลี่ยนแปลงน้อยมากในระยะ 1 ถึง 3 เมตร โดยมีค่า ASV ใกล้เคียง 0 และดัชนีค่าทำนายการโหวตความรู้สึกเชิงอุณหภาพ (PMV) ของกระจกใสธรรมดา กระจกสีชา และกระจกสะท้อนรังสีอาทิตย์ มีดัชนีค่าทำนายการโหวตความรู้สึกเชิงอุณหภาพ (PMV) เปลี่ยนแปลงที่ ระยะ1 ถึง 3 เมตร(PMV= 0.4-0.8) ยกเว้นห้องอ่านหนังสือ อาคารเวียงผา มหาวิทยาลัยรามคำแหง ที่มีดัชนีค่าทำนายการโหวตความรู้สึกเชิงอุณหภาพ (PMV) เปลี่ยนแปลงน้อยมากเป็นเพราะอาคารดังกล่าวแสงแดดไม่ได้ส่งผลกระทบกับผนังกระจกโดยตรง ทั้งนี้กระจกใส และกระจกสีชา มีดัชนีค่าทำนายการโหวตความรู้สึกเชิงอุณหภาพ (PMV) เปลี่ยนแปลงมากในระยะ1 ถึง 3 เมตรส่วนกระจกสะท้อนรังสีอาทิตย์ มีดัชนีค่าทำนายการโหวตความรู้สึกเชิงอุณหภาพ (PMV) มีระยะการเปลี่ยนแปลงน้อยในระยะ 1 ถึง 3 เมตร (PMV=0.1)

แนวทางการปรับปรุงเพื่อให้มีสภาวะความสบายเชิงอุณหภาพคือการทำให้อุณหภูมิการแผ่รังสีเฉลี่ยลดลง สามารถทำได้โดยการเลือกชนิดกระจกในการติดตั้งภายในอาคารอุณหภูมิการแผ่รังสีเฉลี่ยที่มีอิทธิพลต่อระยะห่างจากกระจกโดย ที่ระยะ 1 เมตรจะได้รับอิทธิพลมากที่สุด การใช้กระจกสะท้อนรังสีอาทิตย์จะช่วยลดอุณหภูมิการแผ่รังสีเฉลี่ยซึ่งงานวิจัยนี้ทำให้เห็นว่าการเลือกชนิดกระจกที่สามรถลดอุณหภูมิการแผ่รังสีเฉลี่ยได้จะสามารถทำให้เกิดการลดใช้พลังงานภายในอาคารซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยที่เคยศึกษาก่อนหน้านี้ในต่างประเทศ

ข้อเสนอแนะ

การศึกษานี้มีระยะเวลาในการการศึกษาเพียง 2 – 3 เดือน และใช้สถานที่ศึกษาเพียงแค่อาคารพาณิชย์และอาคารเรียนที่มีการติดตั้งผนังของกระจกแค่ 3 ชนิดเท่านั้น คือกระจกใสธรรมดา กระจกสีชา และกระจกสะท้อนรังสีอาทิตย์เท่านั้น ดังนั้น ควรที่จะมีการศึกษาสภาวะความสบายตลอดทั้งปี และทำการศึกษาอาคารที่มีการติดตั้งชนิดของกระจกให้มากขึ้น รวมทั้งทิศทางของกระจกหลายๆ ทิศทาง เพื่อให้ทราบถึงสภาวะความรู้สึกสบายเชิงอุณหภาพภายในอาคาร และสามารถนำข้อมูลจากการศึกษาที่ได้มาปรับใช้ภายในภายในอาคารเพื่อความสบายเชิงอุณหภาพได้อย่างเหมาะสม

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากโครงการส่งเสริมการวิจัยในอุดมศึกษา และการพัฒนามหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติ ของสำนักงานคณะกรรมการอุดมศึกษา

บรรณานุกรม

ชาคริต ฉัตรศาสนติกุล และกูสกานา กูบาฮา. 2551. “การศึกษาความสบายเชิงอุณหภาพในอาคารบ้านพักอาศัยสำหรับประเทศไทย.” **การประชุมเชิงวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทย.** 4 : 260-265.

ประพนธ์ วงษ์ท่าเรือ. 2535. “การศึกษาสภาวะความสบายเชิงความร้อนของคนในอาคาร.” วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาเทคโนโลยีการจัดการพลังงาน บัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineer. 1992. **Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy.** 1-21.:ANSI/ASHRAE Standard.

Fanger, P.O. 1970. **Thermal Comfort Analysis and Applications in Environmental Engineering.** 1-241. Technical University of Denmark, Laboratory of Heating and Air Conditioning : McGraw-Hill Book Company.

Kubaha K., Fiala D., Toftum J. and Taki A.H. 2004. “Human projected area factors for detailed direct and diffuse solar radiation analysis”. **Int J Biometeorol.** 49 :113-129.

Singh M.C.et al.2008. “Different glazing systems and their impact on human thermal comfort-Tndian scenario”. **Building and Environment.**43:1596-1602.

Stegou S.A.et al.2007. “The impact of glazing on energy consumption and comfort”. **Energy Conversion and Management.** 48:2844-2852.

Tzempelikos A.et al.2010. “Indoor thermal environmental conditions near glazed facades with shading devices –Part II : Thermal comfort simulation and impact of glazing and shading properties”. **Building and Environment.** 45:2517-2525.

เสถียรภาพของพิกัดตำแหน่งจากการประมวลผลข้อมูล ดาวเทียมระบบจีพีเอสแบบออนไลน์

STABILITY OF ONLINE GPS PROCESSING SERVICES

พีระวิทย์ สิริเวชพันธุ

ธนัช สุขวิมลเสรี

ดีบุญ เมธากุลชาติ

ปรียาพร โกษา

พิพัฒน์ สอนวงษ์

สาขาวิชาวิศวกรรมสำรวจและสารสนเทศภูมิศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

บทคัดย่อ

การประมวลผลข้อมูลจากการรังวัดด้วยดาวเทียมระบบจีพีเอสแบบออนไลน์ เป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพ ซึ่งถือได้ว่าเป็นทางเลือกหนึ่งสำหรับผู้ทำงานรังวัดด้วยดาวเทียมระบบจีพีเอสทั่วโลก บทความนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเสถียรภาพของพิกัดตำแหน่งจากการประมวลผลโดยการใช้บริการในรูปแบบออนไลน์ของ CSRS-PPPAUSPOS, OPUSและ SCOUT ทั้งนี้ได้ใช้ข้อมูลการรังวัดแบบสถิตด้วยเครื่องรับสัญญาณแบบสองความถี่ของสถานีฐานกรมที่ดิน ประเทศไทย เป็นกรณีศึกษา ผลลัพธ์ที่ได้จากการวิจัยแสดงให้เห็นถึงศักยภาพของการให้บริการประมวลผลข้อมูลดาวเทียมระบบจีพีเอส ในรูปแบบออนไลน์เพื่อให้ได้รับพิกัดตำแหน่งที่มีความถูกต้องจะเป็นข้อมูลที่สำคัญต่อการนำไปประยุกต์ใช้ในงานสำรวจด้านต่างๆ อย่างเหมาะสม

คำสำคัญ : GPS, CSRS, AUSPOS, OPUS, SCOUT

ABSTRACT

Online global GPS processing services are effective method which can be considered as an alternative for the worldwide GPS users. The purpose of this article is to study of positional stability derived from online global GPS processing services byCanadian Spatial Reference System Precise Point Positioning service (CSRS-PPP), Australian Surveying and Land Information Group's Online GPS Processing Service (AUSPOS), Online Positioning User Service (OPUS) and Scripps Coordinate Update Tool (SCOUT). The GPS data was observed in static mode usingthe dual-frequency receiver occupying at reference station of Department of Lands, Thailand. The resulthas shown the potential of online global GPS processing services which is important information for the survey application in the different accuracy level.

KEY WORDS : GPS, CSRS, AUSPOS, OPUS, SCOUT

1. บทนำ

ปัจจุบันการประมวลผลข้อมูลจากการรังวัดด้วยดาวเทียมระบบจีพีเอสในรูปแบบออนไลน์ได้เข้ามามีบทบาทในการลดความยุ่งยากของการใช้งานซอฟต์แวร์เชิงพาณิชย์ที่มีราคาสูงทั้งนี้ มีการให้บริการประมวลผลข้อมูลจากการรังวัดด้วยดาวเทียมระบบจีพีเอสในรูปแบบออนไลน์ (Online Global GPS Processing Services) โดยองค์กรชั้นนำหลายแห่งได้แก่ (1) Natural Resources Canada (NRCan) เป็นผู้ให้บริการCanadian Spatial Reference System Precise Point Positioning Service (CSRS-PPP),(2) Geoscience Australia (GA) เป็นผู้ให้บริการ Australian Surveying and Land Information Group's Online GPS Processing Service (AUSPOS), (3) National Geodetic Survey (NGS) เป็นผู้ให้บริการ Online Positioning User Service (OPUS) และ (4) Scripps Orbit and Permanent Array Center (SOPAC) เป็นผู้ให้บริการ Scripps Coordinate Update Tool (SCOUT) เป็นต้น ซึ่งถือได้ว่าเป็นทางเลือกหนึ่งสำหรับผู้ทำงานรังวัดด้วยดาวเทียมระบบจีพีเอสทั่วโลก

ในประเทศไทย ได้มีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการประมวลผลข้อมูลจากการรังวัดด้วยดาวเทียมระบบจีพีเอสในรูปแบบออนไลน์ ได้แก่ การเปรียบเทียบการให้บริการประมวลผลข้อมูลจีพีเอสผ่านเครือข่ายอินเตอร์เน็ต (เฉลิมชนม์ สถิระพจน์, 2546) ซึ่งเป็นการวิเคราะห์หาความถูกต้องของค่าพิกัดที่ได้จากการประมวลผลด้วย AUSPOS, SCOUT และ Auto-Gipsy ผลที่ได้แสดงถึงค่าพิกัดที่ได้จากการประมวลผลของผู้ให้บริการทั้งสามมีความถูกต้องในระดับเซนติเมตรในแนวราบและในระดับเดซิเมตรในแนวดิ่ง งานวิจัยประสิทธิภาพการให้บริการประมวลผลข้อมูลจีพีเอสแบบออนไลน์ของ CSRS-PPP โดยใช้ข้อมูลในประเทศไทย (สมชาย เกรียงไกรวศิน และเฉลิมชนม์ สถิระพจน์, 2552)เป็นงานวิจัยที่ทำการเปรียบเทียบหาประสิทธิภาพการให้บริการของ CSRS-PPP โดยเปรียบเทียบกับค่าพิกัดที่ได้จากการประมวลผลด้วย AUSPOS ผลที่ได้แสดงถึงว่าค่าพิกัดที่ได้จากการประมวลผลด้วย CSRS-PPP มีความถูกต้องงในระดับ 10 เซนติเมตรเมื่อใช้เครื่องรับแบบสองความถี่ สำหรับความยาวข้อมูลมากกว่า 2 ชั่วโมงและจะให้ความถูกต้องมากยิ่งขึ้นเมื่อเก็บข้อมูลนานมากขึ้นและการประเมินความถูกต้องของการประมวลผลข้อมูลจากการรังวัดด้วยดาวเทียมระบบจีพีเอสแบบจุดเดี่ยวที่ให้ความละเอียดสูงโดยรูปแบบออนไลน์ (พีระวิทย์สิริเวชพันธุ และคณะ, 2553)ซึ่งเปรียบเทียบผลที่ได้จากผู้ให้บริการ AUSPOS และ CSRS-PPP เมื่อใช้ข้อมูลความยาว 24 ชั่วโมง ซึ่งจากงานวิจัยแสดงว่าค่าที่ได้จากผู้ให้บริการทั้งสองรายแตกต่างกันในระดับ 1 เซนติเมตร โดยมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานในระดับ 1 เซนติเมตร จะเห็นได้ว่าผลลัพธ์จากงานวิจัยดังกล่าวล้วนแสดงให้เห็นถึงศักยภาพของการให้บริการประมวลผลข้อมูลเชิงตำแหน่งในรูปแบบออนไลน์ซึ่งจะเป็นทางเลือกหนึ่งในการประมวลผลข้อมูลเชิงตำแหน่งที่ให้ความถูกต้องสำหรับการประยุกต์ใช้ในงานสำรวจด้านต่างๆ

บทความนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเสถียรภาพของค่าพิกัดจากการประมวลผลโดยการใช้บริการในรูปแบบออนไลน์ของ CSRS-PPPAUSPOSOPUS และ SCOUTทั้งนี้ได้ใช้ข้อมูลการรังวัดของสถานีฐานกรมที่ดินประเทศไทย เป็นกรณีศึกษา ทั้งนี้ผลของงานวิจัยจะทำให้ผู้ใช้งานสามารถเลือกใช้บริการการประมวลผลแบบออนไลน์ได้อย่างเหมาะสม

2. กรอบแนวคิดและทฤษฎี

การประมวลผลข้อมูลดาวเทียมระบบจีพีเอสแบบออนไลน์มีรูปแบบที่แตกต่างกัน กล่าวคือCSRS-PPP จะใช้แนวคิดของการกำหนดตำแหน่งจุดเดี่ยวความละเอียดสูง หรือPrecise Point Positioning (PPP) สำหรับ AUSPOSOPUS และ SCOUT นั้นจะประมวลผลโดยใช้ Relative Positioning Technique ซึ่งทั้งสองวิธีมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.1 แนวคิดของการกำหนดตำแหน่งจุดเดี่ยวความละเอียดสูง

โดยปกติ การกำหนดตำแหน่งจุดเดี่ยวจะอาศัยทั้งข้อมูลช่วงเสมือน (Pseudo Range) และเฟสของคลื่นส่ง (Carrier Phase) ซึ่งมีสมการค่าสังเกตดังนี้

สมการช่วงเสมือน

$$P(Li) = \rho + c(dt - dT) + d_{orb} + d_{trop} + d_{ion/Li} + \varepsilon \qquad \text{..... (1)}$$

สมการเฟสของคลื่นส่ง

$$\phi(Li) = \rho + c(dt - dT) + d_{orb} + d_{trop} - d_{ion/Li} + \lambda_i N_i + \varepsilon \qquad \text{..... (2)}$$

โดยมีรายละเอียดตัวแปรดังนี้

$P(Li)$	=	ช่วงเสมือนที่ได้รับจากการวัดรหัสของคลื่นส่ง Li (เมตร)
$\phi(Li)$	=	ข้อมูลเฟสที่ได้รับจากการวัดเฟสของคลื่นส่ง Li (เมตร)
ρ	=	ระยะทางเรขาคณิตระหว่างดาวเทียมและเครื่องรับ (เมตร)
c	=	ความเร็วของคลื่นส่ง (เมตร/วินาที)
dt	=	ความคลาดเคลื่อนของนาฬิกาดาวเทียม (วินาที)
dT	=	ความคลาดเคลื่อนของนาฬิกาเครื่องรับ (วินาที)
d_{orb}	=	ความคลาดเคลื่อนเนื่องจากวงโคจรของดาวเทียม (เมตร)
d_{trop}	=	ความคลาดเคลื่อนเนื่องจากชั้นบรรยากาศโทรโพสเฟียร์ (Troposphere) (เมตร)
$d_{ion/Li}$	=	ความคลาดเคลื่อนเนื่องจากชั้นบรรยากาศไอโอโนสเฟียร์ (Ionosphere) ของคลื่นส่ง Li(เมตร)
λ_i	=	ความยาวของคลื่นส่งLi(เมตร)
N_i	=	จำนวนเลขปริศนาของคลื่นส่ง Li (ลูกคลื่น)
ε	=	ความคลาดเคลื่อนเนื่องจากการเกิดคลื่นหลายวิถี (Multipath) และสัญญาณรบกวน (Noise) (เมตร)

หลักการของการกำหนดตำแหน่งจุดเดี่ยวความละเอียดสูง หรือ PPP นั้นจะเกี่ยวข้องกับการลดความคลาดเคลื่อนต่างๆที่ปรากฏในสมการข้างต้น ด้วยวิธีการดังนี้

2.1.1 ความคลาดเคลื่อนของนาฬิกาดาวเทียม (dt) และ ความคลาดเคลื่อนของวงโคจรดาวเทียม (d_{orb}) จะใช้ค่าแก้นาฬิกาดาวเทียมความละเอียดสูงและวงโคจรดาวเทียมความละเอียดสูงซึ่งมีความถูกต้องของวงโคจรดาวเทียมในระดับต่ำกว่า 5 เซนติเมตร และมีความถูกต้องของค่าแก้นาฬิกาดาวเทียมต่ำกว่า 0.1 นาโนวินาที

2.1.2 ความคลาดเคลื่อนเนื่องจากคลื่นเดินทางไม่เท่าความเร็วแสงในชั้นบรรยากาศโทรโพสเฟียร์ (d_{trop}) จะใช้แบบจำลองความคลาดเคลื่อนในชั้นบรรยากาศโทรโพสเฟียร์แบบ Saastamoinen Model ร่วมกับ Neill Mapping Function

2.1.3 ความคลาดเคลื่อนเนื่องจากคลื่นเดินทางไม่เท่าความเร็วแสงในชั้นบรรยากาศไอโอโนสเฟียร์ ($d_{ion/Li}$) จะใช้แบบจำลองของ Ionosphere-Free Combination (L3) จากการผสมกันระหว่างข้อมูล L1 และ L2

2.2 วิธีการประมวลผลข้อมูลจีพีเอสด้วยวิธี Relative Positioning Technique ที่ใช้ใน AUSPOS OPUS และ SCOUT นั้นสามารถประมวลผลโดยใช้สมการค่าสังเกตเช่นเดียวกับวิธีแรกแต่อาศัยการปรับแก้จากโครงข่ายสถานีอ้างอิงที่ใกล้ที่สุดตั้งแต่ 2 สถานีขึ้นไปซึ่งในแต่ละรูปแบบการให้บริการจะมีรายละเอียด คือ AUSPOS และ SCOUT จะใช้สถานีของ International GPS Service หรือ IGS ดังแสดงในรูปที่ 1เป็นสถานีที่ใช้ในการปรับแก้โดยAUSPOS จะใช้จำนวน10 สถานีและSCOUT จะใช้จำนวน 3 สถานีนอกจากนี้OPUS จะใช้สถานีที่เรียกว่า Continuously Operating Reference Station หรือ CORS ดังแสดงในรูปที่ 2ซึ่งเป็นหมุดของ National Geodetic Survey ในการปรับแก้โดยใช้จำนวนทั้งสิ้น 3 สถานี

รูปที่ 1 IGS Tracking Network

ที่มา: http://igscb.jpl.nasa.gov/network/complete.html

รูปที่ 2 Continuously Operating Reference Station (CORS)

ที่มา: http://www.ngs.noaa.gov/CORS/

3. การดำเนินงาน

3.1 ขอบเขตด้านข้อมูล

ในการวิจัยได้ใช้ข้อมูลจีพีเอสของสถานีฐานในระบบ VRSของกรมที่ดินดังแสดงในรูปที่ 3โดยเลือกใช้สถานี PKKT ซึ่งตั้งอยู่ ณ สำนักงานที่ดินจังหวัดนนทบุรี สาขาปากเกร็ด เป็นกรณีศึกษา โดยสถานีฐานดังกล่าวจะติดตั้งเครื่องรับสัญญาณ GPS แบบสองความถี่รุ่น Trimble NetR5 ประกอบกับเสาอากาศ (Antenna) รุ่น Trimble TRM55971.00 TZGD (Trimble Zephyr GNSS Geodetic II with Dome)โดยข้อมูลที่ใช้ในการวิจัยเป็นข้อมูลจากการรับสัญญาณดาวเทียมแบบสถิตของเดือนมีนาคม 2554 จำนวน 21 วันรับสัญญาณทุกๆ 1 วินาที เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

รูปที่ 3 ตำแหน่งสถานีฐานในระบบ VRS ของกรมที่ดิน

3.2 การให้บริการประมวลผลข้อมูลจีพีเอสในรูปแบบออนไลน์(Online Global GPS Processing Services)

3.2.1 CSRS-PPP

Canadian Spatial Reference System (CSRS) Precise Point Positioning (PPP) Service ได้รับการพัฒนาโดย Geodetic Survey Division (GSD) ซึ่งเป็นแผนกหนึ่งในหน่วยงานด้านทรัพยากรธรรมชาติ พลังงานและเหมืองแร่ ของประเทศแคนาดาเป็นการให้บริการประมวลผลข้อมูลจีพีเอสแบบจุดเดี่ยวความละเอียดสูงในรูปแบบออนไลน์ที่ไม่เสียค่าใช้จ่าย ด้วยการใช้ข้อมูลวงโคจรดาวเทียมความละเอียดสูง และค่าแก้นาฬิกาดาวเทียมความละเอียดสูงรูปแบบการให้บริการนี้สามารถประมวลผลข้อมูลได้ทั้งแบบสถิต(Static)และแบบจลน์(Kinematic)นอกจากนี้ยังสามารถแสดงค่าพิกัดได้ทั้งบนพื้นหลักฐานอ้างอิง North American Datum of 1983 (NAD83) และ International Terrestrial Reference Frame (ITRF) ความถูกต้องเชิงตำแหน่งในทางราบ จะต่ำกว่า 1 เซนติเมตร เมื่อทำการรังวัดแบบสถิต ด้วยเครื่องรับสัญญาณแบบสองความถี่ เป็นระยะเวลา12–24 ชั่วโมง และต่ำกว่า 5 เซนติเมตรเมื่อทำการรังวัดเป็นระยะเวลา2–3 ชั่วโมง

3.2.2 AUSPOS

Australian Surveying and Land Information Group's Online GPS Processing Service หรือ AUSPOS ได้รับการพัฒนาโดย Geoscience Australia ซึ่งเป็นหน่วยงานที่ทำหน้าที่ด้านสำรวจทรัพยากร และจัดทำแผนที่ทางธรณีวิทยา ของประเทศออสเตรเลีย ให้บริการประมวลผลข้อมูลจีพีเอสในรูปแบบออนไลน์ที่ไม่เสียค่าใช้จ่าย สามารถประมวลผลได้เฉพาะข้อมูลจากการรังวัดแบบสถิต ด้วยเครื่องรับสัญญาณแบบสองความถี่ นอกจากนี้ยังสามารถแสดงค่าพิกัดได้ทั้งบนพื้นหลักฐานอ้างอิงGeocentric Datum of Australia 1994 (GDA94) และITRF โดยค่าความถูกต้องที่ได้จากการประมวลผลในทางราบจะต่ำกว่า 1 เซนติเมตรเมื่อทำการรังวัดเป็นระยะเวลา24 ชั่วโมง

3.2.3 OPUS

OPUS (Online Positioning User Service)ได้รับการพัฒนาขึ้นโดย National Geodetic Survey (NGS) แห่งสหรัฐอเมริกา รูปแบบการให้บริการนี้สามารถแสดงค่าพิกัดได้ทั้งบนพื้นหลักฐานอ้างอิงNAD83 และ ITRF โดยค่าความคลาดเคลื่อน (RMS) ที่ได้จากการประมวลผลจะต่ำกว่า5 เซนติเมตร เมื่อทำการรังวัดแบบสถิต ทั้งนี้ระยะเวลาในการรังวัดจะต้องไม่น้อยกว่า 2ชั่วโมง และไม่มากกว่า 48 ชั่วโมง

3.2.4 SCOUT

SCOUT (Scripps Coordinate Update Tool)ได้รับการพัฒนาขึ้นโดย Scripps Orbit and Permanent Array Center (SOPAC) ประเทศสหรัฐอเมริกา ซึ่งมีภารกิจหลักในการสนับสนุนสารสนเทศในงานจีพีเอสที่มีความละเอียดสูง โดยเฉพาะอย่างยิ่งเพื่อการศึกษาอันตรายจากแผ่นดินไหวการเคลื่อนตัวของเปลือกโลก และอุตุนิยมวิทยารูปแบบการให้บริการนี้จะแสดงค่าพิกัดบนพื้นหลักฐานอ้างอิง ITRF นอกจากนี้ข้อมูลที่ใช้ในการประมวลผลจะต้องมีระยะเวลาในการรังวัดไม่น้อยกว่า 3ชั่วโมง

3.3 การประมวลผลข้อมูลจีพีเอสในรูปแบบออนไลน์

ในการประมวลผลข้อมูลจีพีเอสโดยการใช้บริการในรูปแบบออนไลน์ของ CSRS-PPPAUSPOS OPUS และ SCOUT นั้น ดำเนินการโดยการส่งไฟล์ข้อมูลรังวัดซึ่งอยู่ในรูปแบบ RINEX (Receiver Independent

Exchange Format)ผ่านเว็บไซต์ของผู้ให้บริการ (สำหรับ CSRS-PPP, AUSPOS และ OPUS) และผ่าน FTP (สำหรับ SCOUT) ระบบจะทำการประมวลผลและส่งผลกลับมายัง E-mail ของผู้ใช้งาน

4. การวิเคราะห์ผล

ผลลัพธ์จากการประมวลผลข้อมูลจีพีเอสโดยการใช้บริการในรูปแบบออนไลน์ของ CSRS-PPPAUSPOS OPUS และ SCOUTของสถานีฐาน PKKT ซึ่งรับสัญญาณดาวเทียมแบบสถิต เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ของเดือนมีนาคม 2554 จำนวน 21 วัน แสดงด้วยค่าพิกัดในระบบคาร์ทีเซียน (Cartesian Coordinate System)บนกรอบอ้างอิง ITRFดังตารางที่ 1 และการเปรียบเทียบค่าพิกัดจากการประมวลผลในรูปแบบออนไลน์ ในแกน X, Y และ Z แสดงได้ดังรูปที่ 4, 5 และ 6 ตามลำดับ

จากการวิจัยพบว่า ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าพิกัดจากการประมวลผลในรูปแบบออนไลน์โดย CSRS-PPPและ AUSPOS มีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าพิกัดทั้งสามแกนสูงสุดประมาณ 1 เซนติเมตร ซึ่งอยู่ในระดับที่ทางผู้ให้บริการได้กำหนดไว้ ในขณะที่ OPUS และ SCOUT มีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าพิกัดทั้งสามแกนสูงสุดประมาณ 5 เซนติเมตร ซึ่งมีค่าสูงกว่าที่ทางผู้ให้บริการได้กำหนดไว้ และเมื่อพิจารณาความกว้างของช่วงข้อมูลหรือพิสัย จะพบว่า CSRS-PPP และ AUSPOS มีค่าประมาณ 5 เซนติเมตร ในขณะที่ OPUS และ SCOUT มีการแปรเปลี่ยนของค่าพิกัดในทั้งสามแกนสูงประมาณ 17 เซนติเมตร ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการให้บริการประมวลผลข้อมูลจีพีเอสในรูปแบบออนไลน์โดย CSRS-PPP และ AUSPOSจะให้ความถูกต้องและความเสถียรภาพของพิกัดตำแหน่งในระดับที่สูงกว่า OPUS และ SCOUT

ตารางที่ 1 การเปรียบเทียบค่าพิกัดของสถานี PKKT ในระบบพิกัดคาร์ทีเซียน จากการประมวลผลในรูปแบบออนไลน์

DATE	CSRS			AUSPOS			OPUS			SCOUT		
	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z
1/3/2011	-1,132,704.3258	6,087,759.8702	1,523,587.3293	-1,132,704.3150	6,087,759.8660	1,523,587.3190	-1,132,704.3680	6,087,759.8660	1,523,587.3220	-1,132,704.3326	6,087,759.8751	1,523,587.3304
2/3/2011	-1,132,704.3281	6,087,759.8873	1,523,587.3368	-1,132,704.3260	6,087,759.8750	1,523,587.3220	-1,132,704.3880	6,087,759.8880	1,523,587.3210	-1,132,704.3722	6,087,759.8963	1,523,587.3233
3/3/2011	-1,132,704.3183	6,087,759.8731	1,523,587.3421	-1,132,704.3260	6,087,759.8750	1,523,587.3370	-1,132,704.2840	6,087,759.8910	1,523,587.4180	-1,132,704.2685	6,087,759.8855	1,523,587.3717
4/3/2011	-1,132,704.3222	6,087,759.8664	1,523,587.3308	-1,132,704.3290	6,087,759.8630	1,523,587.3260	-1,132,704.3660	6,087,759.8580	1,523,587.3220	-1,132,704.3183	6,087,759.8757	1,523,587.3340
5/3/2011	-1,132,704.3195	6,087,759.8630	1,523,587.3337	-1,132,704.3300	6,087,759.8670	1,523,587.3200	-1,132,704.3710	6,087,759.8400	1,523,587.3070	-1,132,704.3386	6,087,759.8712	1,523,587.3341
6/3/2011	-1,132,704.3156	6,087,759.8713	1,523,587.3346	-1,132,704.3360	6,087,759.8660	1,523,587.3280	-1,132,704.3660	6,087,759.8640	1,523,587.3440	-1,132,704.3458	6,087,759.8591	1,523,587.3354
7/3/2011	-1,132,704.3247	6,087,759.8755	1,523,587.3266	-1,132,704.3260	6,087,759.8690	1,523,587.3250	-1,132,704.3790	6,087,759.8720	1,523,587.3230	-1,132,704.3179	6,087,759.8600	1,523,587.3308
8/3/2011	-1,132,704.3241	6,087,759.8654	1,523,587.3206	-1,132,704.3300	6,087,759.8660	1,523,587.3180	-1,132,704.3640	6,087,759.8330	1,523,587.2970	-1,132,704.3396	6,087,759.8456	1,523,587.3232
10/3/2011	-1,132,704.3314	6,087,759.8811	1,523,587.3331	-1,132,704.3310	6,087,759.8660	1,523,587.3250	-1,132,704.3850	6,087,759.8730	1,523,587.3220	-1,132,704.3062	6,087,759.8498	1,523,587.3326
11/3/2011	-1,132,704.3205	6,087,759.8822	1,523,587.3293	-1,132,704.3270	6,087,759.8710	1,523,587.3250	-1,132,704.3700	6,087,759.8700	1,523,587.3210	-1,132,704.3286	6,087,759.8408	1,523,587.3264
12/3/2011	-1,132,704.3237	6,087,759.8789	1,523,587.3360	-1,132,704.3270	6,087,759.8610	1,523,587.3230	-1,132,704.3540	6,087,759.8480	1,523,587.3200	-1,132,704.3369	6,087,759.8787	1,523,587.3219
14/3/2011	-1,132,704.3366	6,087,759.8854	1,523,587.3278	-1,132,704.3160	6,087,759.8780	1,523,587.3230	-1,132,704.3770	6,087,759.8660	1,523,587.3280	-1,132,704.3261	6,087,759.8733	1,523,587.3300
17/3/2011	-1,132,704.3226	6,087,759.8605	1,523,587.3256	-1,132,704.3170	6,087,759.8540	1,523,587.3140	-1,132,704.3050	6,087,759.8840	1,523,587.4280	-1,132,704.2810	6,087,759.7310	1,523,587.2916
19/3/2011	-1,132,704.3138	6,087,759.8477	1,523,587.3332	-1,132,704.3200	6,087,759.8750	1,523,587.3340	-1,132,704.2320	6,087,759.8420	1,523,587.4130	-1,132,704.3070	6,087,759.8446	1,523,587.3295
20/3/2011	-1,132,704.3202	6,087,759.8591	1,523,587.3362	-1,132,704.3260	6,087,759.8650	1,523,587.3260	-1,132,704.2500	6,087,759.8620	1,523,587.4150	-1,132,704.3541	6,087,759.8237	1,523,587.3297
21/3/2011	-1,132,704.3147	6,087,759.8655	1,523,587.3374	-1,132,704.3300	6,087,759.8600	1,523,587.3180	-1,132,704.3650	6,087,759.8760	1,523,587.3150	-1,132,704.3225	6,087,759.8588	1,523,587.3556
22/3/2011	-1,132,704.3132	6,087,759.8771	1,523,587.3387	-1,132,704.3310	6,087,759.9020	1,523,587.3310	-1,132,704.3750	6,087,759.8710	1,523,587.3300	-1,132,704.3160	6,087,759.8714	1,523,587.3348
24/3/2011	-1,132,704.3286	6,087,759.8732	1,523,587.3342	-1,132,704.3230	6,087,759.8500	1,523,587.3130	-1,132,704.3680	6,087,759.8950	1,523,587.3250	-1,132,704.3292	6,087,759.8719	1,523,587.3342
25/3/2011	-1,132,704.3276	6,087,759.8640	1,523,587.3325	-1,132,704.3170	6,087,759.8490	1,523,587.3080	-1,132,704.3080	6,087,759.8930	1,523,587.4320	-1,132,704.3281	6,087,759.8462	1,523,587.3270
27/3/2011	-1,132,704.3215	6,087,759.8700	1,523,587.3318	-1,132,704.3130	6,087,759.8640	1,523,587.3000	-1,132,704.3740	6,087,759.8770	1,523,587.3190	-1,132,704.2751	6,087,759.8402	1,523,587.3518
29/3/2011	-1,132,704.3184	6,087,759.8612	1,523,587.3339	-1,132,704.3160	6,087,759.8640	1,523,587.3100	-1,132,704.2510	6,087,759.8680	1,523,587.3970	-1,132,704.2832	6,087,759.8610	1,523,587.3343
Average(m)	-1,132,704.3224	6,087,759.8704	1,523,587.3326	-1,132,704.3244	6,087,759.8670	1,523,587.3212	-1,132,704.3429	6,087,759.8684	1,523,587.3485	-1,132,704.3204	6,087,759.8552	1,523,587.3325
Max (m)	-1132704.3132	6087759.8873	1523587.3421	-1132704.3130	6087759.9020	1523587.3370	-1132704.2320	6087759.8950	1523587.4320	-1132704.2685	6087759.8963	1523587.3717
Min (m)	-1132704.3366	6087759.8477	1523587.3206	-1132704.3360	6087759.8490	1523587.3000	-1132704.3880	6087759.8330	1523587.2970	-1132704.3722	6087759.7310	1523587.2916
SD	0.0060	0.0098	0.0049	0.0065	0.0111	0.0088	0.0493	0.0173	0.0457	0.0264	0.0334	0.0150
Range (m)	0.0234	0.0396	0.0215	0.0230	0.0530	0.0370	0.1560	0.0620	0.1350	0.1037	0.1653	0.0801

รูปที่ 4 ค่าพิกัดระบบคาร์ทีเซียนในแกน X จากการประมวลผลในรูปแบบออนไลน์

รูปที่ 5 ค่าพิกัดระบบคาร์ทีเซียนในแกน Y จากการประมวลผลในรูปแบบออนไลน์

รูปที่ 6 ค่าพิกัดระบบคาร์ทีเซียนในแกน Z จากการประมวลผลในรูปแบบออนไลน์

5. การสรุปผล

การประมวลผลข้อมูลจากการรังวัดด้วยดาวเทียมระบบจีพีเอสในรูปแบบออนไลน์ นับเป็นการให้บริการคำนวณพิกัดตำแหน่งที่มีความถูกต้องและมีประสิทธิภาพสูง ซึ่งจะช่วยลดภาระค่าใช้จ่ายและความยุ่งยากในการใช้ซอฟต์แวร์เพื่อทำการประมวลผลลง ผลลัพธ์จากการวิจัยแสดงให้เห็นถึงเสถียรภาพของพิกัดตำแหน่งจากการประมวลผลข้อมูลรังวัดแบบสถิตโดยการใช้บริการในรูปแบบออนไลน์ของ CSRS-PPPและ AUSPOSที่สูงกว่า OPUS และ SCOUTทั้งนี้ ด้วยศักยภาพของการให้บริการในการประมวลผลข้อมูลจีพีเอสในรูปแบบออนไลน์ก็จะเป็นทางเลือกหนึ่งในการประมวลผลข้อมูลเชิงตำแหน่งที่ให้ความถูกต้องสำหรับการประยุกต์ใช้ในงานสำรวจด้านต่างๆ

6. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยใคร่ขอขอบคุณส่วนพัฒนาการรังวัดหมุดหลักฐานแผนที่โดยระบบดาวเทียม สำนักเทคโนโลยีทำแผนที่ กรมที่ดิน ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลเพื่อใช้ในการประมวลผล

7. เอกสารอ้างอิง

เฉลิมชนม์ สถิระพจน์. 2546. การเปรียบเทียบการให้บริการประมวลผลข้อมูลจีพีเอสผ่านเครือข่ายอินเตอร์เน็ต. การประชุมวิชาการการแผนที่และภูมิสารสนเทศแห่งชาติ ประจำปี 2546, โรงแรมแอมบาสซาเดอร์ กรุงเทพฯ, 18-20 พฤศจิกายน 2546, GPS & SV : 39-53.

พีระวิทย์สิริเวชพันธุ และคณะ. 2553. การประเมินความถูกต้องของการประมวลผลข้อมูลจากการรังวัดด้วยดาวเทียมระบบจีพีเอสแบบจุดเดี่ยวที่ให้ความละเอียดสูงโดยรูปแบบออนไลน์. การประชุมวิชาการเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศแห่งชาติ ประจำปี 2553, อิมแพ็ค คอนเวนชั่น เซ็นเตอร์ เมืองทอง ธานีนนทบุรี, 15–17 ธันวาคม 2553: 74.

สมชาย เกรียงไกรวศิน และเฉลิมชนม์ สถิระพจน์. 2552. ประสิทธิภาพการให้บริการประมวลผลข้อมูลจีพีเอสแบบออนไลน์ของ CSRS-PPP โดยใช้ข้อมูลในประเทศไทย. **วิศวกรรมสาร มก.** ฉบับที่ 67 ปีที่ 22 (ก.พ.-เม.ย. 2552) : 53-58.

Geoscience Australia. Australian Government. **AUSPOS FAQ-1** (Online).Retrieved October 11, 2010, from: http://www.ga.gov.au/geodesy/sgc/wwwgps/faq1.jsp

_____. **AUSPOS - Online GPS Processing Service** (Online).Retrieved October 11, 2010, from: http://www-b.ga.gov.au/bin/gps.pl

IGS Central Bureau. **The IGS Tracking Network** (Online). Retrieved September 23, 2011, from: http://igscb.jpl.nasa.gov/network/complete.html

Koschel, M. 2009. **Investigation into Reliability of AUSPOS Coordinate Data (Specifically Height)**.Dissertation infulfillment of the requirements of Courses ENG4111 and ENG4112 ResearchProject, University of Southern Queensland.

Leick, A. 2004. **GPS Satellite Surveying**. 3nd ed. New York: John Wiley & Sons.

National Geodetic Survey. **Continuously Operating Reference Station (CORS)** (Online). Retrieved September 23, 2011, from: http://www.ngs.noaa.gov/CORS/

_____. **OPUS: Online Positioning User Service** (Online). Retrieved September 23, 2011, from: http://www.ngs.noaa.gov/OPUS/

Natural Resources Canada. **CSRS-PPP Accuracy** (Online). Retrieved October 11, 2010, from: http://www.geod.nrcan.gc.ca/products-produits/ppp_acc_e.php

_____.**CSRS-PPP User Guide** (Online). Retrieved October 11, 2010, from: http://www.geod.nrcan.gc.ca/userguide/index_e.php

_____.**Online Database (CSRS Online Database)** (Online).Retrieved October 11, 2010, from: http://www.geod.nrcan.gc.ca/online_data_e.php

Scripps Orbit and Permanent Array Center (SOPAC). **Scripps Coordinate Update Tool (SCOUT)** (Online). Retrieved September 23, 2011, from: http://sopac.ucsd.edu/cgi-bin/SCOUT.cgi

_____. **Scripps Orbit and Permanent Array Center** (Online). Retrieved September 23, 2011, from:http://sopac.ucsd.edu/

การตรวจสอบชั้นใต้ผิวคอนกรีตเพื่อหาโพรงอากาศด้วยการใช้เรดาร์แทรกซึมชั้นดิน

VERIFICATION OF ROAD SUBSURFACE FOR VOIDS BY USING GROUND PENETRATING RADAR

นายชูชัย อ่ำเจริญ

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม

E-mail: ns.chem@hotmail.com

นายสัญญา คูณขาว

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม

E-mail: sanya.kh@spu.com

บทคัดย่อ

จากสภาพอากาศที่แปรปรวนในปัจจุบันเช่นการเปลี่ยนแปลงของแผ่นเปลือกโลก การเกิดฝนตกหนักทั้งที่อยู่นอกฤดูฝนซึ่งทำให้เกิดปัญหาในการดำเนินชีวิตของมนุษย์เช่น เกิดปัญหาน้ำท่วม เกิดสึนามิ เป็นต้น และการเกิดอุทกภัยในรูปแบบต่างเมื่ออุทกภัยได้สิ้นสุดลงก็ได้เกิดปัญหาต่างๆตามมาเช่นการทรุดตัวของบ้านเรือน การทรุดตัวของถนนเพราะเกิดโพรงขนาดใหญ่ขึ้นภายใต้ผิวดิน ซึ่งปัญหาเหล่านี้ได้เกิดการทำวิจัยในการสำรวจแบบไม่ทำลายด้วยการใช้คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าส่งผ่านตัวกลางวัตถุ ซึ่งจะทำการวัดผลการสะท้อนกลับของคลื่นซึ่งเป็นการสำรวจทาง Ground Penetrating Radar (GPR) ที่ถูกใช้ตรวจสอบทางธรณีวิทยา การตรวจสอบสภาพทางธรณีโดยเครื่องมือ(GPR) ในปัจจุบันได้ถูกใช้ในการสำรวจวัสดุหลายชนิดอาทิ คอนกรีต และแอสฟรัทซ์โดยการส่งคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเข้าสู่วัสดุที่มีการสูญเสียค่าไดอิเล็กทริค ในช่วงความถี่ 400 MHZ และเก็บข้อมูลการสะท้อนกลับของคลื่นสัญญาณมาวิเคราะห์ผล จากการสำรวจพื้นที่ใต้ผิวถนนโดยการวัดคลื่นเรดาร์ GPR ที่ตกกระทบวัตถุที่ตรวจหาและสะท้อนกลับ ในการศึกษาสัญญาณ GPR เพื่อตรวจหาท่อ โพรง ของถนนสองเส้นทางคือถนนรามคำแหง และถนนนิมิตใหม่ โดยสัญญาณ Amplitude สามารถระบุตำแหน่งและการเดินทางของคลื่น ซึ่งเป็นการตรวจสอบพื้นผิวที่ลึกลงไปมีการเกิดโพรง ตำแหน่งเหล็กเส้น และการแสดงตำแหน่งการแยกชั้นคอนกรีตและแอสฟรัทซ์

คำสำคัญ: การทดสอบโดยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ค่าความต้านทานทางไฟฟ้า

ABSTRACT

From a climatic disturbances in today, such as changes of crust sheet. The torrent, both outside of the summer, which causes problems in the lives of humans, such as problems in the flood. The flood in different formats when flood has ended, it has caused various problems, such as worn for the dwelling. The road to

crumble because of there larger cavity beneath the surface. That these problems have emerged in the survey are not destroyed by using electromagnetic transmission of the global object, which is effect measures the reflection of waves, which is a Ground Penetrating Radar survey (GPR) was used to examine the geology of the Earth environment monitoring with tools (GPR). Currently being used in many types of material such as concrete investigation and Asphalt by sending electromagnetic into materials that are losing value, the electronic triple rise 400 MHZ frequency range and storage of reflection of waves coming from signal analysis to explore the area below the road surface by measuring radar GPR waves that crash impact detection and reflexive objects. In a study of GPR signals to detect cerebral sinus of three road Ramkhamhaeng road and Nimitmai road .There are an encouraging signal Amplitude can be identified by location and journey of a wave which is inspecting the surface that has caused deep hole. Place Rebar and the concrete floor or Asphalt.

KEYWORDS: Ground Penetration Radar (GPR), Dielectric constant

การสำรวจด้วยเครื่องมือ Ground Penetrating Radar (GPR)

Ground Penetrating Radar (GPR) เป็นวิธีการทดสอบทางด้านวิศวกรรมธรณีฟิสิกส์โดยการใช้คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic Wave, EM) ในการตรวจสอบสภาพใต้พื้นดินในระดับตื้นโดยให้ผลลัพธ์ที่มีความละเอียดสูง การทดสอบด้วยเครื่องมือ GPR ได้ใช้งานอย่างกว้างขวางในการประยุกต์ใช้งานเพื่อการจัดทำแผนที่ของโครงสร้างทางธรณีวิทยาใต้ผิวดิน และโครงสร้างทางวิศวกรรมเช่นถนน ตลอดจนถึงการใช้เพื่อตรวจสอบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก เครื่องมือ GPR เป็นเครื่องมือที่ทรงประสิทธิภาพในการใช้งานเพื่อสำรวจใต้พื้นดินอย่างละเอียด ซึ่งเป็นวิธีการสำรวจที่สามารถทำได้โดยรวดเร็วและไม่ทำลายวัสดุที่ทำการทดสอบ โดยการแสดงรูปแบบและลักษณะของ Amplitude ใช้เป็นแนวทางในการตรวจสอบสภาพโครงสร้าง อาคาร ถนน ในประเทศไทยว่ามีส่วนไหนที่เกิดความเสียหายหรือตำแหน่งไหนที่มีท่อหรือสายเคเบิลที่ฝังอยู่ในพื้นผิวคอนกรีต เพื่อเป็นแนวในการป้องกันและทำการบำรุงรักษาอย่างถูกต้อง เพื่อให้มีสภาพพร้อมใช้งานได้ตลอดเวลาและในการตรวจสอบด้วยเครื่องมือ GPR เป็นการทดสอบที่ไม่ทาลายวัตถุทดสอบ ซึ่งสามารถทาได้รวดเร็วและมีความแม่นยาสูงในการตรวจสอบโครงสร้างทางธรณีวิทยา ในการวิจัยครั้งนี้เป็นการตรวจสอบสภาพถนนด้วยระบบ GPR คลื่นความถี่ 400 MHz ในการตรวจสอบวัตถุใต้ผิวคอนกรีตโดยการจัดทำโครงสร้างภายในผิวคอนกรีตในรูปแบบต่างๆ เพื่อนำมาสำรวจด้วยเครื่อง GPR และทำการแปลผลข้อมูล เพื่อทำการสำรวจทางวิศวกรรมโครงสร้าง และทางธรณีวิทยา

หลักการทำงานและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ในการทดสอบ GPR จะทำการส่งคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (EM Wave) ในช่วงความถี่ประมาณ 10 MHz ถึง 1500 MHz เพื่อเก็บข้อมูลใต้พื้นผิว ซึ่งลักษณะของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ส่งออกมานี้จะแพร่กระจาย จากสายอากาศส่งสัญญาณ (Transmitting Antenna) จากนั้นคลื่นจะถูกส่งผ่านเข้าสู่ภายในเนื้อวัสดุด้วยความเร็วคงที่ค่าหนึ่งซึ่งขึ้นอยู่กับคุณสมบัติทางแม่เหล็กไฟฟ้าของวัสดุนั้นๆ ในขณะที่คลื่นเคลื่อนที่ลึกลงไปในเนื้อวัสดุนั้น หาก

พบวัตถุที่ฝังอยู่ด้านใต้หรือพบความเปลี่ยนแปลงของคุณสมบัติทางแม่เหล็กไฟฟ้าของวัสดุเช่น เกิดการเปลี่ยนแปลงของชั้นวัสดุจะเกิดการสะท้อนของคลื่นบางส่วนกลับขึ้นมาที่ผิวดิน ซึ่งเป็นส่วนของสายอากาศรับสัญญาณ (Receiving Antenna) จะรับสัญญาณที่สะท้อนขึ้นมาดังแสดงในรูปที่ 1

รูปที่ 1 ระบบการทำงานของเครื่องมือ Ground Penetrating Radar GPR, *(*cook,1975*)*

การแสดงผลของ GPR จะแสดงภาพ Scan ผลอย่างต่อเนื่องเป็นภาพ Profile ที่เป็นลักษณะโทนสีต่างๆ ซึ่งแสดงถึงสภาพใต้พื้นผิว ซึ่งลักษณะของการสะท้อนกลับเมื่อคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ากระทบกับวัตถุที่มีคุณสมบัติของวัสดุแต่ละชนิดมีความแตกต่างกันทำให้ผลการทดสอบที่ได้แสดงภาพของวัสดุอย่างชัดเจน เนื่องมาจากค่าคงตัวของไดอิเล็กทริก (Dielectric Constant) ของวัสดุแต่ละชนิดมีค่าที่แตกต่างกัน ซึ่งมีผลต่อการสะท้อนคลื่นกลับยังตัวรับสัญญาณด้วย โดยค่า Dielectric Constant ของวัสดุต่างๆ

ตารางที่ 1 ค่าความต้านทานไฟฟ้า (Dielectric Constant) ของวัสดุต่างๆ (ที่มา : Daniels, 1996)

ชนิดของวัสดุ	**ค่า Dielectric Constant**
อากาศ	1
น้ำสะอาด	80
แอสฟัลต์ : แห้ง	2 – 4
แอสฟัลต์ : เปียก	6 – 12
ดินเหนียว	2 – 40
คอนกรีต : แห้ง	4 – 10
คอนกรีต : เปียก	10 – 20
ทราย : แห้ง	4 – 6
ทราย : เปียก	10 - 30

การเลือกใช้ความถี่ของสายอากาศในการสำรวจ

ความลึกในการสำรวจและความคมชัดของข้อมูล เป็นปัจจัยหลักของการสำรวจด้วย GPR ด้วยการใช้สายอากาศความถี่สูงจะให้ผลการสำรวจที่มีความคมชัดสูงแต่จะมีความลึกในการสำรวจต่ำ ในทางกลับกันการใช้สายอากาศความถี่ต่ำจะให้ผลการสำรวจที่มีความละเอียดต่ำแต่จะมีความลึกในการสำรวจมากกว่าการใช้สายอากาศที่มีความถี่สูงซึ่งในทางปฏิบัติเพื่อให้ได้ผลดีที่สุดความถี่ของสายอากาศซึ่งเป็นความย่านถี่กลางต้องเลือกใช้มีความเหมาะสมกับแต่ละสถานที่ปฏิบัติการสำรวจความลึกของวัตถุเป้าหมายและจุดประสงค์ของการสำรวจดังแสดงในตารางที่1 เป็นผลการศึกษาที่ความเหมาะสมของสายอากาศที่ใช้ในการสำรวจเพื่อหาโครงสร้างชั้นทางใต้ถนนคอนกรีตนิยมใช้ความถี่ประมาณ 400 MHz ซึ่งจะให้ความลึกในการสำรวจประมาณ 4.0 เมตร

ตารางที่2 แสดงความลึกในการสำรวจของสายอากาศที่ผลิตจากบริษัท GSSI (2008)

ความถี่ย่านกลาง (MHz)	การใช้งาน	ความลึกในการสำรวจ (m)
16–80	ธรณีวิทยา	0-50
100	ธรณีวิทยา, วิศวกรรม, เหมืองแร่	2-15
200	ธรณีวิทยา, วิศวกรรม, สิ่งแวดล้อม	0-9
270	สาธารณูปโภค, วิศวกรรม, ธรณีวิทยา	0-6
400	สาธารณูปโภค, วิศวกรรม, สิ่งแวดล้อม, ตรวจสอบหาโพรง	0-4
900	ตรวจสอบคอนกรีต, ตรวจสอบหาโพรง	0-1
1000	ตรวจสอบคอนกรีต	0-0.6
1600	ตรวจสอบคอนกรีต	0-0.5
2600	ตรวจสอบคอนกรีต	0-0.4

หลักการสะท้อนและการส่งผ่านของคลื่นเรดาร์ในการทำงานของเครื่อง GPR จะมี (Transmission coefficient) หัวส่งสัญญาณและ(Reflection coefficient) หัวรับสัญญาณ ซึ่งใช้ในการคำนวณเพื่อหาความผิดปกติภายในผิววัสดุทดสอบ เพราะค่าความเข็มของวัตถุในการสะท้อนคลื่นเรดาร์จะขึ้นอยู่กับความต่างของค่า (Dielectric Constant) ของวัสดุทดสอบ

รูปที่ 2 หลักการสะท้อนคลื่นเรดาร์ในวัสดุต่างชนิด (Daniels, 1996)

สถานที่ที่ทำการตรวจสอบ

ในการตรวจสอบหาความผิดปกติใต้ผิวคอนกรีต โพรง ใต้ผิวคอนกรีตได้ทำการจัดเตรียมถนน 2 สายซึ่งได้แก่ 1. ถนนรามคำแหง 24 2. ถนนนิมิตใหม่ กรุงเทพมหานครซึ่งในการตรวจสอบใช้ระยะในการตรวจสอบถนนในแต่ละเส้นเป็นระยะ 200 เมตร โดยทำการทดสอบด้วยเครื่องมือ(Ground Penetrating Radar) GPR โดยทำการตรวจสอบเลนที่สองจากซ้ายซึ่งเป็นเลนที่เกิดความเสียหายมากที่สุดโดยใช้คลื่นความถี่ 400 MHz ในการตรวจสอบหาโพรงใต้คอนกรีตในชั้นดินใต้ผิวถนนคอนกรีต

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บสัญญาณ

การตรวจสอบในการส่งคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าทดสอบหาโพรงใต้ผิวถนนคอนกรีต ได้ใช้เครื่องมือที่สามารถส่งคลื่นความถี่ 400 MHz.ซึ่งประกอบด้วย อุปกรณ์ SIR 20 ,หัวส่งสัญญาณแบบ 400 MHz

วิธีการตรวจสอบ

การตรวจสอบถนนคอนกรีตทำการตรวจสอบถนนสองสายคือ ถนนรามคำแหง 24 ดังแสดงในรูปที่4 (ก) และ 5 (ข) ถนนนิมิตใหม่ โดยทำการตรวจสอบถนนเส้นละ 200 เมตร ในการตรวจสอบโพรงใต้คอนกรีตครั้งนี้ใช้คลื่นความถี่ 400 MHz ทำการสแกนบนผิวถนนเลนที่2 จากด้านซ้ายกลางเลน ทำการสแกนถนนละ 1 ลายสแกน

(ก)

(ข)

รูปที่ 3 (ก) ตรวจสอบผิวถนนซอยรามคำแหง 24 (ข) แสดงแนวการตรวจสอบผิวถนนนิมิตใหม่

วิเคราะห์ผลการสำรวจ

การสำรวจโพรงใต้พื้นผิวถนนคอนกรีตซึ่งจากโครงสร้างชั้นทางในการสำรวจครั้งนี้ให้ความสนใจในชั้น ผิวทาง (Pavement) และชั้นพื้นทาง (Base) เพราะเป็นชั้นที่สามารถเกิดความเสียหายจากการเกิดโพรงได้มากที่สุด ในการตรวจสอบด้วยเครื่องมือ GPR พบว่าค่าความต้านทานไฟฟ้า (Dielectrlc Constant) ของวัสดุทั้งสองชั้นทางนี้มีค่าไม่แตกต่างกัน เพราะฉะนั้นในการตรวจสอบหาโพรงภายใต้พื้นผิวถนนคอนกรีตสามารถตรวจหาได้เพราะค่าความต้านทานไฟฟ้าของผิวทางและชั้นพื้นทางกับโพรงในพื้นผิวคอนกรีตซึ่งเป็นอากาศมีความแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัด ในการสำรวจทั้งสิ้นมีสองเส้นทางคือถนนนิมิตใหม่และถนนรามคำแหง 24 ทำการสแกนเป็นระยะทาง 200 เมตรถนนละหนึ่งลายสแกนซึ่งได้สัญญาณตามรูปที่ 4

(ก) ลายสแกนถนนนิมิตใหม่ (ข) ลายสแกนถนนรามคำแหง 24

รูปที่ 4 ลายสแกนที่ทำการสำรวจด้วยเครื่องมือ GPR และการวิเคราะห์สัญญาณ

การทำการสำรวจถนนนิมิตใหม่และถนนรามคำแหง 24 จากผลการสแกนด้วยเครื่อง GPR สัญญาณได้แสดงการเปลี่ยนแปลงของค่าความต้านทานทางไฟฟ้าซึ่งในตำแหน่งที่ค่าความต้านทานทางไฟฟ้าแตกต่างสัญญาณจะแสดงสัญญาณในลักษณะความเข้มของสัญญาณปรากฏเด่นชัดขึ้นมาซึ่งสามารถบอกได้ว่าบริเวณนี้เกิดความเสียหายซึ่งอาจเกิดจากการมีความชื้นภายในโครงสร้างชั้นทางหรือเกิดโพรงภายในคอนกรีต ในการสำรวจครั้งนี้เราได้ทำการสำรวจถนนเพิ่มจำนวนหนึ่งเส้นทางคือถนนพระราม 4 ขาเข้าช่องจราจรที่ 3 จากซ้ายมือบริเวณหน้าอาคารอื้อจื่อเหลียง ระยะทาง 30 เมตร ทำการสแกน 3 ลาย ดังแสดงในรูปที่ 5

รูปที่ 5 แสดงตำแหน่งสำรวจ : ถนนพระราม 4 ขาเข้า ช่องจราจรที่ 3 จากซ้ายมือ บริเวณหน้าตึกอื้อจื่อเหลียง

ผลการสำรวจถนนพระราม 4 บริเวณหน้าตึกอื้อจื่อเหลียง

ผลการสแกนด้วยเครื่อง Ground Penetrating Radar (GPR) จำนวน 3 ลายสแกนได้พบความผิดปกติของสัญญาณที่ทำการวิเคราะห์ที่ระยะ 13-17 เมตร ซึ่งได้แสดงดังรูปภาพที่ 8 จากตำแหน่งที่เกิดความเสียหายได้ทำการเจาะตรวจสอบโครงสร้างชั้นทางบริเวณที่เกิดความผิดปกติของสัญญาณดังแสดงในรูปที่6 ซึ่งเมื่อทำการเจาะตรวจสอบได้พบโพรงขนาดใหญ่บริเวณใต้พื้นผิวโครงสร้าง ซึ่งตรงกับสัญญาณที่แสดงจากเครื่องGPRโดยการทำการถ่ายภาพจากกล้องกล้อง Borescope

รูปที่ 6 แสดงตำแหน่งความเสียหายภายในโครงสร้างชั้นทาง ถนนพระราม 4 หน้าตึกอื้อจื่อเหลียง

ในการวิเคราะห์สัญญาณในการตรวจสอบหาโพรงอากาศภายในผิวถนนการที่สัญญาณจะแสดงว่าตำแหน่งใดเกิดโพรงโดยค่า Amplitude ตามรูปที่ 7(1) บริเวณดังกล่าวเมื่อคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าผ่านการสะท้อนกลับของสัญญาณคลื่นมีความปกติโดยแสดงค่า Amplitude ตามลักษณะการนำไฟฟ้าของวัสดุชั้นทาง รูปที่ 7(2) บริเวณดังกล่าวเมื่อคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าผ่านและสะท้อนกลับสัญญาณคลื่นมีความผิดปกติโดยแสดงค่า Amplitude ที่สูงเกินค่าการนำไฟฟ้าของวัสดุชั้นทางซึ่งแสดงว่าบริเวณนี้มีความผิดปกติอาจเกิดจากมีอากาศและความชื้นแทรกซึมอยู่ในวัสดุชั้นทางที่ระยะ 0.50 เมตรและรูปที่7(3)เมื่อคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าผ่านและสะท้อนกลับโดยค่า Amplitude แสดงความผิดปกติเล็กน้อยที่บริเวณ 0.50 เมตรซึ่งอาจเกิดจากความชื้นแทรกซึมอยู่บริเวณรอยต่อของคอนกรีต

1 บริเวณสัญญาณที่แสดงค่า Amplitude ที่วิเคราะห์ได้ว่าใต้พื้นถนนมีความปกติของวัสดุชั้นทาง

2 บริเวณสัญญาณที่แสดงค่า Amplitude ที่วิเคราะห์ได้ว่าใต้พื้นถนนมีความผิดปกติอาจเกิดโพรงภายในวัสดุชั้นทาง

3 บริเวณสัญญาณที่แสดงค่า Amplitude ที่วิเคราะห์ได้ว่าใต้พื้นถนนมีความผิดปกติอาจเกิดความชื้นบริเวณรอยต่อภายในวัสดุชั้นทาง

รูปที่ 7 การแสดงค่า Amplitude เมื่อคลื่นสัญญาณผ่านพื้นถนนในบริเวณต่างๆ

การอธิบายคลื่นสัญญาณ Amplitude เมื่อผ่านวัสดุต่างชนิดกันค่าที่ได้จะมีความแตกต่างขึ้นอยู่กับค่า Dielectric Constant ของวัสดุชนิดต่างๆ ซึ่งจากการวิเคราะห์สัญญาณเมื่อทำการปล่อยคลื่นสัญญาณเมื่อสัญญาณกระทบอากาศค่า Amplitude จะมีค่าไปทางบวก เมื่อคลื่นผ่านจากอากาศสู่พื้นถนนค่า Dielectric Constant ของพื้นถนนมีค่าสูงกว่าอากาศ ทำให้ Amplitude ที่แสดงมีค่าบวกมากขึ้นตามรูปที่8(ก) และเมื่อคลื่นสัญญาณผ่านบริเวณที่มีความผิดปกติเป็นโพรงอากาศซึ่งในโพรงอากาศมีความชื้นสูง ค่า Dielectric Constant มีค่าสูงและมีการสะท้อนของค่า Amplitude ในทางบวกและลบเกิน 1 และ-1 ซึ่งทำให้วิเคราะห์ได้ว่าบริเวณนี้มีความชื้นสูงซึ่งน่าจะ

เกิดโพรงอากาศภายในผิวถนน ซึ่งได้แสดงค่าการสะท้อนของ Amplitude สูงกว่าค่าการนำไฟฟ้าของวัสดุชั้นทาง ตามรูปที่ 8(ข)

(ก)
1 บริเวณสัญญาณที่แสดงค่า Amplitude จากหัวส่งสัญญาณกระทบอากาศ
2 บริเวณสัญญาณที่แสดงค่า Amplitude จากอากาศกระทบผิวถนน
3 บริเวณสัญญาณที่แสดงค่า Amplitude จากถนนคอนกรีตกระทบรอยต่อชั้นทาง

(ข)
1 บริเวณสัญญาณที่แสดงค่า Amplitude จากหัวส่งสัญญาณกระทบอากาศ
2 บริเวณสัญญาณที่แสดงค่า Amplitude จากอากาศกระทบผิวถนน
3 บริเวณสัญญาณที่แสดงค่า Amplitude จากคอนกรีตกระทบอากาศและความชื้น

รูปที่ 8 การแสดงค่า Amplitude เมื่อผ่านวัสดุชนิดต่างๆในพื้นถนน

สรุปผลการทดสอบ

ในการสำรวจถนนในกรุงเทพมหานครจำนวนสองสายทางได้แก่ ถนนรามคำแหง 24 ถนนนิมิตใหม่ และได้เพิ่มถนนพระราม 4 เมื่อทำการวิเคราะห์สัญญาณของ GPR สามารถระบุตำแหน่งความเสียหายได้อย่างชัดเจนซึ่งเราได้ทำการเจาะพิสูจน์ในตำแหน่งถนนพระราม 4 หน้าตึกอื้อจื่อเหลียง ซึ่งสามารถตรวจพบโพรงในตำแหน่งที่ GPR พอดีจากระยะที่วิเคราะห์จาก GPR กลับการเจาะพิสูจน์วัดระยะจริงซึ่งผลจาก GPR มีความคาดเคลื่อนจากการเจาะพิสูจน์ไม่มากซึ่งความคาดเคลื่อนของระยะอาจมาจากความชื้นของวัสดุชั้นทางทำให้ค่าความต้านทานทางไฟฟ้ามีการเปลี่ยนแปลงทำให้ระยะความลึกของโพรงเกิดความคาดเคลื่อนได้ อย่างไรก็ตามในการสำรวจหาโพรงโดยวิธีการ GPR สามารถหาโพรงในชั้นทางได้จริง ผลการสำรวจครั้งนี้สามารถนำไปพัฒนาเพื่อเป็นประโยชน์ต่อประเทศไทยต่อไป

เอกสารอ้างอิง

Thomas Roackaway, Joshua A Rivard. 2009. “Application of Ground Penetrating Radar in the Urban Environment” IEEE.

H. M. JOL. 2009.“GROUND PENETRATING RADAR THEORY AND APPLICATIONS” Printed in Slovenia, Elsevier Science.

T. Saarenketo,T. Scullion, 2000.“Road evaluation with ground penetrating radar”, J. Appl. Geophys. 43:119-138.

Timo Saarenketo.2006.“ ELECTRICAL PROPERTIES OF ROAD MATERIALS AND SUBGRADE SOILS AND THE USE OF GROUND PENETRATING RADAR IN TRAFFIC INFRASTRUCTURE SURVEYS” OULU UNIVERSITY PRESS.OULU.

การประยุกต์ใช้ชุดปลูกพืชไร้ดินระบบรากแขวนในแนวตั้ง สำหรับอาคารที่ไม่มีการใช้สอย

THE APPLICATION OF VERTICAL AEROPONICS CULTURE SYSTEM FOR BUILDING IS NO LONGER USABLE

ศุภกิจ ปานเกตุ

นักศึกษาปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (นวัตกรรมอาคาร)

สาขาวิชาเทคโนโลยีทางอาคาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

E-mail : Klive2006@Hotmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยเชิงทดลองนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาการปลูกพืชแบบไร้ดินระบบรากแขวนมาประยุกต์ใช้เป็นชุดปลูกพืชในแนวตั้งเชิงเกษตรกรรมในเมืองเพื่อการรับประทานได้ และ 2) ศึกษาการนำโปรแกรมควบคุมระบบอัตโนมัติ (SCADA) มาช่วยในการควบคุมสภาวะที่มีผลกับการเจริญเติบโตของพืชระบบรากแขวนในแนวตั้ง ในการศึกษาทดลอง ผู้วิจัยเพาะพันธุ์พืชและสร้างชุดปลูกพืชระบบรากแขวนในแนวตั้งต้นแบบ 3 แผ่นปลูก คือ 1) แผ่นปลูกพืชผักทรงพุ่ม 3 ชนิด ได้แก่ เรดโอ๊ค กรีนโอ๊ค และบัตเตอร์เฮด 2) แผ่นปลูกพืชไม้คลุมดิน 3 ชนิด ได้แก่ ก้ามปูหลุด วอเตอร์เครส และผักเป็ดแดง และ 3) แผ่นปลูกพืชผักทรงอื่น 3 ชนิด ได้แก่ กรีนคอส ฟิลเลย์ และเรดปัตตาเวีย แล้วบันทึกผลการทดลองและการเก็บรวมรวมข้อมูลทางคอมพิวเตอร์ด้วยโปรแกรม SCADA System

ผลการวิจัยพบว่า การปลูกพืชระบบรากแขวนในแนวตั้ง สามารถนำมาประยุกต์ใช้เป็นชุดปลูกพืชสำหรับอาคารที่ไม่มีการใช้สอยเพื่อการรับประทานได้เป็นที่น่าพอใจในระดับหนึ่ง และการใช้โปรแกรมควบคุมระบบอัตโนมัติ (SCADA) เป็นตัวช่วยในการควบคุมสภาวะที่มีผลกับการเจริญเติบโตของพืชระบบรากแขวนในแนวตั้งได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ : การปลูกพืชระบบรากแขวนในแนวตั้ง อาคารที่ไม่มีการใช้สอย ระบบอัตโนมัติ (SCADA)

ABSTRACT

Research for this study the objectives are to 1) develop root hanging land-free crop for application of vertically oriented growing kit building in urban for consumption 2) apply of the automatic control systems (SCADA) to assist in the control condition. To factors attending the growth of plant roots hang vertically. In the study, the researchers bred plants and the plant root system hanging vertically, with three groups of vegetables: 1) the growing vegetation canopy three types of Red Oak, Green Oak and Butter Head, 2) The crop does not

cover the three types of Wandering jew, Water Cress and Joy weed and 3) the growing of vegetables the other three types of vegetables, green Costa, Finlay and Red Batavia. Record results and collect data on the computer with program SCADA.

The results showed that experimental studies of the plant root system to form a vertical wall can be used for planting in building for consumption a some satisfactory and program automation (SCADA) is a condition that affects the growth of plants an effectively.

KEYWORDS : Vertical Aeroponics Building is no longer usable Program Automation SCADA

บทนำ

ปัจจุบันการปลูกพืชในแนวตั้งกำลังได้รับความนิยมแพร่หลาย ในประเทศไทยมีการนำแนวคิดเรื่องการปลูกพืชแนวตั้งมาใช้กับอาคารที่อยู่อาศัย ซึ่งทำให้อาคารโดยรอบมีทัศนียภาพสวยงาม ช่วยปรับปรุงคุณภาพอากาศ ลดโลกร้อน และสามารถปลูกไว้เพื่อรับประทานได้ ผู้ที่ริเริ่ม คือ Patrick Blanc ได้นำเรื่องระบบนิเวศน์มาผสมผสานกับการงานสถาปัตยกรรม เรียกว่า สวนแนวตั้ง (Vertical Garden) เป็นการปลูกพืชแบบไม่ใช้ดิน แบบที่ใช้ผ้าใยสังเคราะห์ แนวคิดการปลูกพืชลักษณะนี้สามารถจะประยุกต์ใช้ในเชิงการทำเกษตรในเขตเมืองได้ ซึ่งโดยปรกติจะทำอยู่นอกเมืองนั้น ย้ายเข้ามาทำเกษตรกรรมในเมือง เพื่อลดต้นทุนการขนส่ง แต่ก็ต้องเปรียบเทียบกับค่าใช้จ่ายด้านค่าเช่าพื้นที่ และค่าจัดการ พลังงาน การทำเกษตรกรรมในเมืองเพื่อการนำมาเป็น อาหารต้องคำนึงถึงความเหมาะสม และเพื่อให้ประสบความสำเร็จ รูปแบบการปลูกพืชในแนวตั้ง แบบที่ใช้ผ้าใยสังเคราะห์อาจไม่มีความเหมาะสมกับการปลูกพืชสำหรับอาคารที่ไม่มีการใช้สอยเพื่อการรับประทานได้ เนื่องด้วยน้ำและสารอาหารที่รดลงไปบนวัสดุปลูกอาจการเกิดโรคหรือเชื้อราสะสมในวัสดุปลูก ทั้งหมดนี้อาจก่อให้เกิดปัญหาด้านการบริหารจัดการควบคุมการให้น้ำแก่พืชเท่าที่จำเป็น เมื่อพืชตายการปรับเปลี่ยนทำได้ยาก ทำให้ต้องมีระบบการจัดการที่ดีส่งผลให้ต้นทุนสูงขึ้น ปัญหาดังกล่าวจึงเป็นที่มาของงานวิจัยนี้ ซึ่งเป็นการนำรูปแบบการปลูกพืชไร้ดินระบบรากแขวนในแนวตั้ง (Aeroponics System) มาประยุกต์ใช้งานร่วมกับโปรแกรม SCADA ที่นำมาช่วยควบคุมสภาพแวดล้อมที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช เนื่องด้วยระบบแอร์โรโพนิกส์แนวตั้งเป็นระบบที่ใช้พื้นที่น้อย แต่ให้ผลผลิตสูง ประหยัด และใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่ามีการหมุนเวียนนำกลับมาใช้ใหม่ในระบบ ด้วยเหตุนี้ การประยุกต์ใช้ชุดปลูกพืชไร้ดินระบบรากแขวนในแนวตั้ง จึงมีความเหมาะสมสำหรับเพื่อการรับประทานได้บนอาคารที่ไม่มีการใช้สอยมากกว่าการปลูกพืชในแนวตั้ง แบบที่ใช้ผ้าใยสังเคราะห์

วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1. พัฒนาการปลูกพืชแบบไร้ดินระบบรากแขวน (Aeroponics Culture) มาประยุกต์ใช้เป็นชุดปลูกพืชในแนวตั้ง (Vertical Aeroponics) เชิงเกษตรกรรมในเมืองเพื่อการรับประทานได้

2. นำโปรแกรมควบคุมระบบอัตโนมัติ (SCADA) มาช่วยในการควบคุมสภาวะที่มีผลกับการเจริญเติบโตของพืชระบบรากแขวนในแนวตั้ง (Vertical Aeroponics)

วิธีการดำเนินวิจัย

การศึกษาวิจัยครั้งนี้ เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research) โดยการปลูกพืชแบบไร้ดินระบบรากแขวน (Aeroponics Culture) โดยผู้วิจัยได้กำหนดวิธีการดำเนินการวิจัยไว้ดังนี้

1. ขั้นตอนการวิจัยทดลอง

การทดลองที่ 1 การจัดเตรียมการเพาะเมล็ด และการเพาะพันธุ์พืช โดยแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ คือ 1) การเพาะจากเมล็ดพืช โดยคัดเลือกเมล็ดพันธุ์พืชที่สมบูรณ์ จากนั้น นำฟองน้ำหรือเฟอร์ไลท์ สำหรับเพาะบรรจุใส่ถาดเพาะ แล้วรดน้ำให้ชุ่มก่อนนำเมล็ดพันธุ์ใส่ถาดเพาะประมาณ 1-2 เมล็ด, นำผ้ามาคลุมถาด รดน้ำทั้งเช้า-เย็น เป็นระยะเวลา 7 วัน เมื่อเมล็ดงอก นำไปอนุบาลต้นกล้าเป็นระยะเวลา 3-4 วัน ได้ต้นกล้าที่พร้อมปลูกลงในชุดปลูกพืช ได้แก่ กรีนคอส, เรดปัตตาเวีย, ฟิลเล่ย์, กรีนโอ๊ค, เรดโอ๊ค และบัตเตอร์เฮต และ 2) การปักชิ่งพันธุ์พืช โดยคัดเลือกกิ่งพันธุ์พืชที่สมบูรณ์ นำฟองน้ำหรือเฟอร์ไลท์รดน้ำให้ชุ่มนำกิ่งพันธุ์ใส่ในฟองน้ำหรือเฟอร์ไลท์ 1 - 2 กิ่ง ใช้ผ้าขาวบางคลุมถาดรดน้ำเช้า-เย็น เป็นระยะเวลา 7 วัน เมื่อกิ่งพันธุ์แตกยอด นำไปอนุบาลเป็นระยะเวลา 3-4 วัน ได้กิ่งพันธุ์ที่พร้อมย้ายลงบนชุดปลูกพืช ได้แก่ ก้ามปูหลุด, วอเตอร์เครส และผักเป็ดแดง

การทดลองที่ 2 การสร้างชุดปลูกพืชระบบรากแขวนในแนวตั้งต้นแบบ (ภาพประกอบ 1-2) ชุดปลูกพืชต้นแบบ ดังนี้

1) แผ่นปลูกพืชผักทรงพุ่ม 3 ชนิด แผ่นที่ 1 ปลูกเรดโอ๊ค, แผ่นที่ 2 ปลูกกรีนโอ๊ค และแผ่นที่ 3 ปลูกบัตเตอร์เฮต โดยมีจำนวน 14 ช่องปลูก

2) แผ่นปลูกพืชไม้คลุมดิน 3 ชนิด แผ่นที่ 1 ปลูกก้ามปูหลุด, แผ่นที่ 2 ปลูกวอเตอร์เครส และแผ่นที่ 3 ปลูกผักเป็ดแดง โดยมีจำนวน 23 ช่องปลูก

3) แผ่นปลูกพืชผักทรงอื่น 3 ชนิด แผ่นที่ 1 ปลูกกรีนคอส, แผ่นที่ 2 ปลูกฟิลเลย์ และแผ่นที่ 3 ปลูกเรดปัตตาเวีย โดยมีจำนวน 52 ช่องปลูก

ภาพประกอบ 1-2 การสร้าง และการติดตั้งโปรแกรม SCADA ลงชุดคอมพิวเตอร์
ชุดปลูกพืชระบบรากแขวนในแนวตั้งต้นแบบ

- ติดตั้งโปรแกรม SCADA ลงชุดคอมพิวเตอร์และเชื่อมต่ออุปกรณ์ควบคุมเข้ากับงานระบบไฟฟ้า, ระบบการจ่ายน้ำและสารอาหารของชุดปลูกพืชแนวตั้ง

- กำหนดเงื่อนไขการทำงานของระบบชุดปลูกพืชลงบนโปรแกรม SCADA ที่ใช้ควบคุมระบบชุดปลูกพืช

1) สภาวะทำงานปรกติ Time Setting @ 0.3 minute (water spray) : 5 minute (water stop)

2) ช่วงเวลาควบคุมอัตราฉีดพ่น Time Setting @ 0.3 minute (water spray) : 5 minute (water stop)

3) สภาวะควบคุมความชื้นภายในชุดปลูก กรณีค่าความชื้นลดต่ำกว่าเกณฑ์ (50%) PLC/SCADA สั่งการให้ Water Pump Running และกรณีค่าความชื้นสูงกว่าเกณฑ์ (70%) PLC/SCADA สั่งการให้ Water Pump Stop การพ่นน้ำและสารอาหาร

4) สภาวะควบคุมอุณหภูมิภายในชุดปลูก กรณีอุณหภูมิลดต่ำกว่าเกณฑ์ (25C°) PLC/SCADA สั่งการให้ Water Pump Stop และกรณีอุณหภูมิสูงกว่าเกณฑ์ (34C°) PLC/SCADA สั่งการให้ Water Pump Running

5) สภาวะควบคุมกรด และด่างในถังเก็บสารละลาย กรณีค่า pH ลดต่ำกว่าเกณฑ์ (6.0) PLC/SCADA สั่งการให้ Water Pump Stop และCirculate Pump/Feed Pump Running, กรณีค่า pH สูงกว่าเกณฑ์ (7.0) PLC/SCADA สั่งการให้ Water Pump Stop และCirculate Pump/Compost Pump Running และสุดท้ายกรณีค่า pH ปรกติ PLC/SCADA สังการให้ Water Pump Running ทำงานตามปรกติ และ Circulate Pump Running ตามช่วงเวลาทุกๆ 30 นาที เพื่อป้องกันการตกตะกอนของสารละลายอาหารพืช

6) สภาวะควบคุมความเข็มข้นสารละลาย (EC) ในถังเก็บสารละลาย กรณีค่า EC ลดต่ำกว่าเกณฑ์ (2.0) PLC/SCADA สั่งการให้ Water Pump Stop และ Circulate Pump/Compost Pump Running 30 sec & Stop 5 minute, กรณีค่า EC สูงกว่าเกณฑ์ (2.8) PLC/SCADA สั่งการให้ Water Pump Stop และCirculate Pump/Feed Pump Running และสุดท้ายกรณีค่า pH ปรกติ (2.3-2.7) PLC/SCADA สังการให้ Water Pump Running ทำงานตามปรกติ และ Circulate Pump Running ตามช่วงเวลาทุก ๆ 30 นาที เพื่อป้องกันการตกตะกอนของสารละลายอาหารพืช

- การทดสอบชุดปลูกพืชที่ได้สร้างขึ้นเพื่อให้ได้ตรงตามทีกำหนดไว้ในเงื่อนไขการทำงาน

การทดลองที่ 3 เป็นการศึกษาต่อจากการทดลองที่ 2 โดยการนำชุดปลูกพืชมาทดลอง ดังนี้

1) หาปริมาณน้ำ และบันทึกปริมาณน้ำที่พืชได้รับในแต่ละช่องปลูก

2) เก็บข้อมูลด้วยระบบโปรแกรม SCADA

3) การเจริญเติบโตของพืช และผลผลิตที่ได้รับ

4) เก็บข้อมูลปริมาณแสงที่พืชได้รับช่วงทำการทดลอง และการใช้พลังงานในระบบปลูกพืช

5) เก็บข้อมูลผักในระบบ NFT ที่ Farm Slad Time ที่ปลูกในช่วงเวลาเดียวกัน เพื่อเปรียบเทียบกับการทดลองระบบแอร์โรโพนิกส์แนวตั้ง

2. วิเคราะห์ผลการทดลอง

ผลการวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ยของน้ำที่พืชได้รับ จากกราฟจะเห็นได้ว่าปริมาณน้ำที่ได้รับในแต่ละช่องปลูกของแต่ละแผงปลูกมีค่าใกล้เคียงกันและมีปริมาณน้ำเฉลี่ยอยู่ที่ 6.8 - 8.5 มิลลิลิตรต่อนาที ในแต่ละช่องปลูก ซึ่งเพียงพอต่อความต้องการน้ำของพืชที่ปลูก

แสดงกราฟเปรียบเทียบค่าปริมาณน้ำที่ได้รับ
ของแผ่นปลูกพืชแผ่นที่ 1, 2 และ 3 (ปลูกพืชทรงตั้ง)

แสดงกราฟเปรียบเทียบค่าปริมาณน้ำที่ได้รับ
ของแผ่นปลูกพืชแผ่นที่ 1, 2 และ 3 (ปลูกพืชทรงพุ่ม)

แสดงกราฟเปรียบเทียบค่าปริมาณน้ำที่ได้รับ
ของแผ่นปลูกพืชแผ่นที่ 1, 2 และ 3 (ปลูกพืชคลุมดิน)

ภาพประกอบ 3-5 กราฟวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ยของน้ำที่พืชได้รับในแต่ละแผงปลูก

- การเก็บข้อมูลด้วยระบบโปรแกรมควบคุมระบบอัตโนมัติ (SCADA) ผลของการใช้โปรแกรมระบบควบคุมอัตโนมัติ (SCADA) จะมีการบันทึก และจัดเก็บข้อมูลที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชทุกขั้นตอนการทดลอง ดังนี้

1. การควบคุมอุณหภูมิและความชื้นให้อยู่ในสภาวะคงที่ไม่เปลี่ยนแปลง คือ 28-29 องศา และความชื้น 55 – 70% ซึ่งเป็นผลดีทำให้รากพืชไม่เกิดอาการแห้ง และชุ่มชื้นอยู่เสมอ

2. การควบคุมค่า pH, EC ให้อยู่ในสภาวะคงที่จะเป็นผลดีต่อพืชที่ปลูก ซึ่งการเปลี่ยนแปลงค่า pH จะส่งผลต่อการดูดสารอาหารบางชนิดของพืช และเป็นอันตรายต่อพืช ส่วนการควบคุมระดับสารละลายอาหารพืช (EC) ให้อยู่ในระดับคงที่ ซึ่งส่งผลดีต่อพืชที่ปลูก

3. การควบคุมการทำงานของระบบปั๊มพ์ฉีดพ่นสารละลาย ส่งผลดีต่อพืชที่ปลูก การควบคุมการฉีดพ่นตรงตามเวลาที่กำหนดส่งผลให้การให้น้ำแก่พืชไม่มากเกินความจำเป็นต่อความต้องการของพืช และช่วยให้ประหยัดน้ำ และสารอาหารที่ให้แก่พืช

4. การควบคุมการทำงานของระบบปั๊มพ์หมุนเวียนน้ำ ทำให้สารละลายไม่ตกตะกอนและละลายตัวได้ดี พืชสามารถนำไปใช้ได้ง่าย

5. การควบคุมการทำงานของระบบปั๊มพ์เติมสารละลาย ช่วยให้เกิดผลดีแก่พืชที่ปลูก โดยจะควบคุมปริมาณสารละลาย (EC) ให้อยู่ในสภาวะคงที่ไม่มากเกินกว่าความต้องการของพืช เป็นการประหยัดสารละลายอาหารที่ให้พืช

6. การควบคุมด้วยโปรแกรม SCADA ช่วยแบ่งเบาการทำงานแบบซ้ำซาก ผู้ดูแลสามารถปลีกตัวไปทำงานอื่น ๆ ช่วยควบคุมการทำงานได้อย่างรวดเร็วหรือซับซ้อนให้คงที่ทั่วถึงเป็นการลดจำนวนแรงงานในการผลิตที่เป็นต้นทุนการผลิตอย่างหนึ่งให้ลดลง อีกทั้งยังมีการเก็บข้อมูลได้อย่างมีแบบแผนสามารถนำกลับมาวิเคราะห์ปัญหาได้อย่างสมบูรณ์ มีรูปแบบการทำงานตรงเวลาเป็นมาตรฐานที่แน่นอน และสามารถควบคุมจัดการพลังงานที่ใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังภาพประกอบ 6-7

ภาพประกอบ 6-7 การเก็บรวมรวมข้อมูลทางคอมพิวเตอร์ด้วยโปรแกรม SCADA

- การวิเคราะห์การเจริญเติบโตของพืชผักระบบรากแขวนในแนวตั้งที่ได้นำมาทดลองจากกราฟจะเห็นได้ว่าพืชมีการเติบโตได้ดีเป็นที่น่าพอใจ

การเจริญเติบโตของกรีนคอส การเจริญเติบโตของเรดปัตตาเวีย

การเจริญเติบโตของฟิลเล่ย์ การเจริญเติบโตของกรีนโอ๊ค

การเจริญเติบโตของเรดโอ๊ค การเจริญเติบโตของบัตเตอร์เฮต

ภาพประกอบ 8-21 การเจริญเติบโตของพืชผักระบบรากแขวนในแนวตั้งที่ได้นำมาทดลอง

- การวิเคราะห์ผลผลิตพืชผักที่ปลูกระบบ NFT ที่ Farm กับระบบ แอร์โรโพนิกส์ที่ทดลองวิจัย

1. พืชที่ปลูกในระบบแอร์โรโปนิกส์แนวตั้งจะมีการเจริญเติบโตเป็นที่น่าพอใจ แต่ยังมีปริมาณน้ำหนักของต้นและรากน้อยกว่าระบบ NFT ประมาณ 40% (ดังตาราง 1) อันเนื่องมาจากการได้ปริมาณแสงตลอดวันเพียง 50%ในขณะที่ระบบ NFT ได้ปริมาณแสงตลอดวัน 100 % นั่นอาจเป็นเหตุที่พืชได้รับแสงไม่เพียงพอต่อความต้องการ ของพืชนั่นเอง เมื่อเทียบกับจำนวนต้นต่อพื้นที่ปลูกแล้ว การปลูกในแนวตั้งจะได้ปริมาณต้นที่มากกว่าเป็น 2 เท่า ก็น่าจะเป็นการชดเชยกันได้กับน้ำหนักที่หายไป

2. พืชที่ปลูกลงบนชุดปลูกพืชระบบรากแขวนในแนวตั้งที่สร้างขึ้น นั้นอาจให้ผลผลิตที่ผิดรูปร่างไปบ้าง ทั้งนี้เนื่องจากผักมีอัตราการยืดของก้านใบค่อนข้างมากกว่าปรกติ เมื่อปลูกลงบนชุดปลูกพืชในแนวตั้งที่หันหน้าไปทางทิศตะวันตกโดนแสง 50 % ทำให้ผักได้แสงไม่เพียงพอตลอดทั้งวันจึงเกิดอาการยืดของก้านใบมากกว่าปรกติ

ตาราง 1 ปริมาณน้ำหนักผลผลิตเฉลี่ยระบบแอร์โรโพนิกส์ในแนวตั้งกับผลผลิตระบบ NFT

น้ำหนักผลผลิตในระบบ	แผ่นปลูกกรีนคอส	แผ่นปลูก เรดปัตตาเวีย	แผ่นปลูกฟิลเล่ย์	แผ่นปลูกกรีกรีนโอ๊ค	แผ่นปลูกเรดโอ๊ค	แผ่นปลูกบัตเตอร์เฮต
Aeroponics	20.2	22.4	21.5	23.0	25.0	24.5
NFT	40.0	43.5	41.0	43.5	43.0	41.0
Diff.	19.8	21.1	19.5	20.5	18.0	16.5

การวิเคราะห์ปริมาณแสงที่พืชระบบแอร์โรโฟนิกส์ในแนวตั้งได้รับ จากกราฟจะเห็นว่าปริมาณแสงที่พืชได้รับตลอดทั้งวันเฉลี่ยประมาณ 20,000 ถึง 40,000 Lux เท่านั้น แตกต่างจากระบบ NFT ซึ่งได้รับแสงเต็มที่ตลอดวันอยู่ในช่วงประมาณ 150,000 ถึง 250,000 Lux

ภาพประกอบ 22 การเจริญเติบโตของพืชผักระบบรากแขวนในแนวตั้งที่ได้นำมาทดลอง

การวิเคราะห์การใช้พลังงานในระบบปลูกพืช จากการทดลองผลการใช้พลังงานและสารละลายอาหารพืชของผนังปลูกพืชระบบรากแขนในแนวตั้ง (Vertical Aeroponics) ตลอดช่วงระยะเวลา 38 วัน ใช้ปริมาณพลังงานไฟฟ้าทั้งสิ้น 40 หน่วย เป็นค่าใช้จ่ายทั้งสิ้น 127 บาท และใช้ปริมาณน้ำประปาทั้งสิ้น 1.4 หน่วย เป็นค่าใช้จ่ายทั้งสิ้น 43.70 บาท

สรุปผลการวิจัย

1. จากการศึกษาทดลองนำรูปแบบชุดปลูกพืชระบบรากแขวนในแนวตั้งสามารถนำมาประยุกต์ใช้เป็นชุดปลูกพืชในเมืองเพื่อการรับประทานได้อย่างน่าพอใจในระดับหนึ่ง

2. การพัฒนาใช้โปรแกรมระบบอัตโนมัติ (SCADA) เป็นตัวช่วยควบคุมสภาวะที่มีผลกับการเจริญเติบโตของพืช ระบบสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ แม้บางช่วงเวลาของการทดลองช่วงต้นของงานวิจัยจะมีปัญหาอยู่บ้าง เช่น การควบคุมความชื้น ค่าที่วัดมีการสวิงของสัญญาณมาก ทำให้ระบบไม่สามารถประมวลผล สั่งการได้ แต่เมื่อได้มีการปรับแก้ไขข้องบกพร่อง ระบบสามารถควบคุมและสั่งการได้อย่างถูกต้อง การนำระบบ SCADA มาใช้ส่งผลดีทำให้มีการจัดเก็บข้อมูลอย่างเป็นระบบตามช่วงเวลาจริง (Real Time) ทำให้ง่ายต่อการวิเคราะห์ผลการทดลอง นอกจากนี้ ระบบ SCADA ยังควบคุมค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) และค่าความเข้มข้นของสารละลาย (EC) ระบบสามารถทำงานได้อย่างสมบูรณ์ตรงตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้ได้อย่างถูกต้อง

ข้อเสนอแนะ

1. มดและแมลงเป็นตัวรบกวนระบบการตรวจวัด ควรตรวจสอบหัววัดของอุปกรณ์อยู่เสมอ
2. เมล็ดพันธุ์พืช เป็นปัญหาในด้านการเพาะเมล็ด เนื่องจากมีอัตราการงอกที่ไม่เท่ากัน

3. วัสดุปลูกเช่นฟองน้ำมีอาการอมน้ำและไม่มีการระบายน้ำทำให้พืชเกิดอาการเน่าบริเวณโคนต้น

4. ปุ๋ยจำเป็นต้องกำหนดอัตราส่วนผสมให้ถูกต้อง และควรตรวจสอบอัตราส่วนผสมสม่ำเสมอ

5. ค่า pH ของน้ำและสารอาหารพืชควรตรวจสอบควบคุมให้อยู่เกณฑ์ที่กำหนด มีการตรวจสอบอย่างสม่ำเสมอ (พืชส่วนใหญ่เจริญเติบโตได้ดีในน้ำที่ค่า pH 6.3 – 6.8)

6. ความชื้น RH (%) ภายในชุดปลูก ควรควบคุมให้อยู่ประมาณ 55-70% เพื่อป้องกันรากพืชแห้ง

7. การเคลื่อนที่ของน้ำในถังเก็บสารละลายมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช การเคลื่อนตัวของน้ำ ทำให้ปุ๋ยละลายตัวได้ดี พืชสามารถดูดซึมได้ง่ายและไม่ตกตะกอน

8. แสง (Light) ส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโต การเปลี่ยนแปลงรูปทรง และการสังเคราะห์แสงของพืช เนื่องด้วยพืชแต่ละชนิดต้องการปริมาณแสงไม่เท่ากัน จึงควรพิจารณาอย่างเหมาะสม

9. แผ่นปลูกพืชต้นแบบควรมีการออกแบบให้เหมาะกับการปลูก เนื่องจากต้นแบบที่ทดลองวิจัยพืชสามารถเติบโตได้ดี แต่รูปทรงพืชที่ปลูกมีลักษณะการยืดตัว โค้งงอ และแผ่นปลูกพืชควรทำจากวัสดุที่ทนต่อการกัดกร่อนของสารละลายอาหารพืช อาทิเช่น Fiber Glass หรือพลาสติกประเภท PE (Polyethylene)

10. การนำความรู้ในการปลูกพืชระบบรากแขวนในแนวตั้งมาประยุกต์ใช้เป็นส่วนประกอบของงานสถาปัตยกรรม เช่น ผนังสีเขียว (Green Wall) ทำให้เกิดเป็นอาคารที่มีความน่าสนใจ ซึ่งการใช้ผนังสีเขียวนอกจากจะเป็นการส่งเสริมภูมิทัศน์แล้วยังเพิ่มคุณภาพให้แก่สิ่งแวดล้อมเมือง

11. ควรคัดเลือกสายพันธุ์พืชที่เหมาะสมกับสภาพภูมิอากาศและพื้นที่ในเมือง

12. การประยุกต์ใช้งานชุดปลูกพืชระบบรากแขวนในแนวตั้ง สำหรับอาคารที่ไม่มีการใช้สอยเป็นการนำแนวคิดการทำเกษตรกรรมในเมือง มาประยุกต์ทำให้พื้นที่ในเขตเมืองให้เกิดความคุ้มค่าสูงสุด จากอาคารที่ไม่มีการใช้สอย เกิดอัตราว่างของพื้นที่ภายในอาคารสูง เมื่อนำอาคารเหล่านี้ นำมาใช้พัฒนาด้านเกษตรกรรมในเมืองย่อมเกิดเป็นผลดีต่อการพัฒนาพื้นที่ สุดท้ายเพื่อให้เกิดความเป็นไปได้ในทางธุรกิจด้านเกษตรกรรมในเมือง ก็ควรจะมีการศึกษาวิจัยในเรื่องความคุ้มค่าการลงทุนอย่างรอบด้านอีกครั้ง

ภาพประกอบ 23 ตัวอย่างแบบชุดปลูกพืชกรณีนำไปใช้งานจริงตามที่ออกแบบไว้โดยผู้วิจัย

ภาพประกอบ 24-26 ลักษณะรูปแบบการนำชุดปลูกพืชแนวตั้งระบบรากแขวนไปใช้งานจริง

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ ด้วยความกรุณาและความช่วยเหลือเป็นอย่างดีจาก รศ.พาสินี สุนากร อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก, อ.ดร.โสภา วิศิษฏ์ศักดิ์ ประธานสาขาวิชานวัตกรรมอาคารและรศ.ดร.อิทธิสุนทร นันทกิจ ประธานผู้ทรงคุณวุฒิ ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำ ตลอดจนให้ข้อคิดเห็นและตรวจแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ เป็นอย่างดี ทำให้การศึกษาค้นคว้าอิสระฉบับนี้ถูกต้องสมบูรณ์ยิ่งขึ้น สุดท้ายนี้ ขอกราบขอบพระคุณ ท่านอาจารย์ทุกท่านที่ให้ความรู้ด้านวิชาการต่าง ๆ รวมทั้งบุคคลในครอบครัวที่ให้กำลังใจตลอดการศึกษาวิจัย และหวังว่าวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะเป็นประโยชน์สำหรับนิสิต นักศึกษาและผู้สนใจ

เอกสารอ้างอิง

ณรงค์ศักดิ์ ศิริสกุลวัฒน์, พงศกร พิมพะนิตย์ และสมพร คนยงค์. 2547. **ระบบแอร์โรโพนิกส์ทรงกระบอก**. กรุงเทพฯ: สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.).

ดิเรค ทองอร่าม และคณะ. 2543. **การออกแบบ และเทคโนโลยีการให้น้ำแก่พืช.** กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์เจริญการพิมพ์.

นพดล เรียบเลิศหิรัญ. 2538. **การปลูกพืชไร้ดิน.** นนทบุรี: สำนักพิมพ์สหมิตรพริ้นติ้ง.

วิบูลย์ บุญยธโรกุล. 2529. **"ปั๊มพ์ และระบบสูบน้ำ."** วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน บัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

โสรยา ร่วมรังสี. 2543. **การผลิตพืชแบบไม่ใช้ดิน.** กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์.

อรรจน์ เศรษฐบุตร. 2551. **The Idea of Urban Farming.** สืบค้นเมื่อวันที่ 24 สิงหาคม 2554, จาก www.thaiblogonline.com/sodpichai.Blog. Post ID=37288.

อิทธิสุนทร นันทกิจ. 2547. **การปลูกพืชผักไฮโดรโปนิกส์.** สืบค้นเมื่อวันที่ 25 กรกฎาคม 2554, จาก www.kmitl.ac.th/soilkmitl.

SCADA club. 2007. **SCADA.** Retrieved August 17, 2011, from http://www.scadaclub.com/web/index.php?option=com_frontpage&Itemid=1&limit=114&limitstart=228.

การแยก 4-อะมิโนฟีนอลด้วยกระบวนการ Micellar-Enhanced Ultrafiltration (MEUF) โดยใช้สารลดแรงตึงผิวผสม SDS/CTAB

REMOVAL OF 4-AMINOPHENOL FROM AQUEOUS SOLUTIONS BY MICELLAR ENHANCED ULTRAFILTRATION (MEUF) WITH MIXED SURFACTANTS SDS/CTAB

กนกพร ฉ่องสวนอ้อย

อำไพ ชนะไชย

ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

E-mail : pp_pias@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ในการศึกษาการแยก 4-aminophenol ออกจากสารละลายโดยใช้สารลดแรงตึงผิวผสมประจุลบ (sodium dodecyl sulfate, SDS) และประจุบวก (cetyltrimetylammonium bromide, CTAB) ด้วยกระบวนการ micellar-enhanced ultrafiltration (MEUF) โดยศึกษาถึงผลของสัดส่วนโมลของสารลดแรงตึงผิวทั้งสองชนิดต่อประสิทธิภาพการแยก 4-aminophenol ด้วยเยื่อแผ่นรีเจนเนอเรทเซลลูโลสอะซิเตทที่มีน้ำหนักโมเลกุลตัดออกเท่ากับ 10,000 ดาลตัน พบว่า กรณีที่ใช้สารลดแรงตึงผิวเดี่ยว SDS สามารถแยก 4-aminophenol ได้ดีกว่าการใช้ CTAB เป็นสารลดแรงตึงผิวที่ CMC เดียวกัน และกรณีที่ใช้สารลดแรงตึงผิวผสม 2 ชนิด (SDS:CTAB) ที่สัดส่วนโมล 0.8:0.2 พบว่า ให้ค่าการแยก 4-aminophenol ได้ร้อยละ 98.03 ซึ่งสูงกว่ากรณีที่ใช้สารลดแรงตึงผิวเดี่ยว SDS และ CTAB ซึ่งสามารถแยก 4-aminophenol ได้เพียงร้อยละ 61.29 และ 48.07 ตามลำดับ

คำสำคัญ : 4-aminophenol กระบวนการ micellar-enhanced ultrafiltration (MEUF) sodium dodecyl sulfate (SDS) cetyltrimetylammonium bromide (CTAB)

ABSTRACT

The objective of this research study is to removal of 4-aminophenol from aqueous solutions by micellar enhanced ultrafiltration (MEUF) with mixed surfactants. Two types of were used, i.e., anionic surfactant (Sodium dodecylsulfate, SDS) and cationic surfactant (Cetyltrimetylammonium bromide, CTAB). MEUF technique involved the combination use of surfactant and membrane as generated cellulose membrane at MWCO 10,000 Da. The results showed that in case of using single surfactant, SDS gave the highest removal of 4-aminophenol (61.29 percent at 5 CMC). For MEUF using two surfactants (SDS:CTAB, 0.8:0.2), the removal

of 4-aminophenol was 98.03 percent which was the most effective for removing 4-aminophenol by single surfactant (SDS 61.29 percent, CTAB 48.07 percent respectively).

KEYWORDS : 4-aminophenol, micellar-enhanced ultrafiltration (MEUF), sodium dodecyl sulfate (SDS), cetyltrimetylammonium bromide (CTAB)

บทนำ

ฟีนอลและอนุพันธ์ของฟีนอล เช่น 4-aminophenol เป็นสาร VOCs ที่มีความเป็นพิษสูง พบได้ตามแหล่งน้ำทิ้งต่างๆ เช่น จากอาคาร บ้านเรือน และน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม อันตรายของฟีนอลที่ต้องระวังคือ ฟี-นอลเข้มข้นเมื่อถูกผิวหนังจะกัดผิวหนังและซึมเข้าสู่กระแสโลหิตได้ ถ้าหกรดเป็นบริเวณกว้างหรือกลืนกินเข้าไปอาจถึงตายได้ เนื่องจากเป็นพิษต่อตับ ไต และไปกดระบบประสาทส่วนกลาง (ประสงค์-2544) จึงมีงานวิจัยต่างๆ ที่ศึกษาเกี่ยวกับการแยกและทำให้สารเหล่านี้เจือจางก่อนที่จะถูกปล่อยลงสู่แหล่งน้ำต่างๆ เพื่อให้แหล่งน้ำเหล่านั้นมีปริมาณของสารพิษในปริมาณที่น้อยที่สุด

กระบวนการแยกหรือทำให้สาร 4-aminophenol เจือจาง มีหลากหลายวิธี เช่น กระบวนการตกตะกอน, กระบวนการสกัด, กระบวนการกลั่น และกระบวนการ micellar-enhanced ultrafiltration (MEUF) ซึ่ง 3 กระบวนการแรกเป็นกระบวนการแยกที่ให้ผลดี สามารถกำจัดสารโมเลกุลที่มีขนาดเล็กๆ ได้ แต่กระบวนการเหล่านี้ยังมีข้อบกพร่อง คือ ต้นทุนที่ใช้ในการดำเนินระบบและพลังงานค่อนข้างสูง กระบวนการ MEUF จึงเป็นอีกกระบวนการหนึ่งที่จะกำจัดสารพิษเหล่านี้ กระบวนการนี้มีข้อดี คือ ใช้พลังงานต่ำกว่าและสามารถนำสารกลับมาใช้ใหม่ได้ (Singh-1996)

กระบวนการอัลตราฟิลเตรชัน (Ultrafiltration, UF) เป็นกระบวนการเยื่อแผ่นที่ใช้แยกสารโมเลกุลใหญ่ เช่น โปรตีน เอ็นไซม์ และแป้ง ออกจากน้ำและสารโมเลกุลที่มีขนาดเล็กอื่นๆ ตัวอย่างสารละลายที่อาจแยก หรือเพิ่มความเข้มข้นได้โดยกระบวนการนี้ ได้แก่ น้ำนม น้ำผลไม้ เจลาติน สารละลายเอ็นไซม์ สารปฏิชีวนะ และการทำไวน์ให้ใส เป็นต้น

กระบวนการ Micellar Enhanced Ultrafiltration (MEUF) เป็นกระบวนการแยกที่อาศัยหลักการของกระบวนการ UF มีการเติมสารลดแรงตึงผิวลงไปในสารละลายเพื่อทำให้เกิดไมเซลล์ โดยไอออนของโลหะหนักหรือสารอินทรีย์จะละลายเข้าไปในไมเซลล์ด้วยแรงดึงดูดทางไฟฟ้าหรือแรงแวนเดอร์วาล ซึ่งไมเซลล์ของสารลดแรงตึงผิวมีขนาดใหญ่กว่ารูพรุนของเยื่อแผ่นอัลตราฟิลเตรชันจึงถูกกักด้วยเยื่อแผ่น ส่งผลให้สารอินทรีย์หรือโลหะที่มีขนาดเล็กถูกกักไว้กับไมเซลล์ด้วย

ปัจจุบันมีการประยุกต์ใช้กระบวนการ MEUF ในการกำจัด 4-aminophenol (Bielska-2004) ที่เป็นสารประเภท amphoteric compound คือมีทั้งประจุบวกและประจุลบอยู่ในโมเลกุล จึงทำให้มีโครงสร้างได้ 3 แบบ คือ ammonium cation, phenolate anion และ neutral molecules ซึ่งขึ้นกับค่า pH ถ้า pH ต่ำกว่าค่า pKa จะทำให้ประจุเป็นบวก แต่ถ้าสูงกว่าค่า pKa จะมีประจุเป็นลบ (Nusai-2010) แต่เนื่องด้วย pH ของสารละลาย 4-aminophenol โดยปกติมี pH เท่ากับ 6.25 อยู่ในช่วงระหว่าง pKa_1 (5.48) และ pKa_2 (10.46) จึงทำให้โมเลกุลของ 4-aminophenol

อาจอยู่ในรูปของไอออนทั้ง 3 ชนิดได้ ดังนั้นสารลดแรงตึงผิวจึงมีอิทธิพลต่อการกำจัด 4-aminophenol จึงควรเลือกชนิดของสารลดแรงตึงผิวที่เหมาะสมในการแยก 4-aminophenol

งานวิจัยของฉัตรชัย บุญเชิด (ฉัตรชัย-2548) มีการประยุกต์ใช้กระบวนการ MEUF ในการกำจัดฟีนอลและ 4-aminophenol ด้วยเยื่อแผ่นเซลลูโลสอะซิเตตที่มี MWCO เท่ากับ 10,000 Da โดยใช้ CTAB เป็นสารลดแรงตึงผิวที่มีประจุบวก พบว่าค่าการกักกันฟีนอล (ร้อยละ 81- 94) สูงกว่าค่าการกักกัน 4-aminophenol (ร้อยละ 48-58) สาเหตุเพราะสารลดแรงตึงผิวที่ใช้ CTAB มีประจุบวกจึงสามารถจับกับฟีนอลที่มีประจุเป็นลบได้มากกว่า 4-aminophenol นอกจากนี้พบว่า ที่ความเข้มข้นเดียวกันค่าฟลักซ์ของสารละลายผสมระหว่าง CTAB กับฟีนอล มีค่าน้อยกว่าสารละลายผสมระหว่าง CTAB กับ 4-aminophenol สาเหตุมาจาก 4-aminophenol สามารถละลายในไมเซลล์ได้น้อยกว่าฟีนอล เพราะ 4-aminophenol และ CTAB มีประจุเป็นบวกเหมือนกันจึงผลักกัน จึงทำให้มีโมเลกุลอิสระของ 4-aminophenol มากกว่า

งานวิจัยของ วราภรณ์ ใจใส (วราภรณ์ -2553)ได้ทำการศึกษาถึงประสิทธิภาพในการแยก 4-aminophenol ด้วยกระบวนการ MEUF โดยใช้สารลดแรงตึงผิว 4 ชนิด คือ สารลดแรงตึงผิวประจุลบ คือ SDS, สารลดแรงตึงผิวประจุบวก คือ CTAB, สารลดแรงตึงผิวชนิดไม่มีประจุ คือ Triton X-100 (TX-100) และสารลดแรงตึงผิวที่มีทั้งประจุบวกและประจุลบ (Zwitterionic surfactant) คือ N-dodecyl-N,N-dimethyl-3-ammonio-1-propanesulfonate (SB-12) ด้วยเยื่อแผ่นรีเจนเนอเรทเซลลูโลสอะซิเตทที่มี MWCO เท่ากับ 10,000 Da พบว่า ค่าการกักกัน 4-aminophenol ของสารลดแรงตึงผิวเดี่ยว SDS สามารถกักกัน 4-aminophenol ได้ดีที่สุด เท่ากับ ร้อยละ 60.78 รองลงมาคือกรณีที่ใช้สารลดแรงตึงผิว CTAB, TX-100 และ SB-12 (5 CMC) มีค่าเท่ากับ 45.72, 39.53 และ 49.36 ตามลำดับ สาเหตุเพราะสารละลาย 4-aminophenol มีค่า pH ใกล้เคียงกับค่า pKa_1 มากกว่า pKa_2 จึงทำให้อยู่ในรูปที่มีประจุบวกมากกว่าประจุลบทำให้จับกับ SDS ที่มีประจุลบได้มากกว่า สำหรับระบบ MEUF ที่ใช้สารลดแรงตึงผิวผสม 2 ชนิด คือ SDS/CTAB สามารถกักกัน 4-aminophenol ได้ร้อยละ 81.72 ซึ่งมากกว่าระบบที่ใช้สารลดแรงตึงผิวเดี่ยว เพราะสารละลาย 4-aminophenol เป็นสารประเภท amphoteric จึงทำให้ SDS จับกับ 4-aminophenol ที่อยู่ในรูป ammonium cation และ CTAB จับกับ 4-aminophenol ที่อยู่ในรูป phenolate anion ในงานวิจัยดังกล่าวได้ศึกษาสัดส่วน SDS/CTAB ในสัดส่วน 1:1 เท่านั้น ซึ่งอันที่จริงแล้วสัดส่วนของโมเลกุลชนิดต่างๆ ของ 4-aminophenol ในสารละลายอาจไม่ได้เป็น 1:1 ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงทำการศึกษาหาอัตราส่วนระหว่างสารลดแรงตึงผิวประจุบวก (CTAB) และประจุลบ (SDS) ที่เหมาะสมในการแยก 4-aminophenol ให้มีประสิทธิภาพสูงสุด

ทฤษฎี

UF เป็นกระบวนการเยื่อแผ่นสังเคราะห์ชนิดหนึ่งซึ่งใช้ความดันเป็นแรงขับดันในการแยกและเพิ่มความเข้มข้นของสารละลาย โดยใช้เยื่อแผ่นสังเคราะห์ที่มีขนาดรูพรุนในช่วง 1-20 nm หรือสามารถกักตัวถูกละลายที่มีน้ำหนักโมเลกุลในช่วง 500-500,000 Da และใช้ความดันในช่วง 1-10 bar เป็นแรงขับดันในการแยกสารละลายที่ประกอบด้วยสารโมเลกุลขนาดใหญ่ เช่น โปรตีน เอนไซม์ เป็นต้น หลักการของกระบวนการ UF แสดงดังรูปที่ 2.1 คือ เมื่อป้อนสารละลายเข้าสู่ระบบของเยื่อแผ่นสังเคราะห์ เยื่อแผ่นจะยอมให้ตัวทำละลายและตัวถูกละลายที่มีขนาดเล็กกว่าขนาดรูพรุนของเยื่อแผ่นผ่านไปได้ภายใต้ความดันที่ให้ สารละลายส่วนที่ผ่านเยื่อแผ่นไปได้นี้เรียกว่า เพอมิเอท (permeate) ในขณะที่ตัวถูกละลายที่มีขนาดใหญ่กว่าขนาดรูพรุนของเยื่อแผ่นจะถูกกักไว้ ทำให้

มีความเข้มข้นสูงกว่าสารละลายป้อน เรียกสารละลายส่วนที่เข้มข้นนี้ว่า รีเทนเทท (retentate) ซึ่งส่วนที่นำไปใช้ประโยชน์อาจเป็นรีเทนเททหรือเพอมิเอท หรือทั้งสองส่วน เยื่อแผ่นที่ใช้ในกระบวนการ UF แบ่งตามวัสดุที่นำมาใช้ในการผลิตได้ 2 ประเภท คือ เยื่อแผ่นโพลีเมอร์และเยื่อแผ่นเซรามิคส์ โดยเยื่อแผ่นโพลีเมอร์คือเยื่อแผ่นที่ผลิตจากโพลีเมอร์ เช่น เซลลูโลสอะซิเตต โพลีอะครีโลไนไตรด์ โพลีคาร์บอเนต โพลีไวนิลคลอไรด์ โพลี-ซัลโฟน และโพลีเอไมด์ เป็นต้น ส่วนเยื่อแผ่นเซรามิคส์ คือเยื่อแผ่นที่ผลิตจากสารอนินทรีย์ เช่น เซอร์โคเนียม อลูมินา ซิลิกา และไททาเนียม เป็นต้น

การบอกคุณสมบัติของเยื่อแผ่นจะบอกในรูปของน้ำหนักโมเลกุลตัดออกเป็นค่าที่บอกถึงความสามารถในการแยกโมเลกุลของสาร โดยโมเลกุลที่มีน้ำหนักโมเลกุลมากกว่าหรือเท่ากับ MWCO ของเยื่อแผ่นจะถูกกักไว้ประมาณ 90 เปอร์เซ็นต์ ส่วนโมเลกุลที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำกว่านี้จะสามารถผ่านเยื่อแผ่นไปได้ เช่น เยื่อแผ่นสังเคราะห์ที่มี MWCO 20,000 จะกักโมเลกุลที่มีน้ำหนักโมเลกุลเท่ากับหรือมากกว่า 20,000 ได้ร้อยละ 90 และยอมให้โมเลกุลที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำกว่านี้ผ่านเยื่อแผ่นไปได้

MEUF เป็นกระบวนการแยกที่อาศัยหลักการของกระบวนการ UF แต่มีการเพิ่มประสิทธิภาพในการแยกโดยการใช้สารลดแรงตึงผิวซึ่งจะทำให้แยกสารที่มีโมเลกุลขนาดเล็กกว่ารูพรุนของเยื่อแผ่น ในกระบวนการนี้จะใช้สารลดแรงตึงผิวที่มีความเข้มข้นที่สูงกว่าค่าความเข้มข้นวิกฤติ (Critical Micelle Concentration, CMC) เติมลงในสารตัวอย่างเพื่อทำให้เกิดไมเซลล์, เกิดแรงระหว่างไมเซลล์กับตัวถูกละลาย หรือตัวถูกละลายละลายเข้าไปในไมเซลล์ ไมเซลล์ที่เกิดขึ้นจะล้อมตัวถูกละลายไว้ภายใน ซึ่งขนาดของไมเซลล์จะใหญ่กว่ารูพรุนของเยื่อแผ่น UF ไมเซลล์จึงถูกกักด้วยเยื่อแผ่น ตัวถูกละลายขนาดเล็กที่ละลายอยู่ในไมเซลล์จึงถูกกักไว้ด้วย จากหลักการนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการกำจัดสารอินทรีย์จากแหล่งน้ำต่างๆ ที่มีขนาดโมเลกุลเล็กกว่ารูพรุนของเยื่อแผ่น เช่น ฟีนอล เบนซีน คลอโรไฮโดรคาร์บอน DDT แอลกอฮอล์ chloroaromatic herbicides อนุพันธ์ของ aniline และอิออนของโลหะ เช่น เหล็ก ทองแดง แคลเซียม สังกะสี แคดเมียมและโครเมต จะถูกแยกจากสารละลายได้

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

ศึกษาอัตราส่วนความเข้มข้นของสารลดแรงตึงผิวผสม SDS/CTAB ที่เหมาะสมต่อการแยก 4-aminophenol ด้วยกระบวนการ Micellar-Enhanced Ultrafiltration (MEUF)

วิธีการดำเนินวิจัย

1) อุปกรณ์อัลตราฟิลเตรชัน (Ultrafiltration, UF)

ระบบของกระบวนการ UF แสดงได้ดังภาพประกอบ 1 โดยมีการทำงานดังนี้ บรรจุสารละลายป้อนในถังป้อน (feed tank) สารละลายจะถูกปั๊ม (pumps) ผ่านไปยังเครื่องวัดอัตราการไหล (flowmeter) และเครื่องวัดแรงดัน ตามลำดับ สารละลายจะเข้าสู่โมดูลเยื่อแผ่นแบบแผ่น (plate and frame) ที่บรรจุเยื่อแผ่นชนิด Regernerated cellulose acetate ที่มี MWCO เท่ากับ 10,000 Da มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 63.5 มิลลิเมตร มีพื้นที่เยื่อแผ่น 31.68 ตารางเซนติเมตร เพื่อทำการแยกสารละลายโดยตัวทำละลายและตัวถูกละลายที่มีขนาดเล็กกว่าขนาดของรูพรุนของเยื่อแผ่นจะแยกออกมาทางท่อเพอมิเอทและกักตัวถูกละลายที่มีขนาดใหญ่กว่ารูพรุนของเยื่อแผ่นออกทางท่อรีเทนเทท

2) การวัดค่าฟลักซ์น้ำกลั่น

วัดค่าฟลักซ์ของน้ำกลั่นสำหรับเยื่อแผ่นก่อนการใช้งาน (J_W) โดยจัดอุปกรณ์ดังภาพประกอบ 1 วัดฟลักซ์ของน้ำที่อัตราการไหล 200 ml/h ความดัน 2 bar ที่อุณหภูมิห้อง มีค่าฟลักซ์เท่ากับ $14.17\times10^{-6} m^3/m^2\cdot s$

ภาพประกอบ 1 ชุดอุปกรณ์ของกระบวนการ UF

1. ถังบรรจุสารละลาย	2. ปั๊ม	3. เครื่องวัดอัตราการไหล
4. เกจวัดความดัน	5. โมดูลบรรจุเยื่อแผ่นแบบ	6. วาล์วควบคุมความดัน
7. ท่อรีเทนเทท	8. ท่อเพอมิเอท	9. เครื่องกวนสาร

3) การวัดค่าฟลักซ์ของสารละลาย

วัดฟลักซ์ของสารละลาย (J_V) โดยเตรียมสารละลายป้อน 4-aminophenol/สารลดแรงตึงผิว โดยมีอัตราส่วนดังตารางที่ 1 บรรจุในถังป้อน จากนั้นทำการกวนสารละลายที่ความเร็วรอบ 200 rpm เป็นเวลา 15 นาทีก่อน จึงเปิดปั๊ม ปรับอัตราการไหลและความดันเท่ากับ 200 ml/h และ 2 bar ตามลำดับ ที่อุณหภูมิห้อง หลังจากระบบดำเนินการไป 5 นาที จึงทำการวัดฟลักซ์ของสารละลายทุกๆ 10 นาที จนครบ 1 ชั่วโมง จากนั้นเก็บตัวอย่างทั้งด้านเพอมิเอทและรีเทนเททไปวิเคราะห์ความเข้มข้นของ 4-aminophenol และความเข้มข้นของสารลดแรงตึงผิวเดี่ยวและผสม

4) การวิเคราะห์ความเข้มข้นของ 4-aminophenol

วิเคราะห์โดยใช้เครื่อง UV-VIS Spectrophotometer โดยใช้วิธีการฟอร์มสี ซึ่งสารฟอร์มสีจะเกิดปฏิกิริยากับหมู่ –OH สำหรับตัวถูกละลายที่สามารถวัดความเข้มข้นได้นั้นจะเป็นตัวถูกละลายอิสระเท่านั้น เนื่องจากการละลายของ 4-aminophenol ในไมเซลล์เกิดจากการที่หมู่ –OH จับกับหมู่ quaternary amine ของ CTAB และหมู่ $–NH_2$ จับกับหมู่ sulfonate ของ SDS ซึ่งหมู่ –OH และหมู่ $–NH_2$ ที่ละลายเข้าไปในไมเซลล์หรือที่จับกับไมเซลล์เหล่านี้จะไม่สามารถทำปฏิกิริยาต่อได้อีก ดังนั้นตัวถูกละลายที่เกิดการฟอร์มสีหรือนำมาวิเคราะห์ความเข้มข้นจึงเป็นตัวถูกละลายอิสระเท่านั้น วิธีการฟอร์มสีเริ่มจากการเติมสารละลาย Sodium nitroprusside 0.01 โมลาร์ 1

มิลลิลิตร Hydroxylamine hydrochloride 0.04 โมลาร์ 1 มิลลิลิตร และสารละลายบัฟเฟอร์ pH 12 ปริมาตร 3 มิลลิลิตร ทิ้งไว้ประมาณ 15 นาที สารละลายจะเปลี่ยนสีจากใสเป็นสีเขียวอมน้ำเงิน โดยสารละลาย 4-aminophenol เท่านั้นที่เกิดการฟอร์มสี จึงนำไปวิเคราะห์หาความเข้มข้นของ 4-aminophenol ด้วยเครื่อง UV- VIS spectrometer ที่ความยาวคลื่น 700 นาโนเมตร (Sainthorant-1995)

ตารางที่ 1 ความเข้มข้นของสารลดแรงตึงผิวที่ใช้ในการทดลอง

การทดลองที่	SDS (mM)	CTAB (mM)
1	20.5	-
2	41.0	-
3	61.5	-
4	82.0	-
5	-	2.3
6	-	4.6
7	-	6.9
8	-	9.2
การทดลองที่	Mole fraction (concentration, mM)	
9	0.8 (8.2)	0.2 (2.05)
10	0.6 (8.2)	0.4 (5.47)
11	0.4 (8.2)	0.6 (12.3)

5) การวิเคราะห์ความเข้มข้นของสารลดแรงตึงผิว

วิเคราะห์โดยใช้เครื่อง Conductivity meter ความเข้มข้นของสารลดแรงตึงผิววิเคราะห์โดยการวัดค่า conductivity ซึ่งค่าความเข้มข้นที่วัดได้จะเป็นค่าความเข้มข้นของสารลดแรงตึงผิวทั้งที่เป็นโมโนเมอร์และไม-เซลล์ เนื่องจากการรวมตัวของโมโนเมอร์เป็นไมเซลล์นั้น ไมเซลล์ก็ยังคงมีประจุอยู่

6) การล้างทำความสะอาดเยื่อแผ่นสังเคราะห์

ล้างเยื่อแผ่นด้วยสารละลาย 0.1 N NaOH ปรับอัตราการไหลเป็น 200 ml/h ความดัน 2 bar ผ่านเยื่อแผ่นประมาณ 45 นาที แล้วระบายสารละลาย NaOH ออก และล้างเยื่อแผ่นต่อด้วยน้ำกลั่นเป็นเวลาอย่างน้อย 20 นาที ทำการหาฟลักซ์น้ำกลั่นหลังการล้างเยื่อแผ่น หากมีค่าต่ำกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ ของฟลักซ์น้ำกลั่นเริ่มต้นให้ทำการล้างทำความสะอาดเยื่อแผ่นอีกครั้ง

สรุปผลการทดลอง

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการแยก 4-aminophenol ด้วยกระบวนการ MEUF ภายใต้สภาวะความดัน 200 kPa ที่อุณหภูมิห้อง พบว่า กรณีที่ใช้สารลดแรงตึงผิวเดี่ยว SDS สูงกว่ากรณีที่ใช้สารลดแรงตึงผิวเดี่ยว CTAB ถ้าความเข้มข้นของสารลดแรงตึงผิวเพิ่มขึ้น จะส่งผลให้ค่าฟลักซ์ของสารละลายลดลง ส่วนผลของค่าการกักกัน

4-aminophenol พบว่า ค่าการกักกัน 4-aminophenol ที่ใช้สารลดแรงตึงผิวเดี่ยว SDS มีค่าการกักกันที่สูงกว่าการใช้สารลดแรงตึงผิวเดี่ยว CTAB เพราะสารละลาย 4-aminophenol มี pH เท่ากับ 6.25 ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับค่า pKa_1 (5.48) มากกว่าค่า pKa_2 (10.46) แสดงว่าโมเลกุลของ 4-aminophenol อาจอยู่ในรูปของ ammonium cation ที่มีประจุเป็นบวกมากกว่า phenolate anion ที่มีประจุเป็นลบ ทำให้ไมเซลล์ของ SDS สามารถจับกับ 4-aminophenol ได้มากกว่าไมเซลล์ของ CTAB

และกรณีที่ใช้สารลดแรงตึงผิวผสม 2 ชนิด (SDS:CTAB) พบว่า ค่าฟลักซ์ของสารลดแรงตึงผิวผสมจะต่ำกว่ากรณีที่ใช้สารลดแรงตึงผิวเดี่ยว โดยค่าฟลักซ์จะเพิ่มขึ้นเมื่ออัตราส่วนของ CTAB เพิ่มขึ้น โดยค่าฟลักซ์ที่ดีที่สุดจะอยู่ที่สัดส่วนโมล 0.8:0.2 และที่สัดส่วนนี้มีค่าการกักกัน 4-aminophenol สูงถึง 98.03% ซึ่งสูงกว่ากรณีที่ใช้สารลดแรงตึงผิวเดี่ยว แสดงให้เห็นว่า กรณีที่ใช้สารลดแรงตึงผิวผสมสามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการกำจัด 4-aminophenol ได้

อภิปรายผล

1) ฟลักซ์และค่าการกักกันของสารละลาย 4-aminophenol ที่ใช้สารลดแรงตึงผิวเดี่ยว

ผลของชนิดของสารลดแรงตึงผิวที่มีต่อค่าฟลักซ์ และค่าการกักกันของ 4-aminophenol ที่ใช้สารลดแรงตึง-ผิวเดี่ยว SDS และ CTAB ที่ความเข้มข้น 2.5, 5, 7.5 และ 10 CMC มีค่าฟลักซ์เท่ากับ 12.74×10^{-6}, 10.80×10^{-6}, 10.04×10^{-6} และ $9.69\times10^{-6} m^3/m^2\cdot s$ ตามลำดับ สูงกว่าระบบที่ใช้ CTAB ซึ่งมีค่าเท่ากับ 12.13×10^{-6}, 10.66×10^{-6}, 10.01×10^{-6} และ $9.57\times10^{-6} m^3/m^2\cdot s$ ตามลำดับ โดยที่ฟลักซ์จะแปรผกผันกับน้ำหนักโมเลกุลของไมเซลล์ SDS และ CTAB เท่ากับ 23,070 Da และ 28,427 Da ตามลำดับ กล่าวคือ ถ้าน้ำหนักโมเลกุลของไมเซลล์สูง ขนาดของไมเซลล์จะมีขนาดใหญ่จะทำให้ค่าฟลักซ์ต่ำ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ วราภรณ์ ใจใส (วราภรณ์-2553) ซึ่งรายงานว่าค่า ฟลักซ์ของ SDS (23,070 Da) > CTAB (28,427 Da) > TX-100 (90,559 Da)

จากภาพประกอบ 2 จะเห็นว่าค่าการกักกันของ 4-aminophenol โดยใช้สารลดแรงตึงผิวเดี่ยว SDS ให้ค่าการกักกันที่สูงกว่าค่าการกักกันของ 4-aminophenol ที่ใช้ CTAB เป็นสารลดแรงตึงผิว เนื่องจาก pH ของสารละลาย 4-amonophenol มีค่าเท่ากับ 6.25 ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับค่า pKa_1 (5.48) ดังนั้น 4-aminophenol อาจจะอยู่ในรูปของ ammonium cation มากกว่า phenolate anion ดังนั้นไมเซลล์ของ SDS จึงสามารถจับกับ 4-aminophenol ได้มากที่สุด ซึ่งเป็นผลมาจากการเกิดอันตรกิริยาระหว่างหมู่แอมโมเนียมของโมเลกุลของ 4-aminophenol และประจุลบของไมเซลล์ของ SDS ด้วยแรงดึงดูดระหว่างประจุ จึงทำให้ค่าการกักกันของ 4-aminophenol มีค่ามากกว่าการใช้ CTAB เป็นสารลดแรงตึงผิว

ผลของความเข้มข้นของสารลดแรงตึงผิวที่มีต่อค่าฟลักซ์ พบว่า ที่ความเข้มข้นของ 4-aminophenol คงที่ค่าฟลักซ์ของสารละลายจะมีค่าลดลงเมื่อความเข้มข้นของสารลดแรงตึงผิวเพิ่มขึ้น สาเหตุเพราะสารลดแรงตึงผิวมีความเข้มข้นสูง ทำให้ไมเซลล์ของ สารลดแรงตึงผิวมีจำนวนมากขึ้นและมีขนาดใหญ่ขึ้น (Purkait-2005) จึงเกิดการสะสมที่ผิวหน้าเยื่อแผ่นหรือเกิด concentration polarization (CP) มากขึ้น

เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารลดแรงตึงผิว ทั้ง 2 ชนิด พบว่าสามารถกักกัน 4-aminophenol และสารลดแรงตึงผิวเพิ่มมากขึ้น ดังภาพประกอบ 3 เนื่องจากการเพิ่มความเข้มข้นของสารลดแรงตึงผิว ทำให้สารลดแรงตึงผิวสามารถฟอร์มตัวเป็นไมเซลล์ได้มากขึ้น (Jadhav-2001) ส่งผลให้ 4-aminophenol สามารถกักกันสารลดแรงตึง

ผิวสูง และ 4-aminophenol สามารถละลายในไมเซลล์ได้เพิ่มขึ้น ค่าการกักกัน 4-aminophenol จึงมีค่าสูงขึ้นด้วย ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Jadhav (Jadhav-2001) ซึ่งรายงานว่า เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารลดแรงตึงผิวค่าการกักกันฟีนอลและสารลดแรงตึงผิวเพิ่มมากขึ้น

ภาพประกอบ 2 ค่าการกักกันของ 4-aminophenol ที่ใช้สารลดแรงตึงผิวเดี่ยว SDS, CTAB ที่ 2.5, 5.0, 7.5 และ 10.0 CMC ภายใต้ความดัน 200 kPa ที่อุณหภูมิห้อง (25°C)

ภาพประกอบ 3 ค่าการกักกันสารลดแรงตึงผิวเดี่ยวที่ 2.5, 5.0, 7.5 และ 10.0 CMC ภายใต้ความดัน 200 kPa ที่อุณหภูมิห้อง (25°C)

2) ค่าฟลักซ์และค่าการกักกันของสารละลาย 4-aminophenol ที่ใช้สารลดแรงตึงผิวผสม

กรณีที่ใช้สารลดแรงตึงผิวผสมระหว่างสารลดแรงตึงผิวประจุลบและสารลดแรงตึงผิวประจุบวก คือ SDS และ CTAB ทำการทดลองที่สัดส่วนโมล SDS:CTAB เท่ากับ 0.8:0.2, 0.6:0.4 และ 0.4:0.6 พบว่า ค่าฟลักซ์ของสารละลายที่สัดส่วนโมล 0.8:0.2 มีค่าฟลักซ์สูงสุดเท่ากับ 8.92×10^{-6} $m^3/m^2\cdot s$ รองลงมาคือที่สัดส่วนโมล 0.6:0.4 (8.03×10^{-6} $m^3/m^2\cdot s$) และ 0.4:0.6 (7.35×10^{-6} $m^3/m^2\cdot s$) ตามลำดับ สาเหตุมาจากการเติมสารลดแรงตึงผิวประจุบวก CTAB เพิ่มขึ้นในขณะที่ความเข้มข้นของ SDS คงที่ ซึ่งค่าฟลักซ์ของสารละลายจะแปรผกผันกับความเข้มข้น (Aoudia-2003) คือสารละลายที่มีความเข้มข้นสูงจะมีค่าฟลักซ์ต่ำ

เมื่อทำการเปรียบเทียบค่าฟลักซ์ของสารละลายที่ใช้สารลดแรงตึงผิวผสมกับสารลดแรงตึงผิวเดี่ยว พบว่าค่าฟลักซ์ของสารละลายที่ใช้สารลดแรงตึงผิวเดี่ยวมีค่าฟลักซ์สูงกว่า เพราะว่าเกิดการจับกันเองระหว่างไมเซลล์ของ SDS และ CTAB ซึ่งทำให้ไมเซลล์มีขนาดใหญ่ขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Rowena และคณะ (Rowena-2003) ได้รายงานว่าขนาดของไมเซลล์ผสมจะมีขนาดใหญ่กว่าขนาดของไมเซลล์เดี่ยว ด้วยเหตุนี้ไมเซลล์ที่มีขนาดใหญ่กว่า จึงไปกีดขวางการไหลของสารละลาย ซึ่งทำให้ความต้านทานการไหลเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ค่าฟลักซ์จึงต่ำลง

ภาพประกอบ 4 แสดงค่าการกักกันของ 4-aminophenol ที่ใช้สารลดแรงตึงผิวผสม ที่สัดส่วนโมล 0.8:0.2, 0.6:0.4 และ 0.4:0.6 เท่ากับ 98.03%, 83.94% และ 63.74% ตามลำดับ สังเกตุจะพบว่าที่สัดส่วนโมล 0.8:0.2 ให้ค่าการแยก 4-aminophenol สูงสุดถึงร้อยละ 98.03 เนื่องจากสารละลาย 4-aminophenol มีค่า pH เท่ากับ 6.25 ซึ่งมีค่าใกล้กับค่า pKa_1 มากกว่า pKa_2 โมเลกุลของ 4-aminophenol จึงน่าจะอยู่ในรูปของ ammonium cation ที่มีประจุเป็นบวกมากกว่าในรูปของ phenolate anion ที่มีประจุลบ (G-Biosciences-2009) จึงทำให้ต้องใช้สัดส่วนของสารลดแรงตึงผิวประจุลบ SDS มากกว่าสารลดแรงตึงผิวประจุบวก

ภาพประกอบ 4 ค่าการกักกันของ 4-aminophenol ที่ใช้สารลดแรงตึงผิวผสมที่สัดส่วนโมล SDS:CTAB เท่ากับ 0.8:0.2, 0.6:0.4 และ 0.4:0.6

ข้อเสนอแนะ

การศึกษาการแยกด้วยกระบวนการ MEUF ที่ใช้สารลดแรงตึงผิวผสมชนิดที่ไม่มีประจุและที่มีทั้งประจุบวกและลบ หรือสารลดแรงตึงผิวผสมชนิดที่ไม่มีประจุและที่มีประจุลบ อาจทำให้ค่าการกักกัน 4-aminophenol สูงกว่า การใช้สารลดแรงตึงผิวผสมชนิดที่มีประจุลบและที่มีประจุบวก เนื่องจาก 4-aminophenol มีไอโซเมอร์ 3 แบบ คือ ammonium cationic, phenolate anion และ nutral molecule

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณอย่างสูงต่อ โครงการมหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติ (National Research University, NRU) และ โครงการเมธีวิจัยอาวุโสสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ที่สนับสนุนทุนในงานวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

ฉัตรชัย บุญเชิด, 2548, **การศึกษาการเกิดฟาวลิงในกระบวนการ Micellar-enhanced Ultrafiltration ที่มีการใช้ Ceyltrimetylammonium Bromide เป็นสารลดแรงตึงผิว**, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 1-77.

ประสงค์ คุณานุวัฒน์ชัยเดช, ไมตรี สุทธจิตต์, 2544, สารอินทรีย์ไอระเหย และสุขภาพ (Volatile organics chemicals and health), **พิษวิทยาสาร**, 11(4).

วราภรณ์ ใจใส, 2553, **การแยก 4-อะมิโนฟีนอลด้วยกระบวนการ Micellar Enhanced Ultrafiltration (MEUF) โดยใช้สารลดแรงตึงผิว**, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 1-116.

Aoudia, M., Allal, N., Djennet A. and Toumi L., 2003, Dynamic micellar-enhanced ultrafiltration: use of anionic (SDS)-nonionic (NPE) system to remove Cr^{3+} at low surfactant concentration, **Journal of Membrane Science**, 217: 181-192.

Bielska, M., Szymanowski, J., 2004, **Journal of Membrane Science**, 243: 273–281.

G-Biosciences, 2009, detergents : A handbook & selection guide to detergents & detergent removal, pp. 11.

Jadhav, S.R., Verma, N., Sharma, A. and Bhattacharya, P.K., 2001, "Flux and retention analysis during micellar enhanced ultrafiltration for removal of phenol and aniline", **Separation and Purification Technology**, 24: 541-557.

Nusai, Y., Koizumi, H., Tachibana, M., Tani, K. and Kiba, N., 2010, "Retention Behavior of Aromatic Amines with Some Ionic Liquids Mobile Phase in Semi-micro HPLC", **Journal of Science**, 37: 384-396.

Purkait, M.K., DasGupta S. and De S., 2005, "Micellar-enhanced ultrafiltration of phenolic derivatives from their mixtures" **Journal of Colloid and Interface Science**, 285: 395–402.

Rowena, M., Monton, N., Otsuka1, K. and Terabe, S., 2003, On-line sample preconcentration in micellar electrokinetic chromatography by sweeping with anionic–zwitterionic mixed micelles, **Journal of Chromatography**, 985: 435–445.

Sainthorant, C., Morin, P., Dreux, M., Baudry, A. and Goetz, N., 1995, Separation of phenylenediamine, phenol and aminophenol derivatives by micellar electrokinetic chromatography comparison of the role of anionic and cationic surfactants, **Journal of Chromatography**, 717: 167-179.

Singh, R., 1996, "Removal volatile organic compound by ultrafiltration", **Desalination**, 104: 203-214.

การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์และประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจเพื่อกำหนดดัชนีชี้วัดด้านสิ่งแวดล้อม : กรณีศึกษาอุตสาหกรรมซิป

ASSESSMENT OF CARBON FOOTPRINT AND ECO-EFFICIENCY FOR ENVIRONMENT INDICATORS : ZIPPER INDUSTRY

รังรอง นิลแสง

นักศึกษาบัณฑิตศึกษา ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

E-mail : rungrong.n@gmail.com

นุรักษ์ กฤษดานุรักษ์

รองศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

E-mail : gnurak@engr.tu.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ทำการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการผลิตซิป 3 ชนิด คือ ซิปโลหะ ซิปวิสลอน และซิปไนลอน ซึ่งซิปแต่ละชนิดมีหน่วยหน้าที่ (Functional Unit) เท่ากับ 10 กรัม 19 กรัม และ 7 กรัม ต่อ 1 เส้นซิปตามลำดับ โดยขอบเขตการประเมินเป็นแบบ Business to Business ผลการประเมินพบว่า ซิปโลหะ ซิปวิสลอน และซิปไนลอน มีปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์เท่ากับ 0.107, 0.203และ 0.075กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อหนึ่งเส้นซิปตามลำดับ ช่วงชีวิตที่ทำให้เกิดผลกระทบมากที่สุดคือช่วงการได้มาซึ่งวัตถุดิบของซิปทั้ง 3 ชนิดซึ่งมีสัดส่วนถึง 92.47%โดยวัตถุดิบที่ส่งผลกระทบมากที่สุดคือผ้าเทป (Chain Tape)และการใช้ไฟฟ้าคิดเป็นสัดส่วน 42.55%และ 29.41%ตามลำดับ นอกจากนี้เมื่อคำนวณหาประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ (Eco-efficiency) พบว่า ซิปโลหะ ซิปวิสลอน และซิปไนลอน มีค่าดังกล่าวเท่ากับ 89.886, 64.839 และ 86.951 บาทต่อกิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าตามลำดับซึ่งผลการประเมินทั้งหมดจะถูกนำไปใช้กำหนดดัชนีชี้วัดด้านสิ่งแวดล้อมของโรงงานเพื่อกำหนดนโยบายการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกและเพิ่มประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดต่อไป

คำสำคัญ : คาร์บอนฟุตพริ้นท์ การประเมินวัฏจักรชีวิต ประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ

ABSTRACT

This research aims to study Carbon Footprint of Products (CFP) with 1 piece of zipper manufacturing among 3 types; metal, vislonand nylon zipper which Functional Unit are weighting of 10, 19 and 7 grams respectively. The system boundary is Business to Business. The results of them show as 0.107, 0.203 and 0.075 kg CO_2-equivalent respectively. The significant environmental impacts are caused during raw material

acquisition stage in the zipper life cycle in ample of 92.47%. The use of raw material which has great impact is Chain Tape and energy consumption is in particulate 42.55% and 29.41%respectively. In addition, metal, vislon and nylon zipper are in ample amounts of Eco-efficiency to be calculated at 89.886, 64.839 and 86.951 Baht/kgCO_2-equivalent consecutively.In order to reduce greenhouse gases emission and increase Eco-efficiency, all assessment results are used to determine environment indicators for the manufacturing.

KEYWORDS : Carbon footprint, Life cycle assessment, Eco-efficiency

1. บทนำ

อุตสาหกรรมสิ่งทอและเครื่องนุ่งห่มของไทยเป็นอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ที่มีมูลค่าการส่งออกค่อนข้างสูงมาโดยตลอด โดยมูลค่าการส่งออกปี พ.ศ.2553 เท่ากับ 248,672 ล้านบาทหรือคิดเป็นร้อยละ 9.8 ของผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศ (Gross Domestic Product: GDP) ของภาคอุตสาหกรรม มูลค่าการส่งออกรวมเพิ่มขึ้นจากปี พ.ศ. 2552 ถึงร้อยละ 19.7 ผลจากการขยายตัวดังกล่าวทำให้สามารถจ้างงานในสถานประกอบการมากถึง 4,344 แห่ง และมีการใช้แรงงานในภาคอุตสาหกรรมคิดเป็นมูลค่าถึง 1,045,205 ล้านบาทโดยอุตสาหกรรมสิ่งทอและเครื่องนุ่งห่มประกอบไปด้วยอุตสาหกรรมย่อยหลายอุตสาหกรรมเชื่อมโยงกันตลอดห่วงโซ่อุปทาน (Supply Chain) ตั้งแต่อุตสาหกรรมต้นน้ำ ได้แก่ อุตสาหกรรมเส้นใย อุตสาหกรรมกลางน้ำ ได้แก่ อุตสาหกรรมปั่นด้าย อุตสาหกรรมทอผ้าและถักผ้า อุตสาหกรรมฟอกย้อม พิมพ์และตกแต่งสำเร็จ อุตสาหกรรมซิปและอุตสาหกรรมปลายน้ำ ได้แก่ เครื่องนุ่งห่มและเสื้อผ้าสำเร็จรูป สำหรับตลาดส่งออกของสินค้าอุตสาหกรรมสิ่งทอและเครื่องนุ่งห่มนั้นส่วนใหญ่อยู่ที่ประเทศเวียดนาม ญี่ปุ่น จีน สหรัฐอเมริกา และสหรัฐอาหรับเอมิเรสต์ ซึ่งในตลาดใหญ่บางประเทศ เช่น ญี่ปุ่นและสหรัฐอเมริกาได้มีการริเริ่มนำเอามาตรการกีดกันทางการค้าที่มิใช่ภาษี (Non-Tariffs Measure) มาบังคับใช้กับสินค้านำเข้าภายในประเทศหลายชนิด โดยเฉพาะมาตรการด้านสิ่งแวดล้อมถูกนำมาบังคับใช้เพื่อกระตุ้นให้ผู้ผลิตมีความรับผิดชอบในการผลิตสินค้าที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมมากขึ้น ซึ่งมาตรการที่กำลังได้รับการส่งเสริมกันอย่างแพร่หลายในประเทศดังกล่าวรวมถึงประเทศคู่ค้าไทยในสหภาพยุโรปคือการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ (Carbon Footprint of Product) ซึ่งเป็นการประเมินปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์หรือบริการ (Life Cycle Assessment) ที่พิจารณาตั้งแต่การได้มาซึ่งวัตถุดิบ การขนส่ง การผลิตผลิตภัณฑ์ การกระจายสินค้า การใช้งานและการกำจัดซาก ดังนั้นเพื่อการเตรียมความพร้อมประเทศไทยจึงไม่ควรละเลยในประเด็นดังกล่าวไปเพราะการบังคับใช้มาตรการดังกล่าวจะมีผลกระทบตลอดห่วงโซ่อุปทานสินค้าอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ไม่ได้มีประโยชน์ในแง่ของการลดข้อกีดกั้นทางการค้าจากประเทศคู่ค้าแต่เพียงอย่างเดียวยังสามารถนำผลที่ได้ไปวิเคราะห์หาสาเหตุของผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นได้ตรงประเด็นและสามารถนำไปกำหนดดัชนีชี้วัดความสำเร็จของมาตรการในการปรับปรุงกระบวนการผลิตเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมของสถานประกอบการ เช่น ดัชนีประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ (Eco-efficiency) ที่มุ่งเน้นวัดความสัมพันธ์ด้านเศรษฐกิจและสิ่งแวดล้อมเพื่อเป็นแรงกระตุ้นให้เกิดการเพิ่มมูลค่าของผลิตภัณฑ์เพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการผลิต และเพิ่มประสิทธิภาพของการใช้ทรัพยากร

จากเหตุผลดังกล่าวข้างต้น การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์และการประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของผลิตภัณฑ์ซิป ที่เป็นผลิตภัณฑ์จากอุตสาหกรรมกลางน้ำที่มีความเชื่อมโยงสูงในอุตสาหกรรมสิ่งทอและเครื่องนุ่งห่มจึงมีความน่าสนใจเป็นอย่างยิ่ง ซึ่งการประเมินดังกล่าวจะมีประโยชน์ในการทำให้เกิดกระบวนการพัฒนาอุตสาหกรรมให้เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมต่อไป

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจก หรือ คาร์บอนฟุตพริ้นท์ (Carbon Footprint) ของผลิตภัณฑ์ หมายถึงผลรวมของปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยออกตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ ตั้งแต่การได้มาซึ่งวัตถุดิบ การขนส่ง กระบวนการผลิต การจัดจำหน่าย การใช้งาน และการกำจัดซากหลังใช้งาน โดยใช้หลักการการประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ (Life Cycle Assessment: LCA) 4 ขั้นตอนตามมาตรฐาน ISO 14040 ได้แก่ การกำหนดเป้าหมายและขอบเขตการศึกษา การวิเคราะห์บัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อม การประเมินผลกระทบ และการแปลผล ซึ่งชี้บ่งผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์เฉพาะประเด็นด้านการทำให้เกิดภาวะโลกร้อน โดยก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse Gases: GHGs) 6 ชนิดที่พิจารณาได้แก่ คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) มีเทน (CH_4) ไนตรัสออกไซด์ (N_2O) ไฮโดรฟลูออโรคาร์บอน (HFCs) เปอร์ฟลูออโรคาร์บอน (PFCs) และซัลเฟอร์เฮกซะฟลูออไรด์ (SF_6) พร้อมทั้งมีการแสดงข้อมูลปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์บนสินค้าหรือผลิตภัณฑ์ต่างๆเป็นปริมาณกิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อหน่วยผลิตภัณฑ์

การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจก 2 รูปแบบ แบบแรกคือ Business to Customer (B2C) เป็นการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตลอดวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ โดยครอบคลุมตั้งแต่กระบวนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ กระบวนการผลิต การใช้งาน การกำจัดซากผลิตภัณฑ์หลังการใช้งาน การประเมินแบบ B2C นี้สามารถขอใช้และติดฉลากคาร์บอนคาร์บอนฟุตพริ้นท์บนสินค้าหรือผลิตภัณฑ์ได้และแบบที่สองคือ Business to Business (B2B) เป็นการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตลอดวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ โดยครอบคลุมตั้งแต่กระบวนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ กระบวนการผลิต จนได้เป็นผลิตภัณฑ์พร้อมส่งออก หรือส่งไปเป็นวัตถุดิบต่อให้แก่ผู้ผลิตรายอื่นต่อไป หรือจนถึงที่เป็นสารขาเข้าหรือวัตถุดิบของผู้ผลิตต่อเนื่อง

ส่วนการประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ (Eco-efficiency) ทำได้โดยหาสัดส่วนระหว่างมูลค่าของผลิตภัณฑ์กับผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมที่เน้นเรื่องการใช้พลังงาน วัตถุดิบ และน้ำ และการปล่อยก๊าซเรือนกระจก น้ำเสียและการปล่อยมลพิษอื่นๆ ดังสมการ (1)

$$\text{ประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ (Eco-efficiency)} = \frac{\text{มูลค่าของผลิตภัณฑ์(Value of a product)}}{\text{ผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ (Environmental impact of a product)}} \quad (1)$$

งานวิจัยที่มีการประยุกต์ใช้หลักการการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์และประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจในอุตสาหกรรมสิ่งทอและอุตสาหกรรมที่มีกระบวนการใกล้เคียงนั้น ได้แก่ GuiBing Hong และคณะ (2010) ได้ทำการศึกษาการใช้พลังงานการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของเครื่องจักรในอุตสาหกรรมสิ่งทอโดยใช้ระบบออนไลน์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานและลดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้ซึ่งพบว่าสามารถลดการใช้พลังงานประมาณ 46.1 กิโลตันของเทียบเท่าน้ำมันดิบและลดปริมาณการเกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้ถึง

143.7 กิโลตัน ทำให้อัตราการลดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงถึงร้อยละ1ต่อปีของปริมาณการใช้พลังงานในอุตสาหกรรมสิ่งทอ และในอุตสาหกรรมชิปมีกระบวนการผลิตที่ใช้สีเพื่อใช้สำหรับหัวชิป ซึ่งมีความคล้ายคลึงกับอุตสาหกรรมการผลิตสีสำหรับรถยนต์ ในงานวิจัยของStella Papasavva และคณะ (2001) ได้ศึกษาการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตที่เกี่ยวข้องกับการผลิตสี พบว่าการผลิตสีผงจากโพลีเอสเตอร์มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยกว่าสีการผลิตสีผงอะคิลิคร้อยละ67นอกจากนี้ กฤษกร เจียมจำรัสศิลป์และคณะ ได้ประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมของสีผงชนิดโพลีเอสเตอร์-อีพอกซี โดยมีขอบเขตตั้งแต่การผลิต การขนส่ง การใช้งาน และการกำจัด พบว่าขั้นตอนการเคลือบสีผงกับชิ้นงาน ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากที่สุด เนื่องจากมีการใช้น้ำในการเตรียมผิวงาน ดังนั้นการลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจึงต้องเน้นการใช้น้ำให้มีประสิทธิภาพ นอกจากสีแล้วโลหะก็เป็นวัตถุดิบของกระบวนการผลิตชิป Rene van Berkel (2007) ได้ศึกษาผลิตภัณฑ์โลหะโดยเน้นการออกแบบเพื่อการถอดชิ้นส่วนและการรีไซเคิลได้ตามหลักประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ โดยมีวิธีได้แก่ การออกแบบกระบวน การหาวัตถุดิบทดแทน การปรับปรุงกระบวนการ การรักษาความสะอาดที่ดี การนำมาใช้ใหม่และรีไซเคิลซึ่งหากนำประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจไปใช้ปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง จะทำให้เกิดการพัฒนาที่ยั่งยืนสำหรับการผลิตโลหะ Jyri Seppälä และคณะ (2002) ได้ศึกษาวัฏจักรชีวิตของกลุ่มผลิตภัณฑ์เหล็กสแตนเลสทองแดงนิกเกิลสังกะสีและอะลูมิเนียม พร้อมทั้งประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจพบว่าอุตสาหกรรมโลหะเหล่านั้นมีการรักษาสิ่งแวดล้อมดีอยู่แล้ว โดยการลดการใช้พลังงาน ลดกากตะกอน ฝุ่น รวมทั้งการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งระยะยาวประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ สามารถพัฒนาได้ดีที่สุดโดยการลดการใช้โลหะ โดยการปรับปรุงและพัฒนาคุณสมบัติของโลหะและเพิ่มอายุการใช้งานของโลหะให้นานขึ้น

3. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อทำการศึกษาข้อมูลการใช้ทรัพยากรและของเสียต่างๆ ที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิต และศึกษาผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ชิปเพื่อประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์และประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจเพื่อกำหนดดัชนีชี้วัดด้านสิ่งแวดล้อม พร้อมทั้งนำเสนอแนวทางในการปรับปรุงในการจัดการกับระบบผลิตเพื่อลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในจุดที่เป็นประเด็นสำคัญ

4. วิธีดำเนินวิจัย

วิธีการศึกษาการประเมินผลกระทบวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ ดำเนินการประเมินตามขั้นตอนการประเมินในอนุกรมมาตรฐาน ISO 14040 ซึ่งประกอบด้วย 4 ขั้นตอน คือ การกำหนดเป้าหมายและขอบเขต (Goal and Scope Definition) การวิเคราะห์บัญชีรายการ (Inventory Analysis) การประเมินผลกระทบ (Life Cycle Impact Assessment) และการแปลผล (Interpretation) นอกจากนี้การกำหนดสมมติฐานต่างๆจะใช้หลักเกณฑ์ตามเอกสารแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ของคณะกรรมการเทคนิคด้านคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ (2554)

4.1 การกำหนดเป้าหมายและขอบเขต (Goal and Scope Definition)

4.1.1 การกำหนดเป้าหมาย (Goal Definition)

เป้าหมายของการศึกษานี้คือเพื่อทำการประเมินและวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ของการผลิตซิป 1 เส้น และนำผลจากการประเมินไปใช้คำนวณหาประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจเพื่อกำหนดดัชนีชี้วัดด้านสิ่งแวดล้อม

4.1.2 การกำหนดขอบเขตการศึกษา (Scope and system boundary)

ขอบเขตการศึกษาจะคลอบคลุมตั้งแต่การได้มาซึ่งวัตถุดิบ การขนส่งกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ (Cradle to gate) โดยไม่รวมขั้นตอนการใช้งานและการกำจัดซากผลิตภัณฑ์ ในกระบวนการผลิตซิป ประกอบด้วย 3 ขั้นตอน คือ การย้อมสี (Dyeing) การผลิตหัวซิป (Zipper part) และการประกอบและบรรจุ (Assembling and packaging) เนื่องจากอุตสาหกรรมการผลิตซิปเป็นอุตสาหกรรมกลางน้ำในอุตสาหกรรมสิ่งทอซึ่งใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับอุตสาหกรรมเครื่องนุ่งห่มและเสื้อผ้าสำเร็จรูป เป็นการผลิตเพื่อให้ลูกค้านำไปใช้เย็บประกอบในเสื้อผ้า จึงทำการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเป็นแบบ B2B ดังแสดงในภาพประกอบ1

ภาพประกอบ 1 ขอบเขตของการศึกษา

4.1.3 การกำหนดหน่วยหน้าที่ (Functional unit)

หน่วยสำหรับใช้คำนวณข้อมูลปริมาณสารขาเข้า (Input) และปริมาณสารขาออก (Output) จากระบบที่ศึกษาคือ ซิป 1 เส้น จำนวน 3 ชนิด คือ ซิปโลหะ ซิปวิสลอน ซิปไนลอน ที่มีน้ำหนัก 10 กรัม 19 กรัม และ 7 กรัม ตามลำดับ และหน้าที่สำหรับใช้เป็นวัสดุประกอบเป็นเครื่องนุ่งห่มและเสื้อผ้าในอุตสาหกรรมขั้นต่อไป

4.1.4การปันส่วน (Allocation)

ในกรณีที่มีกระบวนการผลิตมีผลิตภัณฑ์มากกว่า 1 ชนิดและมีการใช้วัตถุดิบและสาธารณูปโภคร่วมกันจนไม่สามารถแยกเก็บข้อมูลได้ จะใช้การปันส่วนข้อมูล (Allocation)โดยใช้น้ำหนักของซิปเป็นเกณฑ์ในการปันส่วน (Mass Allocation)

4.1.5 คุณภาพข้อมูล (Data Quality)

แหล่งที่มาของข้อมูลในแต่ละกระบวนการผลิต ทั้งสารขาเข้าและสารขาออกเป็นข้อมูลที่ได้จากรายงานประจำเดือนของโรงงานผู้ผลิตซิปโดยตรงซึ่งเป็นข้อมูลปฐมภูมิระยะเวลา 1 ปี (มกราคม – ธันวาคม พ.ศ. 2553) ในช่วงการได้มาซึ่งวัตถุดิบ ที่มีทั้งวัตถุดิบที่นำเข้าจากต่างประเทศและวัตถุดิบภายในประเทศ ได้ทำการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการขนส่ง โดยใช้ค่าเฉลี่ยของระยะทางการขนส่ง (หน่วยกิโลเมตร) คูณด้วยน้ำหนักสินค้าที่บรรทุก(หน่วยกิโลกรัม) แล้วคูณกับ Emission Factor (หน่วยกิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซค์เทียบเท่าต่อตัน-กิโลเมตร)ตามประเภทของยานพาหนะที่ใช้ขนส่ง โดยประเมินค่าเฉลี่ยระยะทางการขนส่งของ

วัตถุดิบต่างประเทศ 2 ส่วน คือ จากท่าเรือต่างประเทศมายังท่าเรือกรุงเทพฯ และจากที่ตั้งของโกดังก่อนส่งเข้าโรงงานมายังโรงงาน ส่วนวัตถุดิบภายในประเทศ ประเมินระยะทางการขนส่งจากอำเภอที่ตั้งของโกดังก่อนส่งเข้าโรงงานมายังโรงงาน ในกรณีที่ตั้งอยู่อำเภอเดียวกับโรงงานคิดระยะทางจากพิกัดระหว่างตำบล

4.2 การวิเคราะห์บัญชีรายการ (Inventory Analysis)

กระบวนการผลิตซิปทั้ง3 ขั้นตอน คือ การย้อมสี (Dyeing) การผลิตหัวซิป (Zipper part) และการประกอบและบรรจุ(Assembling and packaging) สามารถแสดงปริมาณสารขาเข้าและสารขาออกดังตาราง1

ตาราง 1 แสดงข้อมูลวัตถุดิบและพลังงานเข้า – ออกในกระบวนการผลิตซิป

สารขาเข้า			สารขาออก		
รายการ	**ปริมาณ**	**หน่วย**	**รายการ**	**ปริมาณ**	**หน่วย**
ไฟฟ้า	5.163734	kWh	ซิปโลหะ	0.010	kg
น้ำ RO	0.116169	m^3	ซิปวิสลอน	0.019	kg
ผ้าเทป	0.445385	kg	ซิปไนลอน	0.007	kg
ก๊าซธรรมชาติ	0.387870	m^3	คาร์บอนไดออกไซด์	0.811	kg CO_2
ก๊าซหุงต้ม	0.003937	kg			
โลหะ	0.461428	kg			
พลาสติก	0.062581	kg			
สารเคมีต่างๆ[1]	0.587451	kg			
บรรจุภัณฑ์	0.085021	kg			

หมายเหตุ[1] บัญชีรายการสารขาเข้าที่เป็นเคมีภัณฑ์เพื่อการผลิตซิปมีมากกว่า 110 ชนิด

4.3 การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม (Impact Assessment)

ทำการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ โดยแปลงข้อมูลปฐมภูมิและข้อมูลทุติยภูมิของสารขาเข้าและสารขาออกของแต่ละกระบวนการผลิตให้อยู่ในรูปปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ ดังสมการ (2)

$$\text{GHG Emission} = \sum (\text{Quantity} \times \text{Emission Factor}) \qquad (2)$$

โดยที่ GHG Emission คือ ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยออกมาจากช่วงวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ Quantity คือ ข้อมูลการใช้วัตถุดิบหรือทรัพยากรEmission Factor คือ ค่าศักยภาพการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดวัตถุดิบ ชนิดพลังงานที่ใช้ในกระบวนการผลิต การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์และประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ (Eco-efficiency)ของซิปแต่ละชนิดได้ผลดังตาราง 2

ตาราง 2 แสดงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในด้านการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าและประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ (Eco-efficiency) ของซิปแต่ละชนิด

ขั้นตอน	ซิปโลหะ	ซิปวิสลอน	ซิปไนลอน	หน่วย
การได้มาซึ่งวัตถุดิบ	0.098490	0.187132	0.068943	kg CO_2eq
การขนส่ง	0.000088	0.000167	0.000061	kg CO_2eq
การผลิต	0.008114	0.015417	0.005680	kg CO_2eq
คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์(CFP)	0.107	0.203	0.075	kg CO_2eq
ประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ	89.886	64.839	86.951	Baht / kg CO_2eq

เมื่อพิจารณาซิปทั้ง 3 ชนิด พบว่าซิปวิสลอนมีปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์สูงที่สุดคือ 0.203 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า รองลงมาคือซิปโลหะ 0.107 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าและซิปไนลอน 0.075 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ส่วนค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจมากที่สุดคือซิปโลหะ 89.886 บาทต่อกิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า รองลงมาคือซิปไนลอน 86.951 บาทต่อกิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า และน้อยที่สุดคือซิปวิสลอน 64.839 บาทต่อกิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ผลการเปรียบเทียบดังกล่าวสามารถแสดงได้ดังภาพประกอบ 2 และ 3

ภาพประกอบ 2 คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ซิปแต่ละชนิด

ภาพประกอบ 3 ประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของผลิตภัณฑ์ซิปแต่ละชนิด

4.4 การแปลผล (Interpretation)

ช่วงของการได้มาซึ่งวัตถุดิบเป็นช่วงที่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากที่สุดเพราะในการผลิตมีการใช้วัตถุดิบและสารเคมีที่หลากหลายเพื่อให้ได้ซิปที่มีลักษณะและมีคุณสมบัติตามต้องการ จะเห็นว่าผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากการได้มาซึ่งวัตถุดิบมีค่ามากที่สุดคือร้อยละ 92.31 รองลงมาคือการผลิตร้อยละ 7.61 และผลกระทบน้อยที่สุดคือการขนส่งร้อยละ 0.08 ดังภาพประกอบ 4 เมื่อพิจารณาวัตถุดิบที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากที่สุดคือ การใช้ผ้าเทป (Chain Tape) ซึ่งเป็นผ้าทอเส้นใยโพลีเอสเตอร์คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ42.55 และการใช้ไฟฟ้าร้อยละ 29.41 เนื่องจากผ้าเทปเป็นวัตถุดิบหลักที่มีปริมาณการใช้มากและมีค่า Emission Factor ที่สูงมากจึงส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากตามไปด้วย ส่วนปริมาณการไฟฟ้าในกระบวนการผลิตก็มีส่วนสำคัญต่อปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของซิปเช่นกัน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Gui Bing Hong และคณะ ที่พบว่าอุตสาหกรรมสิ่งทอมีการใช้พลังงานสูง จึงเน้นการจัดการด้านพลังงานเพื่อลดการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์

ภาพประกอบ 4 สัดส่วนร้อยละของคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ซิป

5. สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นจากวัฏจักรชีวิตของซิป 1 เส้น 3 ชนิด คือ ซิปโลหะ ซิปวิสลอน ซิปไนลอนพบว่าซิปวิสลอนมีค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์มากที่สุด แต่มีค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจน้อยที่สุดพบว่าช่วงของการได้มาซึ่งวัตถุดิบเป็นช่วงที่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากที่สุดซึ่งการลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจาการผลิตซิปจึงควรมุ่งเน้นไปที่การจัดการด้านใช้ทรัพยากรหรือวัตถุดิบ เพิ่มการใช้ทรัพยากรที่หมุนเวียนได้เช่น การใช้ผ้าชนิดอื่นที่มีคุณสมบัติใกล้เคียงกับโพลีเอสเตอร์ รวมทั้งการจัดการด้านการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ หรือลดการใช้พลังงาน การใช้เครื่องจักรหรืออุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพสูงตลอดจนระบบควบคุมการทำงานและวัสดุที่ช่วยในการอนุรักษ์พลังงาน รวมถึงการปฏิบัติตามพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ.2535 และเมื่อสามารถลดการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ได้ จะส่งผลให้เพิ่มมูลค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของซิปทุกๆชนิดตามไปด้วย

6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี เป็นเพราะผู้วิจัยได้รับคำแนะนำต่างๆ ตลอดจนช่วยเหลือแก้ไขปรับปรุงข้อบกพร่องของงานวิจัยนี้จนสำเร็จลงได้ด้วยดีจากนายกรกต พรมโสดา วิศวกรด้านการจัดการพลังงานและสิ่งแวดล้อมและขอขอบคุณเพื่อนร่วมงานที่ให้ความอนุเคราะห์ด้านข้อมูลและให้คำปรึกษาแนะนำต่างๆ

7. รายการอ้างอิง

กฤษกร เจียมจำรัสศิลป, กิรณา จอมคำศรี, เสกสรร พาป้อง, ฉันทนา ยูวะนิยม, ปมทอง มาลากุล ณ อยุธยา, ธำรงรัตน์ มุ่งเจริญ, และคณะ. “การประเมินวัฏจักรชีวิตของสีผง.” **การประชุมวิชาการวิศวกรรมเคมีและเคมีประยุกต์แห่งประเทศไทยครั้งที่ 15.**

คณะกรรมการเทคนิคด้านคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์. 2554. **แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์**. กรุงเทพมหานคร: องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน).

อิมมีเดียท รีซอร์สเซส. 2554. **สถาบันพัฒนาอุตสาหกรรมสิ่งทอ และ สำนักงานส่งเสริมวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม (สสว.) เปิดตัวโครงการ FIC PLUS 2011**, สืบค้นเมื่อ 1 ตุลาคม 2554, จาก http://www.trf.or.th /tips/ x.asp?Art_ID=164

Berkel, R. 2007. “Eco-efficiency in primary metals production : Context, perspectives and methods.” **Conservation and Recycling**, 2011, 511-540.

Hong,G., Su, T., Lee,J., Hsu,T., &Che,H. 2010. “Energy conservationpotentialinTaiwanesetextile industry.” **Energy Policy**, 38, 7048–7053.

Papasavva, S., Kia, S., Claya1, J. & Gunther, R. 2001. “Characterization of automotive paints :anenvironmental impact analysis.” **Progress in Organic Coatings**, 43, 193–206.

Seppälä, J.,Koskela,S.,Melanen, M. &Palperi, M. 2002. “The Finnish metals industry and the environment.” **Conservation and Recycling**, 35, 61-76.

United Nations Economic and Social Commission for Asia and the Pacific. 2009. **Eco-efficiency Indicators:Measuring Resource-use Efficiency and the Impact of Economic Activities on the Environment**. Bangkok : United Nations.

ความเข้มข้นของ 1,2,4 ไตรเมทิลเบนซีนในบรรยากาศการทำงานของอุตสาหกรรมการผลิตสี

CONCENTRATION OF 1, 2, 4 TRIMETHYLBENZENE IN WORKPLACE ENVIRONMENT OF PAINT INDUSTRY

พานิช แก่นกาญจน์
นักศึกษาปริญญาโทภาควิชาอาชีวอนามัยและความปลอดภัย
คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล
E-mail: panich_ka@hotmail.com
รองศาสตราจารย์วิทยา อยู่สุข
อาจารย์ประจำภาควิชาอาชีวอนามัยและความปลอดภัย
คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล
E-mail : phwys@mahidol.ac.th
รองศาสตราจารย์พรพิมล กองทิพย์
อาจารย์ประจำภาควิชาอาชีวอนามัยและความปลอดภัย
คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล
E-mail : phpkt@mahidol.ac.th
นายแพทย์สุทธินันท์ ฉันธ์ธนกุล
อาจารย์ประจำภาควิชาอาชีวอนามัยและความปลอดภัย
คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล
E-mail : phsck@mahidol.ac.th
รองศาสตราจารย์ดุสิต สุจิรารัตน์
อาจารย์ประจำภาควิชาระบาดวิทยา คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล
E-mail : phdsj@mahidol.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ทำการตรวจวัดค่าความเข้มข้นของ 1,2,4 ไตรเมทิลเบนซีนในบรรยากาศการทำงาน ซึ่งเป็นสารผสมในอุตสาหกรรมผลิตสีน้ำมันของพนักงานแผนกผสมสีน้ำมัน-ทิน และพนักงานแผนกบรรจุสีน้ำมัน ทำการเก็บตัวอย่างคุณลักษณะของกลุ่มตัวอย่างด้วยแบบสอบถาม และเก็บตัวอย่างคุณภาพอากาศที่ระดับการหายใจของพนักงาน ด้วยอุปกรณ์ดูดซับ Coconut charcoal tube และ Personal sampling pump ที่อัตราการดูดอากาศ

0.01-0.20 ลิตรต่อนาที ช่วงเวลาเก็บตัวอย่าง 08.00-12.00 น. และ 13.00-17.00 น. และวิเคราะห์ด้วย Gas Chromatography - Flame ionization detector ผลการศึกษาพบว่า ค่าความเข้มข้นของ 1,2,4 ไตรเมทิลเบนซีน ในบรรยากาศการทำงานของพนักงานแผนกผสมสีน้ำมัน-ทิน มีค่าอยู่ในช่วง <0.001-2.738 ส่วนในล้านส่วน ค่าความเข้มข้นเฉลี่ย เท่ากับ 1.094 ส่วนในล้านส่วน และค่าความเข้มข้นของ 1,2,4 ไตรเมทิลเบนซีน ในบรรยากาศการทำงานของพนักงานแผนกบรรจุสีน้ำมัน มีค่าความเข้มข้นอยู่ในช่วง <0.001-5.613 ส่วนในล้านส่วน ค่าความเข้มข้นเฉลี่ย เท่ากับ 1.446 ส่วนในล้านส่วน ซึ่งมีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่ 25 ส่วนในล้านส่วน แนะนำโดย National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) และ The American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH) จากผลการตรวจวัดดังกล่าว พบว่า ค่าความเข้มข้นของ 1, 2, 4 ไตรเมทิลเบนซีน ในบรรยากาศการทำงานของแผนกผสมสีน้ำมัน-ทิน และแผนกบรรจุสีน้ำมันมีค่าไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

คำสำคัญ : 1, 2, 4 ไตรเมทิลเบนซีน อุตสาหกรรมสี

ABSTRACT

The workers' exposure of 1,2,4 trimethylbenzene at Mixing - tin and Packaging section of industrial paint was examined. Personal characteristic of subject was collected by questionnaire. 1,2,4 Trimethylbenzene at workplace was collected by coconut charcoal tube and personal sampling pump at a flow rate of 0.01- 0.20 l/min. The air samples were collected from 08.00 to 12.00 a.m. and 01.00 to 05.00 p.m. The air samples were analyzed by gas chromatography - flame ionization detector. The concentrations of 1,2,4 trimethylbenzene at mixing- tin section ranged from 0.001to 2.738 ppm with an average of 1.094 ppm. The concentrations of 1,2,4 trimethylbenzene at packaging section ranged from 0.001 to 5.613 ppm with an average of 1.446 ppm. The exposure concentrations of 1,2,4 trimethylbenzene at mixing- tin section and packaging section were not significantly different ($p < 0.05$).

KEYWORDS : 1, 2, 4 Trimethylbenzene, Paint Industry

บทนำ

การพัฒนาเศรษฐกิจและอุตสาหกรรม ก่อให้เกิดธุรกิจอุตสาหกรรมที่หลากหลาย มีการนำสารเคมีใหม่ๆ มาใช้ในกระบวนการผลิตอย่างแพร่หลาย การวิจัยพัฒนาและศึกษาอันตรายจากการสัมผัสสารเคมี รวมถึงการพัฒนากระบวนการตรวจวัดทางสุขศาสตร์อุตสาหกรรม เพื่อประโยชน์ในการเฝ้าระวังการสัมผัสและประเมินความเสี่ยงจากการสัมผัสสารเคมีและสิ่งแวดล้อมจากการทำงาน

ไตรเมทิลเบนซีน (TMBs) เป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนกลุ่มอโรมาติก ใช้หลากหลายในอุตสาหกรรม ได้แก่ ใช้เป็นสารเติมแต่งในเชื้อเพลิงแก๊สโซลีน เป็นสารทำละลายในอุตสาหกรรมสี หมึกพิมพ์ สารทำความสะอาด สารเคลือบกันสนิม และยาปราบศัตรูพืช เป็นต้น การทำงานที่เกี่ยวเนื่องกับสารเคมีดังกล่าว

จึงมีโอกาสรับสัมผัสสารทั้งทางผิวหนัง ระบบทางเดินหายใจ และการกิน อันตรายจากการรับสัมผัสผ่านระบบทางเดินหายใจ ทำให้ปวดศีรษะ คลื่นไส้ วิงเวียน กดระบบประสาทส่วนกลาง การสัมผัสทางผิวหนังจะก่อให้เกิดการระคายเคืองต่อผิวหนังเล็กน้อย หากสัมผัสสาร 10-30 นาที ทำให้แสบไหม้ผิวหนัง การได้รับสารติดต่อกันเป็นเวลานาน ทำให้เกิดอาการบวม เป็นผื่นแดง คัน และแตกที่ผิวหนัง การกลืนหรือกินเข้าไป ทำให้คลื่นไส้ อาเจียน ปวดศีรษะ วิงเวียน งง มีผลกดระบบประสาท ถ้าได้รับปริมาณมากทำให้ชัก และเสียชีวิต (EPA, 1994) สำหรับค่ามาตรฐานการรับสัมผัสไตรเมทิลเบนซีน ตลอดระยะเวลาการทำงานปกติ (TWA) สถาบันความปลอดภัยและอาชีวอนามัยแห่งชาติ (National Institute for Occupational Safety and Health: NIOSH) และสมาคมนักสุขศาสตร์อุตสาหกรรมภาครัฐของประเทศสหรัฐอเมริกา (The American Conference of Governmental Industrial Hygienists: ACGIH) กำหนดค่ามาตรฐานตลอดเวลาการทำงานปกติไว้ 25 ส่วนในล้านส่วน (125 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)

การรับสัมผัส 1,2,4 ไตรเมทิลเบนซีนผ่านระบบทางเดินหายใจ พบการดูดซึมผ่านการหายใจ คิดเป็นร้อยละ 64 และตรวจพบเมตาโบไลท์ในปัสสาวะในรูปของ 3,4 Dimethylhippuric acid คิดเป็นร้อยละ 11 (Jarnberg J. & Johanson G. 1999 และ Manini P., Andreoli R. & Niessen W. 2004) การศึกษาการรับสัมผัส 1,2,4 ไตรเมทิลเบนซีนในบรรยากาศการทำงานของพนักงานเคลือบสีเซรามิค พบว่ามีความสัมพันธ์กับระดับ 3,4 ไดเมทิลฮิปพิวริคในปัสสาวะของพนักงาน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Ichiba M., el. al. 1992)

การศึกษาครั้งนี้ ทำการตรวจวัดค่าความเข้มข้นของ 1,2,4 ไตรเมทิลเบนซีนในบรรยากาศการทำงานของพนักงานในโรงงานผลิตสีแห่งหนึ่ง ซึ่ง 1,2,4 ไตรเมทิลเบนซีน เป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนกลุ่มอโรมาติก ใช้เป็นสารผสมในอุตสาหกรรมผลิตสีน้ำมัน และเป็นส่วนประกอบในไวท์สปิริต (White spirit type 1) ของสารผสมในสีน้ำมัน ซึ่งมีสัดส่วนผสมอยู่ 2.1 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก (IPCS, 1996)

กรอบแนวคิดและทฤษฎี

คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของ 1,2,4 ไตรเมทิลเบนซีน

ชื่อเคมีทั่วไป Pseudocumene ชื่อพ้องอื่นๆ psi-cumene, pseudocumol เป็นของเหลว ไม่มีสี สูตรโมเลกุล C_9H_{12} มวลโมเลกุล 120.19 มีลักษณะทางกายภายจุดเดือด 168.79 °C จุดหลอมเหลว 43.78 °C จุดวาบไฟ 54.4 °C ความดันไอ 0.03 mm Hg at 25°C ความถ่วงจำเพาะ (น้ำ = 1) 0.8761 และความหนาแน่นไอ (อากาศ = 1) 4.15

ความเป็นพิษ

การรับสัมผัส 1,2,4 ไตรเมทิลเบนซีน มีโอกาสรับสัมผัสผ่านทางการหายใจ ทางผิวหนัง และการกิน การรับสัมผัสผ่านทางผิวหนังจะทำให้เกิดการระคายเคือง ร่างกายจึงมีกลไกการป้องกัน โดยหลีกเลี่ยงการรับสัมผัสผ่านผิวหนัง การรับสัมผัส 1,2,4 ไตรเมทิลเบนซีนผ่านทางเดินหายใจจึงเกิดขึ้นได้มากกว่า 1,2,4 ไตรเมทิลเบนซีน เมื่อเข้าสู่ร่างกายผ่านระบบทางเดินหายใจ จะดูดซึมเข้าสู่เซลล์เม็ดเลือดแดงที่ปอด และจะสะสมในไขมัน เนื้อเยื่อไขมัน บางส่วนเกิดปฏิกิริยา Oxidation ของ Alcohol และ Carboxylic acid แล้วเปลี่ยนรูปเป็น Glucuronic acid, glycine หรือ sulphates ก่อนขับออกทางปัสสาวะในรูปของ 3,4 Dimethylhippuric acid (EPA,1994 และ Ontario, 2007)

Fiserova-Bergerova V. & Diaz M. L. 1986 พบว่าการรับสัมผัส 1,2,4 ไตรเมทิลเบนซีน ผ่านระบบทางเดินหายใจ 64 % จากการรับสัมผัส isomer ของไตรเมทิลเบนซีน 25 ส่วนในล้านส่วน การศึกษาในอาสาสมัคร 10 คน พบการดูดซึมผ่านปอด 78 % (Jarnberg J, 1997) นอกจากนี้ยังพบการกระจาย เนื้อเยื่อชั้นไขมัน ในเลือด และเนื้อเยื่อสมอง (Kostrzewski P., Wiaderna-Brycht A. & Czerski, B. 1997)

การรับสัมผัส 1,2,4 ไตรเมทิลเบนซีนในกระบวนการผลิต

กระบวนการผลิตสีน้ำมัน มีการใช้ 1,2,4 ไตรเมทิลเบนซีน เป็นส่วนผสมหลัก และเป็นส่วนประกอบในไวท์สปิริต ขั้นตอนการผลิตสีน้ำมัน คือ จัดเตรียมวัตถุดิบตามใบสูตรการผลิตสีจากแผนกผลิต แล้วส่งต่อให้กับแผนกผลิตสีเพื่อผสมสีตามสูตร จากนั้นจะทำการปั่นสีเพื่อผสมให้เข้ากัน และเติมแม่สีเพื่อให้ได้ สีที่ต้องการ จากนั้นพนักงานจะทำการเก็บตัวอย่างสีเพื่อตรวจสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์ แล้วส่งต่อไปยังแผนกบรรจุและส่งจำหน่ายต่อไป พนักงานที่มีโอกาสรับสัมผัสในกระบวนการผลิต ทั้งหมด 24 คน ได้แก่ พนักงานแผนกผสมสีน้ำมัน-ทิน จำนวน 11 คน และแผนกบรรจุสีน้ำมัน จำนวน 13 คน

ขั้นตอนการทำงาน แผนกผสมสีน้ำมัน-ทิน คือ เทส่วนผสมสารเคมีลงในถังผสม จากนั้นเติมสาร ทำละลายลงในถังผสม และทำการปั่นส่วนผสมทั้งหมดให้เข้ากัน ส่วนแผนกบรรจุสีน้ำมัน มีขั้นตอนการทำงาน คือ จะทำการ Load สีหลังจากผสมสีแล้วบรรจุสีลงในภาชนะบรรจุ และบรรจุลงกล่องก่อนนำไปจัดเก็บและ ส่งจำหน่ายต่อไป

กรอบแนวคิด

การศึกษาการรับสัมผัส 1,2,4 ไตรเมทิลเบนซีนในบรรยากาศการทำงานในอุตสาหกรรมการผลิตสีน้ำมัน มีกรอบแนวคิดการวิจัยดังนี้

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อตรวจวัดค่าความเข้มข้นของ 1,2,4 ไตรเมทิลเบนซีนในบรรยากาศการทำงานของพนักงานแผนกผสมสีน้ำมัน-ทิน และแผนกบรรจุสีน้ำมัน

2. เพื่อเปรียบเทียบผลการตรวจวัดความเข้มข้นของ 1,2,4 ไตรเมทิลเบนซีนในบรรยากาศการทำงานกับค่ามาตรฐาน

3. เพื่อเปรียบเทียบระดับการรับสัมผัส 1,2,4 ไตรเมทิลเบนซีนในบรรยากาศการทำงานของพนักงานผสมสีน้ำมัน-ทินและแผนกบรรจุสีน้ำมัน

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาแบบภาคตัดขวาง (cross-sectional study) โดยทำการตรวจวัด 1,2,4 ไตรเมทิลเบนซีนในบรรยากาศการทำงาน และเปรียบเทียบผลการตรวจวัดความเข้มข้นของ 1,2,4 ไตรเมทิลเบนซีนในบรรยากาศการทำงานของพนักงานแผนกผสมสีน้ำมัน-ทินและแผนกบรรจุสีน้ำมัน ซึ่งมีพนักงานที่รับสัมผัส 1,2,4 ไตรเมทิลเบนซีน ทั้งหมด 24 คน และสมัครใจเข้าร่วมการวิจัยในครั้งนี้ 22 คน ขั้นตอนการศึกษาวิจัยได้รับการรับรองจากคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

ขั้นตอนการวิจัย ทำการเก็บข้อมูลคุณลักษณะของกลุ่มตัวอย่างด้วยแบบสอบถาม และตรวจวัดความเข้มข้นของ 1,2,4 ไตรเมทิลเบนซีนในบรรยากาศการทำงานของพนักงานตลอด 8 ชั่วโมงการทำงาน ระหว่างวันที่ 25-28 กรกฎาคม พ.ศ. 2555 โดยเก็บตัวอย่างอากาศแบบติดตัวบุคคลที่ระดับการหายใจของพนักงาน ด้วยอุปกรณ์ดูดซับ Coconut charcoal tube และ Personal sampling pump ที่อัตราการดูดอากาศ 0.01-0.20 ลิตรต่อนาที ช่วงเวลาเก็บตัวอย่าง 08.00-12.00 น. และ 13.00-17.00 น. และวิเคราะห์ตัวอย่างอากาศด้วย Gas Chromatography - Flame ionization detector สภาวะในการวิเคราะห์ของเครื่องมือ Gas Chromatography คือ อุณหภูมิของ Injection ที่ 250 °C และ Flame ionization detector detector ที่ 300 °C อัตราการไหลของแก๊สฮีเลียม 2.6 มิลลิลิตรต่อนาที อัตราการไหลของอากาศ 300 มิลลิลิตรต่อนาที อุณหภูมิคอลัมน์เริ่มต้นที่ 40 °C เป็นเวลา 10 นาที ถึงอุณหภูมิ 230 °C และเวลารีเทนชันที่ 6.099 นาที

การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติในการวิจัย

1. วิเคราะห์ความเข้มข้นของ 1,2,4 ไตรเมทิลเบนซีน ด้วย Gas Chromatography - Flame ionization detector

2. สถิติที่ใช้ ค่าเฉลี่ย ค่าต่ำสุด สูงสุด ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และทดสอบความแตกต่างของการรับสัมผัส 1,2,4 ไตรเมทิลเบนซีนในบรรยากาศการทำงานของพนักงานแผนกผสมสีน้ำมัน-ทินและแผนกบรรจุสีน้ำมัน ด้วยสถิติ Independent t-test

สรุปผลการวิจัย

ผลการศึกษาจากกลุ่มตัวอย่างที่ทำการศึกษาในกระบวนการผลิตสีน้ำมันที่ยินยอมเข้าร่วมการวิจัยและลงนามในหนังสือยินยอมตนเข้าร่วมการวิจัย ทั้งหมด 22 คน ได้แก่ พนักงานแผนกผสมสีน้ำมัน-ทิน จำนวน 11 คน มีหัวหน้างาน 1 คน หน้าที่ผสมสี 9 คน และล้างถังสี 1 คน เพศชาย 10 คน เพศหญิง 1 คน อายุเฉลี่ย 42.12±10.55 ปี ดัชนีมวลกายเฉลี่ย 22.69±3.42 อายุงานเฉลี่ย 14.86±9.19 ปี ประวัติการใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลประเภทหน้ากากป้องกันสารเคมี มีการใช้เป็นประจำ 10 คน ใช้บางครั้ง 1 คน ถุงมือมีการใช้เป็นประจำ 9 คน ใช้บางครั้ง 2 คน และแว่นตามีการใช้เป็นประจำ 11 คน มีประวัติการสูบบุหรี่ 7 คน ไม่มีประวัติการเจ็บป่วยหรือเป็นโรคไต กรวยไตอักเสบ กระเพาะปัสสาวะอักเสบ และโรคตับ สำหรับแผนกบรรจุสีน้ำมัน มีจำนวน 11 คน มี

หัวหน้างาน 1 คน ทำหน้าที่เตรียมภาชนะบรรจุ 3 คน บรรจุสี 3 คน และบรรจุถังลงกล่อง 3 คน และล้างถังสี 1 คน เพศชาย 1 คน เพศหญิง 10 คน อายุเฉลี่ย 34.70±6.59 ปี ดัชนีมวลกายเฉลี่ย 24.05±3.51 กิโลกรัม อายุงานเฉลี่ย 12.95±12.82 ปี ประวัติการใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล ประเภทหน้ากากป้องกันสารเคมี มีการใช้เป็นประจำ 7 คน ใช้บางครั้ง 4 คน ถุงมือมีการใช้เป็นประจำ 7 คน ใช้บางครั้ง 4 คน และแว่นตามีการใช้เป็นประจำ 11 คน ไม่มีประวัติการสูบบุหรี่ การเจ็บป่วยหรือเป็นโรคไต กรวยไตอักเสบ กระเพาะปัสสาวะอักเสบ และโรคตับ

ผลการตรวจวัดค่าความเข้มข้นของ 1, 2, 4 ไตรเมทิลเบนซีนในบรรยากาศการทำงานแสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการตรวจวัดค่าความเข้มข้นของ 1, 2, 4 ไตรเมทิลเบนซีนในบรรยากาศการทำงาน

อาสาสมัครลำดับที่	**ผลการตรวจวัด (ส่วนในล้านส่วน)**	
	แผนกผสมสีน้ำมัน-ทิน	**แผนกบรรจุสีน้ำมัน**
1	0.049	1.108
2	0.424	0.400
3	0.594	0.385
4	2.738	5.613
5	2.223	1.331
6	0.939	0.076
7	<0.001	0.602
8	0.828	3.458
9	1.407	<0.001
10	1.104	0.040
11	0.716	<0.001
ค่ามาตรฐาน*	25	25
ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	1.102 ± 0.824	1.446 ± 1.882
ค่าต่ำสุด	<0.001	<0.001
ค่าสูงสุด	2.738	5.613

หมายเหตุ: * ค่ามาตรฐานตลอดระยะเวลาการทำงานปกติ (TWA) แนะนำโดย สถาบันความปลอดภัยและอาชีวอนามัยแห่งชาติ (National Institute for Occupational Safety and Health: NIOSH) และสมาคมนักสุขศาสตร์อุตสาหกรรมภาครัฐของประเทศสหรัฐอเมริกา (The American Conference of Governmental Industrial Hygienists: ACGIH)

อภิปรายผล

จากผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศในบรรยากาศการทำงาน พบค่าความเข้มข้นของ 1,2,4 ไตรเมทิลเบนซีนในบรรยากาศการทำงานของอุตสาหกรรมผลิตสี ทำการตรวจวัดในแผนกผสมสีน้ำมัน-ทิน พบว่ามีค่าความเข้มข้นอยู่ในช่วง <0.001-2.738 ส่วนในล้านส่วน ค่าความเข้มข้นเฉลี่ย เท่ากับ 1.094 ± 1.206 ส่วนในล้านส่วน และพนักงานแผนกบรรจุสีน้ำมัน พบว่ามีความเข้มข้นอยู่ในช่วง <0.001-5.613 ส่วนในล้านส่วน ค่าความ

เข้มข้นเฉลี่ย เท่ากับ 1.446 ± 1.882 ส่วนในล้านส่วน ซึ่งมีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานตลอดระยะเวลาการทำงานปกติ (TWA) แนะนำโดย สถาบันความปลอดภัยและอาชีวอนามัยแห่งชาติ (National Institute for Occupational Safety and Health: NIOSH) และสมาคมนักสุขศาสตร์อุตสาหกรรมภาครัฐของประเทศสหรัฐอเมริกา (The American Conference of Governmental Industrial Hygienists: ACGIH) จากผลการตรวจวัดดังกล่าว พบว่าการรับสัมผัส 1,2,4 ไตรเมทิลเบนซีน ของแผนกผสมสีน้ำมัน-ทิน และแผนกบรรจุสีน้ำมัน มีค่า ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p < 0.05$)

ผลการตรวจวัดค่าความเข้มข้นของ 1,2,4 ไตรเมทิลเบนซีนในบรรยากาศการทำงานของ อุตสาหกรรมผลิตสี พบว่า มีค่าความเข้มข้นเฉลี่ย เท่ากับ 1.265 ± 1.394 ส่วนในล้านส่วน สอดคล้องกับงานวิจัยของ Ichiba M., el. al. 1992 ซึ่งพบความเข้มข้น 1,2,4 ไตรเมทิลเบนซีนในบรรยากาศการทำงานของพนักงานพิมพ์สีเซรามิค ซึ่งสัมผัสไอระเหยของทินเนอร์ในสีพิมพ์สกรีนของอุตสาหกรรมเซรามิค และสอดคล้องกับงานวิจัยของ Fukaya Y., el. al. 1994 ซึ่งพบความเข้มข้น 1,2,4 ไตรเมทิลเบนซีนในบรรยากาศการทำงานของพนักงาน ที่ทำงานในแผนกพิมพ์สีเซรามิค

ทั้งนี้พนักงานแผนกผสมสีน้ำมัน-ทิน มีลักษณะงานที่แตกต่างกัน เช่นการล้างถังจะทำให้รับสัมผัส 1,2,4 ไตรเมทิลเบนซีน มีค่าสูง เนื่องจากต้องใช้ทินเนอร์ที่มีส่วนผสมของ 1,2,4 ไตรเมทิลเบนซีนในการล้างถังสี พนักงานแผนกบรรจุสีน้ำมัน ลักษณะงาน คือ งานล้างถัง งานบรรจุสี เปิดและปิดฝากระป๋องสี และบรรจุงานลงกล่อง ซึ่งความเข้มข้นของการรับสัมผัส 1,2,4 ไตรเมทิลเบนซีน มีแนวโน้มสูงขึ้น

ข้อเสนอแนะ

จากผลการตรวจวัดค่าความเข้มข้นของ 1,2,4 ไตรเมทิลเบนซีนในบรรยากาศการทำงานของอุตสาหกรรมผลิตสีน้ำมันดังกล่าว พบค่าความเข้มข้น 1,2,4 ไตรเมทิลเบนซีนในบรรยากาศการทำงาน ซึ่งมีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ทั้งนี้ผลการตรวจวัดบางช่วงเวลามีแนวโน้มสูงขึ้น ซึ่งจะแตกต่างกันตามลักษณะงาน และรับสัมผัสสารเคมีของพนักงานดังกล่าวมีหลากหลายชนิด เนื่องจากสีน้ำมันมีส่วนผสมของสารหลายชนิด จึงควรศึกษาการรับสัมผัสสารอื่นเพิ่มเติม เพื่อเฝ้าระวังผลกระทบต่อสุขภาพของพนักงานต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ภาควิชาอาชีวอนามัยและความปลอดภัย คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดลทุกท่าน ขอบพระคุณรองศาสตราจารย์พรพิมล กองทิพย์ และคณะกรรมาการควบคุมวิทยานิพนธ์ผู้ให้คำแนะนำและเป็นที่ปรึกษาด้วยดีตลอดมา และขอบพระคุณบิดา มารดาและครอบครัวซึ่งเป็นกำลังใจและให้การสนับสนุนจนผลงานวิจัยเสร็จสมบูรณ์

เอกสารอ้างอิง

Fiserova-Bergerova, V., & Diaz, M. L. 1986. “Determination and prediction of tissue-gas partition coefficients.” **Int Arch Occup Environ Health,** 58(1): 75-87.

Fukaya, Y., Saito, I., Matsumoto, T., Takeuchi, Y., & Tokudome, S. 1994. "Determination of 3,4-dimethylhippuric acid as a biological monitoring index for trimethylbenzene exposure in transfer printing workers." **Int Arch Occup Environ Health,** 65(5): 295-297.

Ichiba, M., Hama, H., Yukitake, S., Kubota, M., Kawasaki, S., & Tomokuni, K. 1992. "Urinary excretion of 3,4-dimethylhippuric acid in workers exposed to 1,2,4-trimethylbenzene." **Int Arch Occup Environ Health.** 64(5): 325-327.

IPCS. 1996. "Environmental Health Criteria 187: White Spirit (Stoddard Solvent)." **World Health Organization.** Retrieved August 7, 2011, from: http://www.inchem.org/ documents/ehc/ehc/ehc187.htm

Jarnberg, J., & Johanson, G. (1999). "Physiologically based modeling of 1,2,4-trimethylbenzene inhalation toxicokinetics." **Toxicol Appl Pharmacol**, 155(3): 203-214.

Jarnberg, J., Stahlbon, B., Johanson, G., & Lof, A. 1997. "Urinary excretion of dimethylhippuric acids in humans after exposure to trimethylbenzenes." **Int Arch Occup Environ Health,** 69(6): 491-497.

Kostrzewski, P., Wiaderna-Brycht, A., & Czerski, B. 1997. "Biological monitoring of experimental human exposure to trimethylbenzene." **Sci Total Environ,** 199(1-2): 73-81.

Manini, P., Andreoli, R., & Niessen, W. 2004. "Liquid chromatography-mass spectrometry in occupational toxicology: a novel approach to the study of biotransformation of industrial chemicals." **J Chromatogr A,** 1058(1-2): 21-37.

Ontario. 2007. "1,2,3-Trimethylbenzene 1,2,4-Trimethylbenzene 1,3,5-Trimethylbenzene." **Ontario Air Standards For Trimethylbenzenes:** Retrieved August 7, 2011, from http://www.ontla.on.ca/library/repository/mon/20000/277838.pdf

U.S. EPA. 1994. "Chemicals summary for 1,2,4-Trimethylbenzene" **U.S. Environmental Protection Agency.** Retrieved March 11, 2012, from http://www.epa.gov/chemfact/s_trimet.txt

การออกแบบหัวเชื่อมกับการลดความเมื่อยล้าของกล้ามเนื้อไหล่จากการเชื่อมในโรงงานผลิตเครื่องปรับอากาศ

TORCH DESIGN TO REDUCE FATIGUE ASSOCIATED WITH ARM AND SHOULDER MUSCLES IN WELDING PROCESS OF AIR CONDITIONING FACTORY

นางสาวธัญญารัตน์ ฤกษ์ใหญ่
นักศึกษาระดับปริญญาโท คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล
E-mail : thunyaratr@windowslive.com
รศ.วิชัย พฤกษ์ธาราธิกูล
อาจารย์ประจำภาควิชาอาชีวอนามัยและความปลอดภัย
คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล
E-mail : vichai.pru@mahidol.ac.th
รศ.ดร.เฉลิมชัย ชัยกิตติภรณ์
อาจารย์ประจำภาควิชาอาชีวอนามัยและความปลอดภัย
คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล
E-mail : chalermchai.cha@mahidol.ac.th
รศ.ดร.สรา อาภรณ์
อาจารย์ประจำภาควิชาอาชีวอนามัยและความปลอดภัย
คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล
E-mail : sara.arp@mahidol.ac.th

บทคัดย่อ

การใช้หัวเชื่อมที่ไม่เหมาะสม ดำเนินการเชื่อมเป็นระยะเวลานาน จะทำให้เกิดความเมื่อยล้าของผู้ทำงาน ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงทำการออกแบบหัวเชื่อมใหม่ตามหลักการยศาสตร์เพื่อลดความเมื่อยล้าของกล้ามเนื้อไหล่โดยศึกษาเปรียบเทียบผลการตรวจวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อไหล่ของผู้ทำการเชื่อมท่อทองแดงด้วยหัวเชื่อมเดิมกับหัวเชื่อมใหม่พร้อมกับศึกษาประสิทธิภาพของหัวเชื่อมใหม่ในการเชื่อมที่โรงงานผลิตเครื่องปรับอากาศแห่งหนึ่ง การศึกษานี้เป็นการศึกษาแบบกึ่งทดลอง ดำเนินการกับกลุ่มตัวอย่างที่เป็นพนักงานเชื่อมท่อทองแดง 9 คนที่ไม่มีประวัติที่อาจมีผลกระทบต่อความเมื่อยล้าของแขน มือและไหล่ โดยนำเครื่องมือวัดสัดส่วนร่างกายมาวัดขนาดของร่างกายของกลุ่มตัวอย่าง จากนั้นนำค่าเปอร์เซนต์ไทล์ที่ 5 และ 95 ของสัดส่วนร่างกายที่เกี่ยวข้องมาใช้

ออกแบบหัวเชื่อมใหม่เพื่อลดระดับของไหล่ ลดมุมระหว่างแขนและลำตัว และลดการบิดของข้อมือขณะที่ทำการเชื่อม ค่าเปอร์เซนต์ไทล์ที่ 5 ของความสูงศอกเท่ากับ 87 เซนติเมตร ค่าเปอร์เซนต์ไทล์ที่ 5 ของเส้นผ่าศูนย์กลางภายในกำมือเท่ากับ 3.8 เซนติเมตร และค่าเปอร์เซนต์ไทล์ที่ 95 ของความกว้างของมือเท่ากับ 10 เซนติเมตร หัวเชื่อมใหม่มีขนาดความยาวด้ามจับ, เส้นผ่าศูนย์กลางของด้ามจับและระยะระหว่างกึ่งกลางด้ามจับกับปลายหัวเชื่อมเท่ากับ 12, 3 และ 25 เซนติเมตร ตามลำดับ ปลายหัวเชื่อมเป็นรูปโค้ง ประเมินความเมื่อยล้าจากการตรวจวัดค่าคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ Deltoid ขณะทำการเชื่อม นำเสนอเป็นค่าเฉลี่ย RMS EMG ด้วยเครื่องวัด EMG เป็นเวลา 20 นาที และบันทึกระยะเวลาที่ใช้ในการเชื่อมท่อทองแดงแต่ละชิ้นจากกล้องบันทึกภาพ ผลการศึกษาขณะที่ทำการเชื่อมด้วยหัวเชื่อมที่มีอยู่เดิมกับด้วยหัวเชื่อมใหม่จะถูกนำไปเปรียบเทียบทางสถิติ ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าขณะที่กลุ่มตัวอย่างทำการเชื่อมด้วยหัวเชื่อมใหม่พบว่า ความเมื่อยล้าของกล้ามเนื้อ Deltoid และระยะเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการเชื่อมท่อทองแดงต่อชิ้นน้อยกว่าขณะที่กลุ่มตัวอย่างทำการเชื่อมด้วยหัวเชื่อมที่มีอยู่เดิมอย่างมีนัยสำคัญ (P- value< 0.05) จึงสรุปได้ว่า หัวเชื่อมที่ออกแบบตามหลักเออร์กอนอมิกส์สามารถลดความเมื่อยล้าของกล้ามเนื้อไหล่ และสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานเชื่อมท่อทองแดงได้

คำสำคัญ : การยศาสตร์ การวัดสัดส่วนร่างกาย การออกแบบหัวเชื่อม คลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ ความเมื่อยล้า

ABSTRACT

Inappropriate hand tools cause fatigue at work. The objectives of this study are to design new torch as principles of ergonomic for reducing fatigue on shoulder muscle using EMG monitoring results on shoulder of welder and to study the efficiency of new torch to weld copper capillary tube at air conditioning factory. This quasi- experimental study was carried out with 9 subjects who had no history that may affect to fatigue on arm, hand and shoulder. Anthropometers were used to measure body dimension of subjects and directed to design new torch for reducing shoulder level, angle between arm and trunk and angle to twist the wrist while welding. Percentile5th of elbow height was 87 centimeters, Percentile5th of inside grip diameter was 3.8 centimeters and percentile 95th of hand breadth was 10 centimeters. Handle length, handle diameter and distances between middle handle to the end of torch are 12, 3 and 25 cm. respectively with curve end is new torch design shape. The EMG of deltoid muscle activity was measured and would be represented as mean of RMS EMG by electromyograph for 20 minutes and circle time of welding per piece of copper tube of all subjects were measured from time records in video camera. All results which were measured while welding by using existing torch and new torch were compared statistically. The results of this study demonstrated that while subjects were welding by using new torch, deltoid muscle activity and circle time for welding per piece were significantly less than while using existing torch (P< 0.05). The experimental concluded that new torch designed as principles of ergonomic can reduce fatigue shoulder muscle and can increase efficiency of copper capillary tube welding.

KEYWORDS : Anthropometry, Electromyography, Ergonomic, Fatigue, Torch design

บทนำ

ปัจจุบัน โลกกำลังเผชิญกับปัญหาจากภาวะวิกฤตโลกร้อนที่ทวีความรุนแรงเพิ่มขึ้น ทำให้ธุรกิจเครื่องปรับอากาศเกิดการขยายตัวควบคู่กัน กระบวนการผลิตเครื่องปรับอากาศสามารถก่อให้เกิดผลกระทบด้านอาชีวอนามัยและความปลอดภัย ซึ่งมีผลต่อสภาพเศรษฐกิจโดยรวมได้ ผลกระทบด้านด้านอาชีวอนามัยและความปลอดภัยที่สำคัญและกำลังได้รับความสนใจจากประเทศต่างๆ ทั่วโลก คือ การบาดเจ็บหรือการเจ็บป่วยเนื่องจากท่าทางการทำงาน ซึ่งเป็นปัญหาด้านการยศาสตร์ (Ergonomics)

สำนักงานประกันสังคม กระทรวงแรงงาน, 2548- 2553 รายงานสถิติการประสบอันตรายหรือเจ็บป่วยเนื่องจากท่าทางการทำงานของแรงงานที่อยู่ในระบบผู้ประกันตน จากปี พ.ศ. 2547- 2552 พบว่า มีสถิติสูงอย่างต่อเนื่อง สถิติจากปี พ.ศ. 2547- 2552 พบข้อมูลการประสบอันตรายหรือเจ็บป่วยเนื่องจากท่าทางการทำงาน คิดเป็นอัตรา 85, 90, 89, 90, 67 และ 63 รายต่อผู้ประกันตน 100,000 ราย ตามลำดับ

จากการตรวจสอบสถิติความเมื่อยล้าของกล้ามเนื้อเนื่องจากการทำงานเชื่อมท่อทองแดงที่ต้องยกแขนสูงในท่าที่เบี่ยงเบนไปจากธรรมชาติซ้ำๆ ในโรงงานผลิตเครื่องปรับอากาศ ซึ่งถือเป็นการประสบอันตรายหรือเจ็บป่วยเนื่องจากท่าทางการทำงาน พบว่าใน ปี พ.ศ. 2552 และ 2553 มีการเจ็บป่วยร้อยละ12 และร้อยละ 11 ของจำนวนพนักงานที่ต้องทำงานเชื่อม ตามลำดับ นอกจากนี้ในปี 2553 ที่ยังมีพนักงานเจ็บป่วยอีกจำนวน 2 ราย รายแรกต้องเข้ารับการรักษาเนื่องจากอาการปวดกล้ามเนื้อเรื้อรังที่แขนและไหล่จากการที่ต้องยกแขนสูงในท่าที่เบี่ยงเบนไปจากธรรมชาติซ้ำๆ ขณะทำงานเชื่อม และอีกรายต้องเข้ารับการผ่าตัดรักษาอาการปลอกหุ้มเอ็นที่ฝ่ามือและนิ้วมืออักเสบเนื่องจากต้องงอหรือบิดข้อมือด้วยท่าที่เบี่ยงเบนไปจากธรรมชาติซ้ำๆ ขณะที่ทำงานเชื่อมเช่นกัน แสดงให้เห็นแนวโน้มของปัญหาว่าน่าจะเกิดจากความบกพร่องของเครื่องมือ คือ หัวเชื่อมที่ใช้ในการทำงานที่มีอยู่เดิม จึงเห็นควรออกแบบหัวเชื่อมใหม่ให้เหมาะกับผู้ปฏิบัติงานเพื่อนำมาทดลองแก้ไขปัญหาความเมื่อยล้ากล้ามเนื้อไหล่จากการทำงาน

กรอบแนวคิดและทฤษฎี

Niebel, B.W. และ Frievalds, A. 2004 ระบุท่าทางที่ทำให้เกิดความเมื่อยล้าของกล้ามเนื้อ คือ ท่าทางที่เบี่ยงเบนไปจากธรรมชาติ เช่น การห่อหรือการเบนของไหล่ การหุบหรือกางของไหล่ การหงายหรือคว่ำของมือ การบิดข้อมือ เป็นต้น

Parker, K.G. และ Imbus, H.R.1992. ระบุท่าทางที่ทำให้เกิดความเมื่อยล้าน้อยที่สุด คือ ศอกเมื่ออยู่ในตำแหน่ง 90- 110 องศา, ข้อมือเมื่ออยู่ในตำแหน่ง 0 องศา และนิ้วมือเมื่ออยู่ในท่ากำมือหลวมให้ปลายหัวแม่มือชนกับปลายนิ้วอื่นๆ

V. Florimond, Eng. 2010 กล่าวว่าค่า RMS เป็นเหมือนดัชนีวัดความล้าเมื่อมีการเคลื่อนไหว ขณะที่กล้ามเนื้อเกิดความเมื่อยล้า เส้นใยกล้ามเนื้อจะต้องมีการปรับตัวเพื่อสร้างแรงให้เท่าเดิมกับที่เคยสร้างได้ ซึ่งเป็นเหตุให้ EMG amplitude (RMS) เพิ่มขึ้นด้วย ซึ่ง RMS จะวัดได้ด้วยเครื่องวัด EMG

Canadian Centre for Occupational Health and Safety, 2005 กล่าวถึงหลักการออกแบบเครื่องมือว่าเครื่องมือควรมีด้ามจับเป็นรูปทรงกระบอก มีเส้นผ่าศูนย์กลางระหว่าง 3.00- 4.50 ซม. และความยาวด้ามจับระหว่าง 11.50-12.00 ซม.

Nag และคณะ, 1988 แนะนำว่าเส้นเส้นผ่าศูนย์กลางของด้ามจับไม่ควรเกินเส้นผ่าศูนย์กลางภายในขณะกำมือ โดยออกแบบให้ครอบคลุมประชากรโดยส่วนใหญ่ (โดยใช้ค่าเปอร์เซนไทล์ที่ 5 ของเส้นผ่าศูนย์กลางภายในขณะกำมือ)

K.N. Dewangan และคณะ, 2008 ได้แนะนำให้ใช้ค่าเปอร์เซนไทล์ที่ 95 ของความกว้างของมือในการออกแบบความยาวด้ามจับ และให้มีช่องว่างที่ปลายด้ามทั้งสองข้างอีกข้างละ 0.50 ซม.

Waldermar Karwowski, 2005 กล่าวว่าคณะกรรมการมาตรฐานยุโรป prEN 1005-3 แนะนำว่าด้ามจับควรทำมุมกับแนวราบในขณะถือจับ 70 องศาในทิศทางตามเข็มนาฬิกา

กรอบแนวคิด

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ ดังนี้

1. เพื่อออกแบบหัวเชื่อมใหม่ตามหลักการยศาสตร์เพื่อลดความเมื่อยล้าของกล้ามเนื้อไหล่
2. เพื่อเปรียบเทียบผลการตรวจวัดการเกิดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อไหล่จากท่าทางการเชื่อมท่อทองแดงโดยใช้หัวเชื่อมใหม่กับหัวเชื่อมเดิม
3. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของเครื่องมือที่ออกแบบใหม่

สมมุติฐานในการวิจัย มีดังนี้

1. การเกิดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อไหล่ (Deltoid) จากท่าทางการเชื่อมท่อทองแดงด้วยหัวเชื่อมใหม่มีค่าต่ำกว่าหัวเชื่อมเดิม

2. ระยะเวลาที่ใช้ในการเชื่อมท่อทองแดงต่อชิ้นด้วยหัวเชื่อมใหม่น้อยกว่าด้วยหัวเชื่อมเดิม

วิธีดำเนินการวิจัย

1. สำรวจสภาพปัญหาอันตรายหรือเจ็บป่วยเนื่องจากท่าทางการทำงานเชื่อมท่อทองแดงของพนักงานที่บริษัทผลิตเครื่องปรับอากาศ จากสถิติการเจ็บป่วยที่ห้องพยาบาลและข้อมูลการรักษาพยาบาล

2. เขียนโครงการวิจัยเสนอต่อคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ เพื่อพิจารณารับรองโครงการ (โครงการนี้ได้รับเอกสารรับรองโครงการวิจัยเลขที่ MUPH 2011-224)

3. แจ้งวัตถุประสงค์และวิธีการดำเนินการให้กับกลุ่มตัวอย่างทราบ และให้กลุ่มตัวอย่างที่เข้าร่วมรับการวิจัยพิจารณาลงนามในหนังสือยินยอมตนให้ทำการวิจัย

4. สัมภาษณ์กลุ่มตัวอย่างทีละคนด้วย “แบบสัมภาษณ์สถานการณ์ความเมื่อยล้ากล้ามเนื้อของประชากร” โดยผู้สัมภาษณ์เพียงคนเดียวและสัมภาษณ์ก่อนที่พนักงานจะทำการเชื่อม ซึ่งในเบื้องต้นผู้ถูกสัมภาษณ์จะถูกอธิบายเกี่ยวกับแบบสัมภาษณ์เพื่อให้เกิดความเข้าใจอย่างถ่องแท้ ชัดเจน เพื่อป้องกันความผิดพลาดจากการเก็บข้อมูล

5. เลือกกลุ่มตัวอย่างที่มีคุณสมบัติตรงตามเกณฑ์ที่ระบุไว้ในกรอบแนวคิดและทฤษฎี ซึ่งต้องยินดีและสมัครใจเข้าร่วมโครงการวิจัยนี้ หากคุณสมบัติไม่เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดข้างต้น จะไม่นำมารวมในการวิจัยในครั้งนี้

6. วัดสัดส่วนร่างกาย ของกลุ่มตัวอย่าง โดยประยุกต์วิธีการวัดสัดส่วนร่างกายตามมาตรฐานเลขที่ มอก. 2521 เล่ม 1- 2553 ซึ่งกำหนดขึ้นโดยรับ ISO 7250-1: 2008 Basic human body measurements for technological design- Part 1: Body measurement definitions and landmarks มาใช้ และบันทึกข้อมูลสัดส่วนร่างกายลงใน “ตารางที่ 1 ข้อมูลสัดส่วนร่างกายของพนักงานเชื่อมท่อทองแดง”

7. นำข้อมูลสัดส่วนร่างกายไปคำนวณค่าเปอร์เซนไทล์ที่ 5 และ 95 แล้วนำไปออกแบบหัวเชื่อมเพื่อให้ลดระดับไหล่, ลดมุมระหว่างแขนที่จับหัวเชื่อมกับลำตัวและลดมุมการบิดข้อมือระหว่างที่ทำการเชื่อมท่อทองแดง

8. วัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อของกลุ่มตัวอย่างทีละคนด้วยเครื่องวัด Electromyograph Series MP36 กับ BP EL503 disposable electrodes พร้อมกับบันทึกเวลาเพื่อประเมินเวลาที่ใช้ในการเชื่อมชิ้นงานต่อชิ้น โดย

1) ทำความเข้าใจกับกลุ่มตัวอย่างที่จะทำการวัดให้ทราบเกณฑ์และวิธีปฏิบัติตนขณะถูกติดตั้งอุปกรณ์วัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ

2) ให้ผู้เข้าร่วมทดลองซึ่งเป็นกลุ่มตัวอย่างสวมรองเท้ายางกันไฟฟ้าสถิตย์

3) ใช้สำลีชุบน้ำเกลือเช็ดผิวตรงบริเวณกล้ามเนื้อไหล่ที่จะติด electrode โดยเลือกข้างที่ถนัด

4) ใช้สำลีชุบแอลกอฮอล์เช็ดทำความสะอาดและขัดผิวหนังที่ตายแล้วออก

5) โกนขนที่มีมากเกินไปออก ถ้าผิวหนังแห้งให้ใช้เจลสำหรับ electrode ทาที่ผิวหนัง ถ้ามีเหงื่อให้ฉีดสเปรย์ลดการขับเหงื่อที่ผิวหนังหลังจากที่เช็ดทำความสะอาดด้วยแอลกอฮอล์

6) วาง Surface electrode บนผิวหนัง เหนือกล้ามเนื้อส่วนที่ใหญ่ที่สุดหรือจุดกึ่งกลางของกล้ามเนื้อ Deltoid muscle ตามแนวของเส้นใยกล้ามเนื้อจำนวน 3 จุดใน 1 มัด คือ จุดที่ 1 เป็นขั้วบวก จุดที่ 2 เป็นขั้วลบ และจุดที่ 3 เป็นกราวด์โดยต้องระวังอย่าให้มือสัมผัสกับแผ่นโลหะที่ Electrode แต่ละชิ้น และระวังอย่าให้เกิดโพรงอากาศ

7) ใช้เทปติดบริเวณแผ่นกลมๆ รอบ electrodes เพื่อหลีกเลี่ยงการเคลื่อนไหวของ electrodes และไม่ให้เกิดความตึงที่สายลวด และต้องระวังไม่ให้เทปสัมผัสกับส่วนที่เป็นโลหะของ electrodes

8) ติดตั้งกล้องบันทึกภาพท่าทางการทำงานและเวลาที่ใช้ในขณะที่ทำการเชื่อมท่อทองแดงของกลุ่มตัวอย่างแต่ละคนด้วยหัวเชื่อมเดิม

9) ตรวจวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อด้วยเครื่องวัด EMG ที่กล้ามเนื้อไหล่ของกลุ่มตัวอย่างแต่ละคนขณะที่เชื่อมท่อทองแดงด้วยหัวเชื่อมเดิมประมาณ 20 นาที โดยจะมีการบันทึกอุณหภูมิในบรรยากาศการเชื่อมไปด้วย

10) ทำตามขั้นตอนที่ 1) ถึง 9) กับพนักงานตัวอย่างคนอื่นๆ จนครบ

9. นำหัวเชื่อมใหม่มาให้พนักงานกลุ่มตัวอย่างฝึกใช้เพื่อสร้างความคุ้นเคยกับหัวเชื่อมใหม่ก่อนการทดสอบ โดยใช้เวลาในการฝึกใช้หัวเชื่อมใหม่เท่ากับเวลาที่ใช้ในการฝึกใช้หัวเชื่อมเดิม

10. วัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อของกลุ่มตัวอย่างทีละคน (กลุ่มเดิมกับที่เชื่อมในขั้นตอนที่ 8) พร้อมกับบันทึกภาพและเวลาที่ใช้ในการเชื่อมชิ้นงานต่อชิ้นด้วยหัวเชื่อมใหม่ โดยดำเนินการตามขั้นตอนที่ 8 แต่ใช้หัวเชื่อมใหม่แทน

11. นำภาพจากการบันทึกในขั้นตอนที่ 8 กับขั้นตอนที่ 10 มาสังเกตและบันทึกเวลาที่ใช้ในการเชื่อมท่อทองแดงต่อชิ้น

12. นำข้อมูลจากขั้นตอนที่ 10 และขั้นตอนที่11 มาวิเคราะห์ผลทางสถิติและบันทึกผลลงใน “ตารางที่ 2 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของ RMS EMG จากการเชื่อมด้วยหัวเชื่อมเดิมกับหัวเชื่อมใหม่” และ “ตารางที่ 3 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของระยะเวลาที่ใช้ในการเชื่อมท่อทองแดงต่อชิ้นด้วยหัวเชื่อมเดิมกับหัวเชื่อมใหม่”

สรุปผลการวิจัย

ตารางที่ 1 ข้อมูลสัดส่วนร่างกายของพนักงานเชื่อมท่อทองแดง (ซม.)

Anthropometry	**Mean**	**SD**	**Min**	**Max**	**Percentile 5th**	**Percentile 95th**
ความสูงศอก (EH)	97.44	4.25	87.00	102.00	**87.00**	102.00
ความกว้างของมือ (HB)	9.17	0.61	8.00	10.00	8.00	**10.00**
เส้นผ่าศูนย์กลางภายในขณะกำมือ (GD)	4.47	0.35	3.80	5.00	**3.80**	5.00

(Age 21-42 years old, n=9)

นำข้อมูลสัดส่วนร่างกายของพนักงานเชื่อมท่อทองแดงมาออกแบบหัวเชื่อมดังนี้

การออกแบบด้ามหัวเชื่อม

1. ความยาวด้ามเชื่อม (HL) = Percentile 95th of HB + ช่องว่างที่ด้ามจับด้านละ 0.50 ซม. + Stopper ที่ด้ามจับด้านละ 0.50 ซม. = 10.00 + (0.50+0.50) + (0.50+0.50) = 12.00 ซม.

2. เส้นผ่าศูนย์กลางด้ามเชื่อม (HD)ต้องน้อยกว่า Percentile 5th ของ GD

ณ ที่นี้ Percentile 5th ของ GD = 3.80 ซม.

จึงแนะนำเส้นผ่าศูนย์กลางด้ามเชื่อม = 3.00 ซม.

เพื่อให้เกิดการจับยึดที่ดีและมั่นคง การออกแบบจึงให้มีปลอกด้ามจับเป็นยาง

เนื่องจากเส้นผ่าศูนย์กลางด้ามเชื่อม เดิมมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง = 1.90 ซม.

ดังนั้น จึงออกแบบปลอกด้ามจับยางหนา = (3.00- 1.90)/ 2 = 0.55 ซม.

การออกแบบปลายหัวเชื่อม โดยหาระยะระหว่างจุดกึ่งกลางด้ามจับถึงปลายทางออกของเปลวไฟหัวเชื่อม

ภาพประกอบ 1 การออกแบบปลายหัวเชื่อม

<u>จากภาพประกอบ 1</u>

A คือ มุมเอียงขณะกำถือจับด้ามจับ (ทำมุม 70° กับแนวระนาบ)

B คือ ระยะในแนวตั้งระหว่างปลายหัวเชื่อมกับจุดเชื่อม = 5 ซม.

C คือ ความสูงของชิ้นงาน (Copper capillary tube) = 10 ซม.

D คือ ความสูงของ Jig = 5 ซม.

E คือ ระยะในแนวตั้งระหว่างผิวโต๊ะเชื่อมกับจุดกึ่งกลางฝ่ามือ = 5 ซม.

F คือ ระยะในแนวตั้งระหว่างความสูงศอกกับจุดเชื่อม = (B+C+D) – E = (5+10+5) -5 = 15 ซม.

G คือ ระยะในแนวนอนระหว่างจุดกึ่งกลางฝ่ามือกับจุดเชื่อม = 20 ซม.

ดังนั้น คำนวณระยะระหว่างจุดกึ่งกลางฝ่ามือถึงปลายหัวเชื่อมด้วยหลักตรีโกณมิติ ดังนี้

แทนค่าในสูตรได้

$$Z^2 = G^2 + F^2$$

$$Z^2 = (20)^2 + (15)^2$$

$$Z = 25 \text{ ซม.}$$

ภาพประกอบ 2 แสดงข้อมูลในการหาระยะระหว่างจุดกึ่งกลางฝ่ามือถึงปลายหัวเชื่อม (Z)

เมื่อทราบค่า Z แล้วให้ดัดโค้งปลายหัวเชื่อม โดยให้ระยะระหว่างจุดกึ่งกลางฝ่ามือถึงปลายหัวเชื่อมเท่ากับ 25 ซม. ดูภาพเปรียบเทียบหัวเชื่อมเดิมกับหัวเชื่อมใหม่ตามภาพประกอบ 3

ภาพประกอบ 3 เปรียบเทียบหัวเชื่อมเดิมกับหัวเชื่อมที่ออกแบบใหม่

<u>สรุปผลจากการออกแบบ</u> ด้ามจับหัวเชื่อมใหม่มีความยาว 12ซม. มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของด้ามจับ 3 ซม. (รวมความหนาของปลอกด้ามจับที่ทำจากยาง) และมีระยะระหว่างจุดกึ่งกลางฝ่ามือถึงปลายหัวเชื่อม 25 ซม. ลักษณะหัวเชื่อมเป็นรูปโค้ง (บังคับไม่ให้ผู้ใช้งานแสดงท่าทางยกแขนและไหล่สูงเพื่อให้เปลวไฟเชื่อมตรงเข้าหาจุดเชื่อม และไม่ให้งอไหล่ไปข้างหน้าเกิน 45 องศาหรือให้ไหล่อยู่ในท่าทางที่เป็นธรรมชาติ)

ผลการวิเคราะห์ทางสถิติเปรียบเทียบการเกิดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อขณะที่ทำการเชื่อมด้วยหัวเชื่อมเดิมกับหัวเชื่อมใหม่แสดงดังตารางที่ 2 และผลการวิเคราะห์ทางสถิติเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของระยะเวลาที่ใช้ในการเชื่อมท่อทองแดงต่อชิ้นด้วยหัวเชื่อมเดิมกับหัวเชื่อมใหม่แสดงดังตารางที่ 2 และตารางที่ 3 ดังนี้

ตารางที่ 2 ผลการเปรียบเทียบการเกิดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อจากค่าเฉลี่ยของ RMS EMG จากการเชื่อมด้วยหัวเชื่อมเดิมกับหัวเชื่อมใหม่

Muscle	Torch type	Mean	SD	t	df	*P*
Deltoid	Existing torch	52.37	18.59	5.19	35	<0.001
	New torch	41.01	10.53			

Paired- samples t test application, n= 36

<u>สรุป</u> ค่าเฉลี่ยของ RMS EMG จากการทำงานของกล้ามเนื้อ Deltoid ขณะที่กลุ่มตัวอย่างเชื่อมด้วยหัวเชื่อมใหม่มีค่าน้อยกว่าขณะที่เชื่อมด้วยหัวเชื่อมเดิมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ช่วงความเชื่อมั่น 95% ($P < 0.05$)

ตารางที่ 3 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระยะเวลาที่ใช้ในการเชื่อมท่อทองแดงต่อชิ้นด้วยหัวเชื่อมเดิมกับหัวเชื่อมใหม่

Torch type	Mean	SD	t	df	*P*
Existing torch	64.36	11.77	5.64	35	<0.001
New torch	55.64	9.80			

Paired- samples t test application, n= 36

<u>สรุป</u> ค่าเฉลี่ยของระยะเวลาที่ใช้ในการเชื่อมท่อทองแดงต่อชิ้นด้วยหัวเชื่อมใหม่มีค่าน้อยกว่าขณะที่เชื่อมด้วยหัวเชื่อมเดิมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ช่วงความเชื่อมั่น 95% ($P< 0.05$)

อภิปรายผล

1. ผลการศึกษาการเกิดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อนี้มีความสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Parker K.G and Imbus H.R.,1992 ซึ่งรายงานว่าท่าทางการเคลื่อนไหวของไหล่ด้วยมุมที่มากกว่า 45 องศาจะก่อให้เกิดความเมื่อยล้ามากกว่าท่าทางการเคลื่อนไหวของไหล่ด้วยมุม 0- 45 องศา ซึ่งหมายถึงว่าค่าคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อขณะที่อยู่ในท่าทางการเคลื่อนไหวของไหล่ด้วยมุมที่มากกว่า 45 องศามีค่ามากกว่าขณะที่อยู่ในท่าทางการเคลื่อนไหวของไหล่ด้วยมุม 0- 45 องศา

2. ผลการศึกษาการเกิดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อนี้มีความสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Rebecca L. Brookham และคณะ, 2009 ซึ่งรายงานว่า ท่าทางการงอไหล่ด้วยมุมที่มากขึ้นจะยิ่งก่อให้เกิดค่าคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ Deltoid มากขึ้น

3. ผลจากการศึกษาประสิทธิภาพของหัวเชื่อมใหม่ที่ออกแบบตามหลักการยศาสตร์ในการศึกษานี้สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Bheem P. Kattel et al.,1996 ซึ่งรายงานว่าเมื่อมุมของไหล่ ศอกและข้อมืออยู่ในท่าทางที่เป็นธรรมชาติจะทำให้การจับยึดเครื่องมือได้มั่นคงแข็งแรงสูงสุดซึ่งสามารถลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคกล้ามเนื้อและกระดูกและช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตด้วย

ข้อเสนอแนะ

จากผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่า หัวเชื่อมใหม่สามารถลดความเมื่อยล้าของกล้ามเนื้อไหล่และสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานได้ จึงควรออกแบบหัวเชื่อมตามหลักการยศาสตร์ กำหนดวิธีการปฏิบัติงานและสอนผู้ใช้งานหัวเชื่อมให้เข้าใจเพื่อลดปัญหาด้านอาชีวอนามัยและเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิต แต่ถึงแม้ว่าหัวเชื่อมที่ออกแบบครั้งนี้จะช่วยลดความเมื่อยล้าของกล้ามเนื้อไหล่ได้ จากการสังเกตท่าทางการเชื่อมยังพบว่ามี

กล้ามเนื้อส่วนอื่นๆ ถูกใช้งานและมีโอกาสที่จะเกิดความเมื่อยล้าและควรได้รับการพิจารณาเพื่อนำไปออกแบบเครื่องมือเพื่อลดความเมื่อยล้าโดยให้กล้ามเนื้อนั้นทำงานด้วยท่าทางที่เป็นธรรมชาติมากที่สุด

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ประจำภาควิชาอาชีวอนามัยและความปลอดภัย คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดลทุกท่าน โดยเฉพาะรองศาสตราจารย์วิชัย พฤกษ์ธาราธิกูล ที่ได้เสียสละเวลาเอาใจใส่ติดตามและแนะแนวทางจนการศึกษาในครั้งนี้สำเร็จได้ด้วยดี ขอบพระคุณบิดา มารดาที่เป็นผู้ให้กำลังใจ และขอบคุณทีมงานโรงงานผลิตเครื่องปรับอากาศที่สมัครใจให้ความร่วมมือในการศึกษาครั้งนี้

รายการอ้างอิง

กระทรวงอุตสาหกรรม. 2554. **“การวัดสัดส่วนร่างกายพื้นฐานสำหรับการออกแบบเชิงเทคโนโลยี เล่ม 1 : บทนิยามและตำแหน่งการวัดสัดส่วนร่างกาย.”** ราชกิจจานุเบกษา เล่ม 128 ตอนพิเศษ 5 สืบค้นเมื่อวันที่ 16 กันยายน 2555, จาก http://siweb.dss.go.th/standard/rachakitja/show_kitja.asp?Article_ID=2427

สำนักงานประกันสังคม กระทรวงแรงงาน. 2548. **“สถิติงานประกันสังคม 2547”** ฝ่ายสถิติและรายงาน กองวิจัยและพัฒนา สำนักงานประกันสังคม กระทรวงแรงงาน.

สำนักงานประกันสังคม กระทรวงแรงงาน. 2549. **“สถิติงานประกันสังคม 2548”** ฝ่ายสถิติและรายงาน กองวิจัยและพัฒนา สำนักงานประกันสังคม กระทรวงแรงงาน.

สำนักงานประกันสังคม กระทรวงแรงงาน. 2550. **“สถิติงานประกันสังคม 2549”** ฝ่ายสถิติและรายงาน กองวิจัยและพัฒนา สำนักงานประกันสังคม กระทรวงแรงงาน.

สำนักงานประกันสังคม กระทรวงแรงงาน. 2551. **“สถิติงานประกันสังคม 2550”** ฝ่ายสถิติและรายงาน กองวิจัยและพัฒนา สำนักงานประกันสังคม กระทรวงแรงงาน.

สำนักงานประกันสังคม กระทรวงแรงงาน. 2552. **“สถิติงานประกันสังคม 2551”** ฝ่ายสถิติและรายงาน กองวิจัยและพัฒนา สำนักงานประกันสังคม กระทรวงแรงงาน.

สำนักงานประกันสังคม กระทรวงแรงงาน. 2553. **“สถิติงานประกันสังคม 2552”** ฝ่ายสถิติและรายงาน กองวิจัยและพัฒนา สำนักงานประกันสังคม กระทรวงแรงงาน.

Canadian Centre for Occupational Health and Safety. 2005. **Hand Tool Ergonomics - Tool Design**. Retrieved February 17, 2012, from http://www.ccohs.ca/oshanswers/ergonomics/handtools/tooldesign.html

Dewangan, K.N., et al. 2008. **“Anthropometric data of female farm workers from north eastern India and design of hand tools of the hilly region.”** International Journal of Industrial Ergonomics, 38 (1), 90-100.

Nag, et al. 1988. “Ergonomics in sickle operation.” **Applied Ergonomics**, 19 (3), 233-239.

Niebel, B.W. and Frievalds, A. 2004. **Methods standards and work design.** Pensilvenia: McGraw-Hill.

Parker, K.G. and Imbus, H.R. 1992. **Cumulative trauma disorders**. Florida: Lewis Publishers.

Florimond, V. Eng. 2010. **Basics of SURFACE ELECTROMYOGRAPHY Applied to Physical Rehabilitation and Biomechanis**. Montreal: Thought Technology Ltd.

Waldermar Karwowski. 2005. **Handbook of Standards and Guidelines in Ergonomics and Human Factors.** New Jersey**:** Lawrence Eribaum Associates, Inc., Publisher.

การใช้ไคโตซานจากเชื้อรา *Mucor rouxii* เพื่อยับยั้งเชื้อรา *Aspergillus sp.*

USING OF CHITOSAN FROM *MUCOR ROUXII* FOR INHIBITION OF FUNGI *ASPERGILLUS* SP.

น้ำค้าง สวัสดิ์ประดิษฐ์

นักศึกษาปริญญาโท คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่

E - mail : nu_sawatpradit@hotmail.com

กัลทิมา พิชัย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่

E - mail : kaltimap@hotmail.com

บทคัดย่อ

การเพาะเลี้ยง *Mucor rouxii* ATCC 24905 ในอาหารเหลว BG medium สูตรดัดแปลงที่ใช้แป้งข้าวจ้าวเป็นแหล่งคาร์บอน และอาหาร Potato dextrose agar (PDB) บนเครื่องเขย่า ที่ความเร็ว 200 รอบต่อนาที พบว่าอาหาร BG ที่เติมแป้งข้าวจ้าว 2 เปอร์เซ็นต์ ให้ปริมาณชีวมวลสูงที่สุด ในวันที่ 3 คือ 1000 มิลลิกรัมต่อลิตรและน้ำหนักเซลล์แห้ง 9.4 กรัมต่อลิตร อาหาร PDB ให้ปริมาณชีวมวลสูงที่สุด ในวันที่ 4 คือ 970 มิลลิกรัมต่อลิตรและน้ำหนักเซลล์แห้ง 8.37 กรัมต่อลิตร เมื่อนำชีวมวลไปสกัดพบว่าไคโตซานที่ได้จาก *M. rouxii* ATCC 24905 ที่เพาะเลี้ยงในอาหาร BG ที่เติมแป้งข้าวจ้าวจะมีปริมาณไคโตซานสูงกว่าการเพาะเลี้ยงจากอาหาร PDB ทำการสกัดโปรตีนด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 1N อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เป็นเวลา 15 นาที และสกัดไคโตซานด้วย กรดอะซิติความเข้มข้น 1 N อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 ชั่วโมง เชื้อรา *Mucor rouxii* ATCC 24905 มีปริมาณไคโตซาน คือ 59.2 มิลลิกรัมไคโตซานต่อกรัมของน้ำหนักเซลล์แห้ง นำไคโตซานที่ได้ไปทดสอบการยับยั้งเชื้อรา *A. fumigates*, *A. niger* และ *A. oryzae* ซึ่งเป็นเชื้อราก่อโรคในลำไย พบว่า ไคโตซานที่ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ มีเปอร์เซ็นต์การยับยั้งเชื้อรา *A. fumigates*, *A. niger* และ *A. oryzae* ได้ 78.09, 67.42 และ 81.15 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ

คำสำคัญ : ไคโตซาน, เชื้อรา, ชีวมวล

ABSTRACT

Mucor rouxii ATCC 24905 was cultivated in liquid modified BG medium with the cabon sources of rice starch and PDB medium on shaking at 200 rpm. The highest production of biomass was obtained from the liquid BG-medium with 2% rice starch with the yield of 1,000 mg/l and 9.4 g/l of dry cell weight when harvested at day 3, while PDB medium gave high production of biomass with the yield of 970 mg/l and 8.37 g/l

of dry cell weight when harvested at day 4. The extract from *Mucor rouxii* ATCC 24905 cultured in BG medium with 2% rice starch degree of the chitosan of the fungi harvest was higher than those PDB medium. The extracted by 1N NaOH at 121°C Pressure 15 lbf/sq in long 15 minutes followed with 1 N acetic acid at 60°C reflux for 8 hours. The highest level of chitosan production was 59.2 mg chitosan/g dry cell weight. The chitosan was tested on inhibition of pathogenic fungi in longan. Inhibtion percentage chitosan at concentrations of 2 percent (w/v) on fungi *A. fumigatus*, *A. niger* and *A. oryzae* were 78.09, 67.42 and 81.15 percent respectively.

KEYWORDS : Chitosan, Fungi, Biomass

1. บทนำ

ลำไยเป็นไม้ผลเศรษฐกิจที่มีความสำคัญของภาคเหนือ ซึ่งทำรายได้ให้แก่เกษตรกรทางภาคเหนือมาก พันธุ์ลำไยที่นิยมปลูกกันมากที่สุด คือ ลำไยพันธุ์ดอ (มิตรชัย ทาบุดดา, 2546) ซึ่งเป็นพันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูง ลำไยเป็นผลไม้ที่ประสบปัญหาโรคที่เกิดจากเชื้อรา ทำให้ลำไยไม่สามารถเก็บรักษาไว้ได้นาน จึงส่งผลกระทบต่อคุณภาพการผลิตและการส่งออกยังต่างประเทศ (ธิดา ไชยวังศรี, 2535) ที่ต้องใช้เวลานานในการขนส่ง การจัดการหลังการเก็บเกี่ยวที่ไม่ถูกวิธีจะทำให้เกิดรอยแผลเปิดโอกาสให้เชื้อราทำลายได้ง่าย วิธีที่นิยมปฏิบัติในการถนอมลำไยในปัจจุบันคือการรมด้วยก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (sulfur dioxide; SO_2) ซึ่งมีคุณสมบัติในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา ช่วยกำจัดแมลง และมีคุณสมบัติในการฟอกสี นอกจากนี้ยังช่วยยืดอายุระหว่างการขนส่งและการจำหน่ายให้ยาวนานขึ้น แต่ปัญหาของการใช้ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์คือผลกระทบต่อผู้ที่สูดดม เป็นอันตรายต่อระบบทางเดินหายใจ รวมทั้งมีผลกระทบต่อสภาพแวดล้อม

ไคโตซาน (chitosan) ซึ่งเป็นอนุพันธ์ของไคตินที่เกิดจากการแยกหมู่อะซิติลออกจากไคตินธรรมชาติของเปลือกสัตว์พวกคริสเตเชียน ไคโตซานเป็นสารที่มีโครงสร้างที่มี pH น้อยกว่า 5.5 ทั้งยังสามารถควบคุมการผ่านเข้า - ออกของออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ จึงมีผลต่อกระบวนการเมทาบอลิซึมของผลไม้ ไคโตซานเป็นสารกันเชื้อราได้ โดยไคโตซานที่ผลิตเพื่อการค้าผลิตจากไคตินที่ได้จากเปลือกกุ้งและปูด้วยวิธีทางเคมี สำหรับไคโตซานที่เกิดจากวัตถุดิบเหล่านี้อาจมีปัญหาในการปนเปื้อนของโปรตีน ผลที่สกัดได้ต่ำหรือลักษณะทางกายภาพและเคมีของไคโตซานอาจไม่สม่ำเสมอ ทำให้ปริมาณและผลผลิตของไคโตซานไม่แน่นอน ดังนั้นจึงมีการผลิตไคโตซานจากแหล่งผลิตอื่นซึ่งสามารถควบคุมการผลิตได้ง่าย และคุณภาพของไคโตซานที่ได้มีความสม่ำเสมอ ซึ่งพบในผนังเซลล์จุลินทรีย์บางกลุ่ม เช่น ยีสต์ มีการสะสมไคตินและไคโตซานค่อนข้างสูง ดังนั้นจุลินทรีย์ดังกล่าวจึงเป็นแหล่งผลิตไคโตซานได้อย่างดี (วรพจน์ สุนทรสุข, 2549) จากการศึกษาส่วนประกอบของผนังเซลล์ของ *M. rouxii* พบว่ามีไคโตซาน 33 เปอร์เซ็นต์ ไคโตซานที่สกัดได้จาก *M. rouxii* มีน้ำหนักโมเลกุลอยู่ระหว่าง 2×10^5 - 1.4×10^6 ดาลตัน มีค่า degree of deacetylation สูงกว่าไคโตซานที่ผลิตด้วยวิธีทางเคมี (นวลพรรณ ณ ระนอง และคณะ, 2541)

ดังนั้นงานวิจัยครั้งนี้จึงทำการศึกษาการใช้ไคโตซานจากเชื้อรา *M. rouxii* เพื่อยับยั้งเชื้อราก่อโรคในลำไย ซึ่งอาจเป็นแนวทางในการพัฒนาสารเคลือบผิวลำไยต่อไป

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาสภาวะที่เหมาะสมต่อการผลิตไคโตซานจากเชื้อรา *M. rouxii*
2. เพื่อศึกษาผลของไคโตซานที่ความเข้มข้นต่างๆต่อการยับยั้งเชื้อราก่อโรคในลำไย
3. เพื่อพัฒนาการผลิตไคโตซานจากเชื้อรา *M. rouxii* ที่เซลล์ความหนาแน่นสูง

3. ขอบเขตของการวิจัย

1. จุลินทรีย์ที่ใช้ในการผลิตไคโตซาน คือ *M. rouxii* ATCC 24905 โดยได้รับความอนุเคราะห์จากสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย
2. ศึกษาผลของความเข้มข้นของไคโตซานในระดับห้องปฏิบัติการ

4. วิธีการดำเนินวิจัย

4.1 เชื้อจุลินทรีย์

จุลินทรีย์ที่ใช้คือ *Mucor rouxii* ATCC 24905 ซึ่งเป็นสายพันธุ์ที่ใช้ในการผลิตไคโตซาน

4.2 การเตรียมกล้าสปอร์เชื้อราเพื่อนำไปใช้ในการทดลอง

เขี่ยเส้นใยรา อายุ 7 วัน ลงในอาหาร PDB ปริมาตร 50 มิลลิลิตร ในฟลาสก์ขนาด 250 มิลลิลิตร บ่มที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 7 วัน เพื่อให้เชื้อสร้างสปอร์ เติมน้ำกลั่นที่ผสม Tween 80 (0.05%) ที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว 50 มิลลิลิตรต่อฟลาสก์ กรองสารละลายสปอร์ผ่านสำลีเพื่อแยกเส้นใยของราออก ตรวจนับจำนวนสปอร์โดยใช้ฮีมาไซโตมิเตอร์ ปรับความเข้มข้นสปอร์อยู่ระหว่าง 1-3 x 10^7 สปอร์ต่อมิลลิลิตร

4.3 ศึกษาสูตรอาหารและระยะเวลาที่เหมาะสมในการผลิตไคโตซาน

เตรียมอาหาร BG medium สูตรดัดแปลงจาก นวลพรรณ ณ ระนอง และคณะ (2541) เติมแป้งข้าวจ้าว 2 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 50 มิลลิลิตร ลงฟลาสก์ขนาด 250 มิลลิลิตร และ เตรียมอาหาร (PDB) ปริมาตร 50 มิลลิลิตร ลงฟลาสก์ขนาด 250 มิลลิลิตรนำอาหารทั้งสองชนิดไปนึ่งฆ่าเชื้อที่ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที กล้าสปอร์เชื้อราที่เตรียมไว้ลงไปในฟลาสก์ 2 มิลลิลิตร บ่มที่อุณหภูมิห้อง สภาวะเขย่าที่ความเร็วรอบ 200 รอบต่อนาที เป็นเวลา 5 วัน ทำการเก็บเกี่ยวเซลล์ เพื่อหาน้ำหนักแห้งและสกัดหาปริมาณไคโตซาน ศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมต่อการเก็บเกี่ยวเซลล์เพื่อผลิตไคโตซาน โดยทำการเก็บตัวอย่างทุกวันเพื่อวิเคราะห์หา ค่าพีเอช น้ำตาลรีดิวซ์ น้ำหนักเซลล์แห้ง และปริมาณไคโตซาน

4.4 การวิเคราะห์สภาวะที่เหมาะสมของสารละลายไคโตซาน

พีเอช วัดค่าโดยเครื่อง pH - meter

น้ำตาลรีดิวซ์ โดยเครื่อง Brix refractometer

น้ำหนักเซลล์แห้ง นำตัวอย่างที่เก็บมากรองเอาเซลล์ออกด้วยกระดาษกรอง น้ำใสที่ได้เก็บไว้วิเคราะห์หาน้ำตาลรีดิวซ์ ล้างเซลล์ด้วยน้ำกลั่น 2 ครั้ง นำไปอบที่ 85 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เพื่อหาน้ำหนักเซลล์แห้ง

การสกัดโปรตีนจากเส้นใยรา แยกผนังเซลล์เชื้อราให้บริสุทธิ์ นำเซลล์แช่แข็งเชื้อรามาทำการนึ่งฆ่าเชื้อกับ 1 N NaoH ที่ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เป็นเวลา 15 นาที น้ำหนักเปียกต่อ NaOH มีอัตราส่วน 1 : 20 ทำการกรองด้วยกระดาษกรอง Whatman no. 40 และล้างด้วยน้ำกลั่น

การสกัดไคโตซาน นำผนังเซลล์ที่ได้ไปสกัดไคโตซานโดยใช้ กรดอะซิติก 1N ที่ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 100 มิลลิลิตร ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 ชั่วโมง ทิ้งไว้อุณหภูมิห้อง 48 ชั่วโมง ปั่นแยกด้วยเครื่อง centrifuge ที่ 8,000 รอบต่อนาที 30 นาที ล้างตะกอนไคโตซาน ด้วยน้ำกลั่น 2 ครั้ง นำไคโตซานไปทำแห้งด้วยวิธี Lyophilization

4.5 การทดสอบประสิทธิภาพของไคโตซานในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา

ทดสอบประสิทธิภาพการยับยั้งโดยวิธี dual culture plate ใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ PDA ที่มีความเข้มข้นของไคโตซานจากเชื้อรา *M.rouxii* ที่ระดับ 1, 2, 3, 4 และ 5 เปอร์เซ็นต์ ที่ผสมกรดอะซิติก 1N ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ เป็นชุดทดสอบ และเตรียม PDA ที่เติมกรดอะซิติก 1N ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ เพื่อเป็นชุดควบคุม จากนั้นตัดชิ้นวุ้นที่มีเส้นใยเชื้อรา *A.fumigates* *A. niger* และ *A.oryzae* ได้มาจากสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย วางลงตรงกลางอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA ที่เตรียมไว้ นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส วัดการเจริญของเชื้อราทุกวัน เป็นเวลา 7 วัน และศึกษาการเจริญของเส้นใยโดยการวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นใย โดยเปรียบเทียบชุดที่ทำการทดสอบกับชุดควบคุม หาเปอร์เซ็นต์การยับยั้งของไคโตซานต่อเชื้อราได้จากสูตร ดังนี้

$$\text{เปอร์เซ็นต์การยับยั้ง} = \left(\frac{R_1 - R_2}{R_1}\right) \times 100$$

R_1 = รัศมีการเจริญของเชื้อราชุดควบคุม (Control)

R_2 = รัศมีการเจริญของเชื้อราชุดทดลอง

5. ผลและอภิปรายผลการวิจัย

5.1 สูตรอาหารและระยะเวลาที่เหมาะสมในการผลิตไคโตซานบนเครื่องเขย่า

การเพาะเลี้ยง *M. rouxii* ATCC 24905 ในอาหาร BG medium สูตรดัดแปลงที่มีแหล่งคาร์บอนเป็นแป้งข้าวจ้าว ที่ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ และอาหาร PDB เป็นเวลา 5 วัน ผลการทดลองจะเห็นว่า อาหาร BG medium ที่มีความเข้มข้นแป้ง 2 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณเซลล์แห้งและปริมาณไคโตซานที่สกัดได้จะเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาการเพาะเลี้ยงเพิ่มขึ้น และให้ผลผลิตไคโตซานสูงสุดในวันที่ 3 ให้น้ำหนักเซลล์แห้ง 9.4 กรัมต่อลิตร และปริมาณไคโตซานสูงสุด 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร หลังจากนั้นปริมาณไคโตซานเริ่มลดลง ในขณะที่อาหารเหลว PDB ให้ปริมาณเซลล์แห้ง 8.37 กรัมต่อลิตร และปริมาณไคโตซาน 970 มิลลิกรัมต่อลิตร และให้ผลผลิตไคโตซานสูงสุดในวันที่ 4 ซึ่งผลการทดลองสอดคล้องกับ Hang (1990) ที่รายงานว่า *A. oryzae* ให้ผลผลิตไคโตซานสูงสุดในวันที่ 3 ของการเจริญ หลังจากนั้นปริมาณไคโตซานในเซลล์เริ่มลดลง เมื่อเปรียบเทียบระยะการเจริญของเซลล์กับปริมาณไคโตซานที่ได้พบว่า การผลิตไคโตแซนจะสูงสุดเมื่อเซลล์เจริญในระยะต้นของ stationary phase ซึ่งแตกต่างจากผลการศึกษาของ McGahren (1984) ที่รายงานว่า *A. oryzae* ให้ผลผลิตไคโตซานสูงสุดเมื่อเซลล์มีการ

เจริญในระยะ log phase ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากในระยะแรกของการเจริญ *M. rouxii* ต้องผลิตเอนไซม์เพื่อย่อยแป้งให้เป็นน้ำตาล จากนั้นจึงใช้น้ำตาลที่เกิดขึ้นเพื่อสร้างเซลล์ต่อไปปริมาณ ไคโตซานที่สกัดได้จาก *M. rouxii* มีน้ำหนักและปริมาณที่แตกต่างกันออกไป ซึ่งค่าที่ได้อาจสูงหรือต่ำกว่าที่เคยรายงานไว้ ทั้งนี้เป็นผลเนื่องมาจากชนิดของอาหารเลี้ยงเชื้อ สภาวะที่ใช้ในการเพาะเลี้ยง และวิธีการสกัดไคโตซานที่แตกต่างกันและเมื่อนำอาหาร BG medium และ PDB เปรียบเทียบกัน จะเห็นว่า อาหาร BG medium สามารถเพาะเลี้ยงเซลล์และผลิตไคโตซานได้มากและระยะเวลาสั้นกว่าอาหาร PDB ดังแสดงในตาราง 1

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบสูตรอาหารและระยะเวลาที่เหมาะสมในการผลิตไคโตซาน

เวลา/วันที่	pH		น้ำตาลรีดิวซ์ (g/l)		น้ำหนักเซลล์แห้ง (g/l)		ไคโตซาน (g/l)	
	BG	**PDB**	**BG**	**PDB**	**BG**	**PDB**	**BG**	**PDB**
1	5.0	7.0	1.10	0.14	6.53	5.31	870	730
2	4.9	6.8	0.87	0.42	9.23	7.43	930	850
3	5.8	7.2	0.16	0.11	9.40	8.28	1,000	900
4	7.6	7.5	0.14	0.11	9.58	8.37	980	970
5	7.8	7.8	0.10	0.10	9.10	8.52	900	890

ผลการทดลองสอดคล้องกับผลการศึกษาของ นวลพรรณ ณ ระนอง และคณะ (2541) ได้รายงานว่า *Mucor rouxii* สามารถเจริญและให้ผลผลิตของไคโตแซน ระหว่าง 940-1000 มิลลิกรัมต่อลิตร เมื่อทำการเพาะเลี้ยงในอาหารเหลว BG medium สูตรดัดแปลงที่มีแป้งข้าวเจ้า 2 เปอร์เซ็นต์เป็นแหล่งคาร์บอน

5.2 ทดสอบประสิทธิภาพของไคโตซานในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา

อาหารเลี้ยงเชื้อที่มีไคโตซานสามารถยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อราทั้ง 3 ชนิดได้ตามความเข้มข้นที่เพิ่มขึ้นและ ไคโตซานมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเส้นใย *A. fumigates* ได้ใกล้เคียงกับเชื้อรา *A. niger* และ *A. oryzae* ซึ่งต่างจากอาหารที่มีกรดอะซิติก และชุดควบคุมที่เชื้อราเจริญเติบโตได้ 100 เปอร์เซ็นต์ การยับยั้งเชื้อราของไคโตซานที่ระดับความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไป สามารถยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อราทั้ง 3 ชนิดได้ แต่ระดับความเข้มข้นของไคโตซานที่ต่ำลงมาเส้นใยเชื้อราสามารถเจริญได้และเปอร์เซ็นต์การยับยั้งต่ำ ดังนั้นความเข้มข้นของไคโตซานที่ต่ำและมีเปอร์เซ็นต์การยับยั้งที่ดีควรใช้ที่ระดับความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไป ไคโตซานที่ระดับความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ สามารถยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *A. fumigates*, *A. niger* และ *A. oryzae* ได้ 78.09, 67.42 และ 81.15 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งประสิทธิภาพของไคโตซานขึ้นอยู่กับชนิด และระยะการเจริญเติบโตของเชื้อรา และการเจริญเติบโตของเส้นใย (El Ghaouth, A. และ คณะ, 1997; Benhamou, N. และคณะ, 1994)

6. สรุปผล

เชื้อรา *M. rouxii* สามารถเจริญและให้ผลผลิตของไคโตซาน 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร เมื่อทำการเพาะเลี้ยงในอาหารเหลว BG medium สูตรดัดแปลงที่มีแป้งข้าวเจ้า 2 เปอร์เซ็นต์เป็นแหล่งคาร์บอน ดังนั้น *M. rouxii* จึงเป็นเชื้อราที่มีศักยภาพในการผลิตไคโตซาน ไคโตซานที่แยกสกัดจากเชื้อรา *M. rouxii* สามารถยับยั้งการเจริญของเส้นใยของเชื้อรา *A. fumigates*, *A. niger* และ *A. oryzae* ได้ ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของไคโตซานและระยะการเจริญเติบโตของเชื้อรา โดยไคโตซานความเข้มข้นสูงสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเส้นใยได้ดีกว่าความเข้มข้นต่ำ

7. รายการอ้างอิง

ธิดารัตน์ ไชยวังศรี. 2535. “โรคของผลลำไยดอก่อนและหลังเก็บเกี่ยว.” วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาชีววิทยา มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

นวลพรรณ ณ ระนอง และคณะ. 2541. **การผลิตไคโตซาน *Mucor rouxii*.** ภาควิชาชีวประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าคุณทหารลาดกระบัง.

มิตรชัย ทาบุดดา. 2546. การสำรวจพันธุ์ลำไยในภาคเหนือตอนบนและการสร้างฐานข้อมูลลำไย. วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาชีววิทยา มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

วรพจน์ สุนทรสุข. 2549. ไคโตซานจากจุลินทรีย์ : การผลิตคุณสมบัติการประยุกต์ใช้ (ระยะที่ 1 - 2). ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยพระจอมเกล้าธนบุรี.

Benhamou, N., Lafontaine, P.J., Nicole, M., 1994. Induction on systemic resistance to Fusarium crown and root rot in tomato plants by seed treatment with chitosan. Phytopathology 84,1432–1444.

El Ghaouth, A., Arul, J., Wilson, C., Benhamou, N., 1997. Biochemical and cytochemical aspects of the interactions of chitosan and *Botrytis cinerea* in bell pepper fruit. Postharv. Biol.Technol. 12, 183–194.

Hang, Y.D. 1990. Chitosan production from Rhizopus oryzae. Biotechnol. Lett. 12:911-912.

McGahren, W.J., G.A. Perkinson, J.A. Growich, R.A.Leese and G.A. Ellestad. 1984. Chitosan by fermentation. Process Biochem. 19:80-90.

การออกแบบเก้าอี้นั่งกึ่งยืนเพื่อลดความเมื่อยล้าให้กับพนักงานแปรรูปผลไม้

THE DESIGN OF SIT-STAND CHAIR TO REDUCE MUSCLE FATIGUE FOR FRUIT PROCESSING WORKERS

ชูเกียรติ เจริญเอง
นักศึกษาปริญญาโท ภาควิชาอาชีวอนามัยและความปลอดภัย
คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล
E-mail: ta_chu1@hotmail.com
ประมุข โอศิริ
อาจารย์ประจำภาควิชาอาชีวอนามัยและความปลอดภัย
คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล
E-mail: phpos@mahidol.ac.th
วิชัย พฤกษ์ธาราธิกูล
อาจารย์ประจำภาควิชาอาชีวอนามัยและความปลอดภัย
คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล
E-mail: phvpt@mahidol.ac.th
ณัฐกมล ชาญสาธิตพร
อาจารย์ประจำภาควิชาชีวสถิติ
คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล
E-mail: phnct@mahidol.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ในการออกแบบเก้าอี้นั่งกึ่งยืนเพื่อลดความเมื่อยล้าให้กับพนักงานแปรรูปผลไม้และประเมินระดับความพึงพอใจในการใช้เก้าอี้นั่งกึ่งยืน การออกแบบเก้าอี้นั่งกึ่งยืนใช้ข้อมูลสัดส่วนร่างกายของกลุ่มตัวอย่างโดยออกแบบให้สามารถปรับระดับความสูงได้ระหว่าง 65-80 เซนติเมตร มีที่นั่งกว้าง 33 เซนติเมตรและสามารถปรับระดับความลาดเอียงได้ 5 องศา ทำจากเหล็กชุบโครเมียม ทำการทดลองกับกลุ่มตัวอย่างเพศหญิงที่มีสุขภาพแข็งแรง จำนวน 14 คน มีความสมัครใจเข้าร่วมในการศึกษาครั้งนี้ มีอายุเฉลี่ย 42±4 ปี น้ำหนักและส่วนสูงโดยเฉลี่ย 57.4±10 กิโลกรัมและ 1.54±0.05 เมตร ตามลำดับ มีประสบการณ์ในการทำงานเฉลี่ย 18±5 ปี และไม่มีประวัติการเจ็บป่วยด้วยโรคกล้ามเนื้อและกระดูก การตรวจวัดความเมื่อยล้าด้วยค่าความถี่กลางของเครื่องวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อก่อนและหลังการใช้เก้าอี้นั่งกึ่งยืนใน 4 ช่วงเวลาคือก่อนเริ่มงาน ก่อนและหลังพักกลางวัน และหลังเลิกงาน และประเมินความพึงพอใจจากการใช้เก้าอี้นั่งกึ่งยืน ผลการศึกษาพบว่า การนำ

เก้าอี้นั่งกึ่งยืนมาใช้ค่าความถี่กลางของกล้ามเนื้อน่อง (gastrocnemius) สูงกว่าการยืนทำงานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และมีความพึงพอใจในระดับปานกลางหลังจากใช้เก้าอี้นั่งกึ่งยืนในการแปรรูปผลไม้ ซึ่งจากการทดลองครั้งนี้สามารถสรุปได้ว่า เก้าอี้นั่งกึ่งยืนสามารถช่วยลดความเมื่อยล้ากล้ามเนื้อขาให้กับพนักงานแปรรูปผลไม้ และสร้างความพึงพอใจให้กับพนักงานได้ในระดับหนึ่ง

คำสำคัญ : เก้าอี้นั่งกึ่งยืน กล้ามเนื้อ gastrocnemius คลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ ความเมื่อยล้ากล้ามเนื้อ

ABSTRACT

The objective of this study was to design a sit-stand chair of fruit processing worker for reducing muscular fatigue and evaluating the satisfaction of workers. The sit-stand chair was designed by using the anthropometry of workers. The height of sit-stand chair was adjustable between 65-80 centimeters, seat pan width 33 centimeters and slope adjustable 5 degree. It was made of Chrome-plated steel. Fourteen female workers participated in this study. The average age of the workers was 42±4 years old. The average weight and height were 57.4±10 kilograms and 1.54±0.05 meters, respectively. The fruit processing worker had work experience of an average 18±5 years, with no history of either muscle or bone diseases. Workers were assessed for fatigue between standing and sit-stand chair. Median frequency was measured by electromyography before start working, before and after lunch, and at the end of the working hours. The satisfaction of workers was assessed by questionnaires after work. The results showed that median frequency of the gastrocnemius muscle of sit-stand chair was significantly more than standing ($p<0.05$). The workers' satisfaction was moderate level. It can be concluded that sit-stand chair could reduce muscular fatigue of gastrocnemius muscle and satisfied workers working in fruit processing.

KEYWORDS : Sit-stand chair, Gastrocnemius muscle, Electromyography, Muscle fatigue

บทนำ

ประเทศไทยได้ชื่อว่าเป็นประเทศเกษตรกรรม เพราะในแต่ละปีจะมีสินค้าทางการเกษตรออกมาจำหน่าย สร้างรายได้ให้กับประเทศเป็นจำนวนมาก จากข้อมูลโรงงานของกรมโรงงานอุตสาหกรรม (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2554) ในปี 2554 มีโรงงานอุตสาหกรรมถึง 129,618 แห่ง มีโรงงานที่ประกอบกิจการทำอาหารหรือเครื่องดื่มจากผัก พืชหรือผลไม้และบรรจุในภาชนะที่ผนึกและอากาศเข้าไม่ได้ จำนวน 494 แห่ง และสินค้าทางการเกษตรโดยเฉพาะไม้ผลชนิดต่างๆที่ออกมาตามฤดูกาลมีจำนวนมาก

จะเห็นได้ว่าผลผลิตทางการเกษตรมีจำนวนมากแต่มีระยะเวลาที่จำกัดในการบริโภค ทำให้ต้องมีการแปรรูปสินค้าทางการเกษตรเพื่อลดปัญหาการเน่าเสียและวิธีการหนึ่งคือ การแปรรูปผลไม้ชนิดต่างๆ บรรจุกระป๋อง ในการแปรรูปผลไม้เพื่อบรรจุใส่กระป๋องนั้น มีหลายขั้นตอนซึ่งขั้นตอนที่หลีกเลี่ยงไม่ได้คือ การปอกเปลือก คว้านเมล็ดและตัดแต่งผลไม้ ในโรงงานอุตสาหกรรมแปรรูปผลไม้บรรจุกระป๋องต้องใช้แรงงานคนเป็นจำนวนมากใน

การปอกเปลือก คว้านเมล็ดและตัดแต่งผลไม้ เนื่องจากยังไม่สามารถพัฒนาเครื่องจักรให้แปรรูปผลไม้ออกมาได้ตรงตามความต้องการ ทำให้เกิดปัญหาด้านแรงงานคนเกี่ยวกับการผลิต เช่น ปัญหาการขาดแคลนแรงงาน ปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมในการทำงาน เป็นต้น ปัญหาที่พบบ่อย คือ ปัญหาสิ่งแวดล้อมในการทำงานด้านการยศาสตร์ เช่น ท่าทางในการทำงานที่ไม่เหมาะสม ลักษณะการทำงานที่ต้องนั่งหรือยืนเป็นเวลานาน ทำให้เกิดโรคเกี่ยวกับกล้ามเนื้อและกระดูก

โรคเกี่ยวกับกล้ามเนื้อและกระดูกจากการทำงาน มีความรุนแรงเพิ่มมากขึ้นอย่างต่อเนื่องในทุกๆ ปี จะเห็นได้จากสถิติของกองทุนเงินทดแทน สำนักงานประกันสังคม (สำนักงานประกันสังคม, 2554) ที่ได้รวบรวมสถิติการประสบอันตรายหรือเจ็บป่วยเนื่องจากการทำงาน โดยจำแนกตามความรุนแรงและสาเหตุที่ประสบอันตราย ระหว่างปี 2552 - 2553 พบว่า มีผู้ประสบอันตรายจากโรคที่เกิดขึ้นตามลักษณะหรือสภาพของงานหรือเนื่องจากการทำงาน 4,575 ราย และ 5,047 ราย ตามลำดับ

ส่วนการจำแนกตามความรุนแรงและอวัยวะที่ได้รับอันตราย ปี 2553 พบว่ามีผู้ประสบอันตรายบริเวณขา/หน้าแข้ง/น่อง/เข่า/หัวเข่า จำนวน 8,080 ราย ซึ่งเกิดขึ้นในหลายอุตสาหกรรมที่มีลักษณะการทำงานต้องนั่งหรือยืนอยู่กับที่เป็นเวลานาน โดยเฉพาะในโรงงานอุตสาหกรรมแปรรูปผลไม้ ที่มีกระบวนการปอกเปลือก คว้านเมล็ดและตัดแต่ง ตลอดจนการบรรจุผลไม้ใส่กระป๋อง ซึ่งลักษณะงานดังกล่าวทำให้ต้องยืนทำงานตลอดทั้งวัน จึงเป็นสาเหตุส่วนหนึ่งของการเกิดโรคเกี่ยวกับกล้ามเนื้อและกระดูกขึ้นได้

จากการสำรวจข้อมูลการเข้ารับบริการทางห้องพยาบาลของพนักงานแปรรูปผลไม้บรรจุกระป๋องของโรงงานแปรรูปผลไม้บรรจุกระป๋องแห่งหนึ่ง พบว่า ในปี 2551 - 2553 พนักงานมีอาการปวดกล้ามเนื้อเข้ารับบริการ จำนวน 3,416 ครั้ง 2,532 ครั้งและ 2,392 ครั้ง ตามลำดับ โดยส่วนใหญ่เป็นพนักงานที่อยู่ในส่วนแปรรูปผลไม้ และจากข้อมูลการสัมภาษณ์พนักงานด้วยแบบสอบถามความเมื่อยล้า จำนวน 20 คน พบว่ามีอาการเมื่อยล้ากล้ามเนื้อขาบริเวณน่อง จำนวน 12 คน มีอาการปวดหลัง ปวดไหล่ และปวดมือ จำนวน 5 คน 2 คน และ 1 คน ตามลำดับ

จากข้อมูลข้างต้นจะเห็นได้ว่า การทำงานที่ต้องยืนตลอดเวลานั้นส่งผลต่อสุขภาพของผู้ปฏิบัติงาน ตลอดจนคุณภาพของผลผลิต เก้าอี้นั่งกึ่งยืนเป็นสิ่งหนึ่งที่ช่วยลดความเมื่อยล้ากล้ามเนื้อให้กับผู้ปฏิบัติงานที่ต้องยืนทำงานเป็นเวลานาน อีกทั้งยังเป็นอุปกรณ์ที่ไม่กีดขวางการทำงาน เนื่องจากท่าทางการทำงานอยู่ในลักษณะนั่งกึ่งยืน จึงทำให้สามารถเคลื่อนไหวร่างกายได้อย่างอิสระ จากการศึกษาของ Sartika และ Dawal พบว่า การนำเก้าอี้นั่งกึ่งยืนมาใช้ในงานที่ต้องยืนทำงาน ส่งผลให้ความเมื่อยล้ากล้ามเนื้อลดลง (Sartika, & Dawal, 2010) ด้วยเหตุนี้การสร้างเก้าอี้นั่งกึ่งยืนให้กับพนักงานแปรรูปผลไม้เป็นวิธีที่มีความเหมาะสมและสอดคล้องกับลักษณะงานที่ต้องปฏิบัติ ซึ่งในปัจจุบันยังไม่มีผู้ออกแบบหรือสร้างเก้าอี้นั่งกึ่งยืนสำหรับโรงงานแปรรูปผลไม้ ดังนั้นผู้วิจัยจึงเล็งเห็นว่าการสร้างเก้าอี้นั่งกึ่งยืนจะสามารถลดความเมื่อยล้าให้กับพนักงานแปรรูปผลไม้ อีกทั้งยังเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานตลอดจนนำไปสู่ความพึงพอใจในการทำงานของพนักงาน

กรอบแนวคิดและทฤษฎี

การยืนทำงานในท่าทางเดียวเป็นเวลานานๆเป็นสิ่งที่ไม่ดี (Grandjiean, 1988) จะทำให้กล้ามเนื้อบางมัดทำงานมากเกินไป ดังนั้น จึงควรจะมีการเปลี่ยนท่าทางหรือมีการพักเท้าข้างใดข้างหนึ่งไว้บนเก้าอี้เตี้ยๆ และทำสลับ

ขากัน เพื่อลดการแอ่นของหลัง หรือการปรับเปลี่ยนลักษณะการทำงาน เช่น การนั่งหรือการนั่งกึ่งยืน โดยขึ้นอยู่กับลักษณะงานที่ทำ เมื่อมีการนำเก้าอี้มาใช้ (Khalil, et.al., 1993) เก้าอี้ที่ได้รับการออกแบบที่เหมาะสมกับผู้นั่งจะช่วยลดความเมื่อยล้าได้

การวิจัยครั้งนี้ มีแนวคิดมาจากปัญหาที่เกิดขึ้นจากการยืนทำงานเป็นเวลานาน โดยการสร้างเก้าอี้นั่งกึ่งยืนเพื่อปรับเปลี่ยนลักษณะการทำงาน เพื่อลดความเมื่อยล้า ซึ่งมีการควบคุมในเรื่องอายุ ประสบการณ์ทำงานและประวัติการเจ็บป่วย ตลอดจนทำการประเมินความพึงพอใจจากการใช้เก้าอี้นั่งกึ่งยืน

ภาพประกอบ 1 แสดงกรอบแนวคิดของการวิจัย

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของเก้าอี้นั่งกึ่งยืนในการลดความเมื่อยล้า
2. เพื่อประเมินระดับความพึงพอใจของพนักงานแปรรูปผลไม้จากการใช้เก้าอี้นั่งกึ่งยืน

วิธีการดำเนินวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง (Quasi – Experimental Research Design) เป็นการศึกษากลุ่มทดลองเพียงกลุ่มเดียวในรูปแบบ Before and After Design โดยศึกษาเปรียบเทียบค่าคลื่นไฟฟ้าของกล้ามเนื้อ (EMG) ของการยืนทำงานและการนั่งบนเก้าอี้นั่งกึ่งยืนของพนักงานแปรรูปผลไม้ ซึ่งวิธีการทดลองประกอบด้วย การสร้างเก้าอี้นั่งกึ่งยืนโดยใช้ข้อมูลสัดส่วนร่างกายของกลุ่มตัวอย่าง และการวัดค่าคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อเพื่อประเมินความเมื่อยล้าของกล้ามเนื้อของพนักงานแปรรูปผลไม้ระหว่างการยืนทำงานและการนั่งบนเก้าอี้นั่งกึ่งยืนและการใช้แบบสอบถามวัดความพึงพอใจในการใช้เก้าอี้นั่งกึ่งยืน

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มพนักงานที่ปฏิบัติงานแปรรูปผลไม้ ในส่วนงานผลิตผลไม้ของโรงงานตัวอย่างในจังหวัดนครปฐม จำนวนทั้งสิ้น 84 คน โดยคัดเลือกจากพนักงานมีอายุระหว่าง 30-45 ปี ประสบการณ์ทำงานอย่างน้อย 1 ปี ไม่มีประวัติการเจ็บป่วยด้วยโรคระบบกล้ามเนื้อและกระดูกและมีความสมัครใจที่จะเข้าร่วมการทดลองครั้งนี้ พบว่ามีจำนวน 14 คน

เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูลและทดลองในงานวิจัยนี้ประกอบด้วย

แบบสอบถามข้อมูลความเมื่อยล้าของกล้ามเนื้อ

ประกอบด้วยข้อมูล 2 ส่วน คือ ข้อมูลทั่วไปและข้อมูลสุขภาพ

แบบสอบถามความพึงพอใจของพนักงานที่ใช้เก้าอี้นั่งกึ่งยืน

แบบสอบถามประกอบด้วย 3 ส่วน คือ โครงสร้างของเก้าอี้นั่งกึ่งยืน ความรู้สึกตามส่วนต่างๆ ของร่างกาย และความพึงพอใจโดยรวมเกี่ยวกับการใช้เก้าอี้นั่งกึ่งยืน

เก้าอี้นั่งกึ่งยืน

เป็นเก้าอี้ที่สร้างขึ้นโดยใช้ข้อมูลสัดส่วนร่างกายของกลุ่มตัวอย่างเป็นเกณฑ์ในการออกแบบ ทำจากเหล็กชุบโครเมียม ฐานมีลักษณะเป็นจานกลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 45 เซนติเมตร สามารถปรับระดับความสูงได้ระหว่าง 65-80 เซนติเมตร พื้นที่นั่งเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า สามารถปรับระดับความเอียงได้ 5 องศาตามแนวระนาบ

เครื่องวัดคลื่นไฟฟ้าของกล้ามเนื้อ (Electromyography,EMG)

เครื่องวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ Biopac รุ่น MP 36 เป็นเครื่องมือที่ออกแบบไว้ใช้ในการเก็บข้อมูลภาคสนาม

วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล

เมื่อทำการขอรับรองจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์จากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล แล้วทำการทดลองเปรียบเทียบคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อของกลุ่มตัวอย่างในการยืนทำงานและนั่งบนเก้าอี้นั่งกึ่งยืนบริเวณกล้ามเนื้อน่อง (gastrocnemius) โดยเก็บข้อมูลเป็น 4 ช่วงเวลา คือ ก่อนเริ่มทำงาน ชั่วโมงการทำงานที่ 4 หลังพักกลางวัน และชั่วโมงการทำงานที่ 8 และสอบถามความพึงพอใจในการใช้เก้าอี้นั่งกึ่งยืน

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. วิเคราะห์ข้อมูลทั่วไป ข้อมูลสถานภาพสุขภาพ ข้อมูลความเมื่อยล้าจากการสำรวจ และระดับความพึงพอใจจากการใช้เก้าอี้นั่งกึ่งยืน โดยใช้สถิติร้อยละ ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

2. วิเคราะห์ข้อมูลการเปรียบเทียบความแตกต่างของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อจากการยืนทำงานและการนั่งเก้าอี้นั่งกึ่งยืนของพนักงานแปรรูปผลไม้ โดยวิเคราะห์ค่า Median Frequency (MF) ที่เปลี่ยนแปลงตลอดการทดลอง โดยใช้สถิติ The Wilcoxon Matched Pairs Signed-Ranks Test

สรุปผลการวิจัย

การเก็บข้อมูลจากพนักงานแปรรูปผลไม้จากโรงงานตัวอย่าง จำนวน 14 คน โดยมีอายุเฉลี่ย 42 ปี น้ำหนักและส่วนสูงเฉลี่ย 57.4±10 กิโลกรัมและ 1.54+0.05 เมตร ตามลำดับ มีประสบการณ์ทำงานในการแปรรูปผลไม้เฉลี่ย 18±5 ปี ทุกคนมีอาการปวดเมื่อยกล้ามเนื้อในช่วง 6 เดือนที่ผ่านมา (ร้อยละ 100) โดยส่วนใหญ่จะมีอาการปวดเมื่อยกล้ามเนื้อเกิดขึ้นในทุกสัปดาห์ (ร้อยละ 57.1) และไม่เกิน 1 วันจึงทุเลาลง (ร้อยละ 64.3) มีอาการปวดเมื่อยกล้ามเนื้อส่วนคอมากที่สุด (ร้อยละ 71.43) รองลงมาบริเวณ ขา (ร้อยละ 64.29) และหลังส่วนล่างและเท้า (ร้อยละ 57.14)

ค่าคลื่นไฟฟ้าของกล้ามเนื้อ gastrocnemius

จากการศึกษาพบว่า ค่าคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ gastrocnemius ขณะที่พนักงานนั่งทำงานบนเก้าอี้นั่งกึ่งยืนมีค่าสูงกว่าการยืนทำงานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ทุกช่วงเวลาที่ปฏิบัติงาน

ตาราง 1 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของค่าความถี่กลางของกล้ามเนื้อ gastrocnemius ระหว่างการยืนและนั่งบนเก้าอี้นั่งกึ่งยืนของพนักงานแปรรูปผลไม้

เวลา	N	Mean	SD	Z	*P*-value
ก่อนเริ่มงาน (8.00 น.)					
- ยืนทำงาน	14	121.27	25.79	-2.166	0.015
- นั่งบนเก้าอี้นั่งกึ่งยืน	14	138.96	21.36		
ก่อนพักกลางวัน (12.00 น.)					
- ยืนทำงาน	14	120.92	30.42	-2.354	0.01
- นั่งบนเก้าอี้นั่งกึ่งยืน	14	156.17	27.62		
หลังพักกลางวัน (13.00 น.)					
- ยืนทำงาน	14	121.91	26.07	-2.417	0.008
- นั่งบนเก้าอี้นั่งกึ่งยืน	14	147.03	14.58		
หลังเลิกงาน (17.00 น.)					
- ยืนทำงาน	14	120.23	29.39	-2.794	0.003
- นั่งบนเก้าอี้นั่งกึ่งยืน	14	160.00	23.95		

ภาพประกอบ 2 ค่าเฉลี่ยของค่าความถี่กลางของกล้ามเนื้อ gastrocnemius ระหว่างการยืนและนั่งบนเก้าอี้นั่งกึ่งยืนของพนักงานแปรรูปผลไม้

ความพึงพอใจจากการนั่งเก้าอี้นั่งกึ่งยืน

จากการศึกษาพบว่า พนักงานส่วนใหญ่มีความพึงพอใจเกี่ยวกับโครงสร้างของเก้าอี้นั่งกึ่งยืน ในส่วนของความกว้างของที่นั่ง (ร้อยละ 64.29) การปรับระดับความสูงของเก้าอี้ (ร้อยละ 57.14) ความลาดเอียงของที่นั่ง (ร้อยละ 64.29) และวัสดุที่ใช้ทำเก้าอี้ (ร้อยละ 85.72) ในระดับปานกลาง แต่ส่วนใหญ่ไม่พึงพอใจเกี่ยวกับน้ำหนักของเก้าอี้ ร้อยละ 57.14 ซึ่งมีน้ำหนักมากเกินไป ส่วนของความรู้สึกสบายตามส่วนต่างๆของร่างกาย จากการศึกษาพบว่าพนักงานส่วนใหญ่รู้สึกสบายบริเวณคอ ขาและต้นขา ร้อยละ 50 บริเวณเท้า ร้อยละ 64.28 แต่รู้สึกไม่สบายบริเวณหลัง ร้อยละ 35.71

โดยภาพรวม พนักงานส่วนใหญ่มีความต้องการที่จะให้มีการนำเก้าอี้นั่งกึ่งยืนมาใช้ (ร้อยละ 71.4) และเก้าอี้นั่งกึ่งยืนสามารถช่วยลดความเมื่อยล้าจากการทำงานและเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานได้ (ร้อยละ 100) โดยส่วนใหญ่มีความพึงพอใจในการนำเก้าอี้นั่งกึ่งยืนมาใช้ระดับปานกลาง (ร้อยละ 64.3)

อภิปรายผล

1. ผลการศึกษาของค่าคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ มีความสอดคล้องกับรายงานของนิภาพร (นิภาพร, 2548) พบว่า สถานีงานที่ออกแบบโดยอาศัยข้อมูลสัดส่วนร่างกายของผู้ปฏิบัติงาน ทำให้ค่าคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อสูงกว่าสถานีงานเดิม โดยค่าคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อที่สูงขึ้น มีผลทำให้ความเมื่อยล้ากล้ามเนื้อลดลง

2. ผลการศึกษาความพึงพอใจ พบว่าพนักงานแปรรูปผลไม้มีความพึงพอใจหลังจากการใช้เก้าอี้นั่งกึ่งยืนในระดับปานกลาง ซึ่งมีความสอดคล้องกับการศึกษาของเชสเตอร์ และคณะ (Chester, Rys, & Konz, 2002 : 289-296) ที่พบว่า การนั่งบนเก้าอี้นั่งกึ่งยืนมีความสบายโดยรวมของร่างกายมากกว่าการยืนทำงาน

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะที่ได้จากการวิจัยครั้งนี้

จากการศึกษาพบว่า เก้าอี้นั่งกึ่งยืนที่ได้รับการออกแบบให้เหมาะสมกับผู้ปฏิบัติงาน จะสามารถลดความเมื่อยล้าให้กับพนักงานแปรรูปผลไม้ได้ แต่ต้องให้เวลากับผู้ปฏิบัติงานสร้างความคุ้นเคยกับการใช้เก้าอี้นั่งกึ่งยืนเพื่อเป็นการเพิ่มผลผลิต ตลอดจนควรมีการ พิจารณาวัสดุที่นำมาใช้ทำเก้าอี้นั่งกึ่งยืน เพื่อความเหมาะสมและสอดคล้องกับข้อกำหนดของอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับการผลิตอาหาร

ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยต่อไป

ควรมีการนำเก้าอี้นั่งกึ่งยืนไปใช้ในอุตสาหกรรมอื่นๆ ที่มีลักษณะการทำงานอยู่กับที่เป็นเวลานาน

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณอาจารย์ภาควิชาอาชีวอนามัยและความปลอดภัย คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล ที่เอื้อเฟื้อเครื่องมือและอุปกรณ์สำหรับการเก็บตัวอย่างครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

กรมโรงงานอุตสาหกรรม. 2554. “ข้อมูลโรงงานอุตสาหกรรม.” Retrieved May 30,2011, from http://www.diw.go.th/diw/query.asp.

นิภาพร คำหลอม. 2548. “การปรับปรุงสถานีงานเพื่อลดความเมื่อยล้าในสายงานการประกอบเครื่องทำน้ำอุ่น.” วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาอาชีวอนามัยและความปลอดภัย มหาวิทยาลัยมหิดล.

สำนักงานประกันสังคม. 2554. “ข้อมูลสถิติกองทุนเงินทดแทน.” Retrieved May 23,2011, from http://www.sso.go.th/wpr/uploads/uploadImages/file/table32552.html.

Grandjiean, E. 1988. **Fitting the task to the man.** 4th ed. London: Taylor & Francis Ltd.

Khalil, T.M., et.al. 1993. **Ergonomics in back pain : A Guide to prevention and rehabilitation.** New York: Van Nostrand Reinhold : 121-124.

Chester, M. R., Rys, M.J., Konz, S.A. (2002). “Leg swelling, comfort and fatigue when sitting, standing, and sit/standing.” **International Journal of Industrial Ergonomics,** 29 : 289-296.

Sartika, S.J., & Dawal, S.Z. (2010). “A Comparison of the Effect of Using Sit/stand Stool on Prolonged Standing Task,” in **Proceedings of the International MutiConference of Engineers and Computer Scientists 2010 Vol III.** Hong Kong.

ผลของมุมและท่าจับมีดที่มีต่อการทำงานของกล้ามเนื้อ ระดับความไม่สบาย และระดับความพึงพอใจในอุตสาหกรรมแปรรูปสัตว์ปีก

THE KNIFE ANGLE AND GRIP POSTURE EFFECT ON MUSCEL ACTIVITY, DISCOMFORT AND PREFERENCE IN POULTRY PROCESSING

สุทธีวา ธนากรภักดี

นักศึกษาปริญญาโท สาขาวิชาสุขศาสตร์อุตสาหกรรมและความปลอดภัย

คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

E-mail : sutteewa@gmail.com

บทคัดย่อ

การบาดเจ็บเกี่ยวกับระบบกระดูกและกล้ามเนื้อบนระยางค์บน ในอุตสาหกรรมแปรรูปเนื้อไก่ได้ถูกระบุไว้ในหลายการศึกษา อันเนื่องจากปัจจัยเสี่ยง เช่น ท่าทางที่ไม่เหมาะสม การออกแบบอุปกรณ์และสถานีงานที่ไม่เหมาะสม เป็นต้น ในการศึกษาครั้งนี้ได้ทำการทดสอบการทำงานของกล้ามเนื้อ การวัดระดับความรู้สึกไม่สบายและระดับความพึงพอใจ ซึ่งเป็นผลมาจากมุมมีดและท่าทางในการจับมีดของผู้ร่วมทดลองที่เป็นอาสาสมัครจากพนักงานเพศหญิง ซึ่งมีคุณสมบัติตรงตามเกณฑ์การคัดเลือกเข้าร่วมทดลอง จำนวน 6 คน เพื่อใช้ในการปรับปรุงวิธีการปฏิบัติงานและประเมินความเหมาะสมของเครื่องมือในอุตสาหกรรมแปรรูปไก่ ผู้ร่วมทดลองทำตัดเฉือนด้วยมีดที่มีมุมแตกต่างกัน คือ มีดด้ามตรงมุม 0° และมีดที่ทำการปรับมุมที่ 45° ร่วมกับท่าทางในการจับมีดที่แตกต่างกัน 3 ท่าทาง โดยทำการวัดการทำงานของกล้ามเนื้อ Extensor, Flexor, Brachioradialis และ Upper Trapezius ด้วยเครื่องวัดสัญญานไฟฟ้ากล้ามเนื้อ หรือ electromyography (EMG) สำหรับแบบสอบถามในการประเมินผลของระดับความรู้สึกไม่สบายและระดับความพึงพอใจภายหลังการทดลอง ผลการทดลองพบว่ามุมระหว่างด้ามจับและใบมีดมีผลต่อระดับความความรู้สึกสะดวกอย่างมีนัยสำคัญ โดยพบว่ามีดด้ามตรงมีผลต่อความรู้สึกสะดวกมากกว่ามีดปรับมุม นอกจากนี้ท่าทางในการจับมีดยังมีผลต่อระดับความรู้สึกไม่สบายในบางบริเวณที่สัมผัสกับสันมีดอย่างมีนัยสำคัญ ในส่วนของการทำงานของกล้ามเนื้อพบว่าทั้งท่าทางในการจับมีดและมุมมีดไม่ส่งผลกระทบอย่างมีนัยสำคัญ แต่มีแนวโน้มที่แสดงว่ามีดปรับมุมมีการออกแรงของกล้ามเนื้อที่น้อยกว่ามีดด้ามตรง ผลของการศึกษาในครั้งนี้สามารถสรุปได้ว่าท่าทางในการจับมีดมีผลต่อความรู้สึกไม่สบาย ในส่วนของภาคอุตสาหกรรมควรพิจารณาเรื่องของการแนะนำพนักงานในการเปลี่ยนท่าทางจับมีดเพื่อลดผลของการกดทับในพื้นที่เดิม และควรพิจารณามีดปรับมุมเป็นทางเลือกในการปรับปรุงเครื่องมือในงานตัดแต่ง

คำสำคัญ : มุมมีด ท่าจับมีด การบาดเจ็บของกระดูกและกล้ามเนื้อ กระบวนการแปรรูปไก่

ABSTRACT

The upper extremity musculoskeletal disorders in poultry processing task have been indicated in many studies. Due to the risk factors, such as awkward posture and poor design of tools, etc. This study examined muscle activity and subjective feeling of discomfort and preference that effected from the knife angles and grip posture from six female employees which have met the inclusion criteria for improving the work instruction and evaluating the equipment in the poultry processing. Subjects performed in two knife-handle angles, 0° and 45°, with three grip postures. Activity in Extensor, Flexor, Brachioradialis and Upper Trapezius was monitored via surface electromyography (EMG). The discomfort and preference rate questionnaire was conducted after each treatment. The result showed that knife angle was significantly affected on the convenient rate and the straight handle was significantly convenient more than bent handle. The grip posture was significantly affected on discomfort feeling of some contacted areas. The grip posture and handle angle were not significant effect on muscle activities but bent knife trended to use lower muscle activities than straight knife. It can be conclude that the knife grip posture was affected on the discomfort. The industry may consider motivating worker to change their grip posture, in order to reduce to contact pressure in the same area. The bent handle knife should consider as another option to improve the tool in cutting task.

KEYWORDS: Knife angle Knife grip posture Musculoskeletal disorders Poultry processing

บทนำ

กลุ่มอาการการบาดเจ็บของกระดูกและกล้ามเนื้อในคนที่ตำแหน่งระยางค์บน อันเนื่องมาจากการทำงาน (Upper extremity work related musculoskeletal disorder :UE-WMSDs) เกิดขึ้นจากการเคลื่อนไหวซ้ำซาก การออกแรงในการทำงาน หรือการใช้งานอวัยวะและกล้ามเนื้อที่เกี่ยวข้องกับมือ ข้อมือ แขนและไหล่มากเกินไป และการทำงานในท่าทางที่ไม่เหมาะสม รวมทั้งการทำงานที่มีการเคลื่อนไหวน้อย (static loading) เนื่องจากสภาพการทำงานที่เป็นสาเหตุของการเกิดการบาดเจ็บแล้วนั้น การทำงานโดยมีการเคลื่อนไหวมืออย่างซ้ำซากในอุณหภูมิต่ำ ยังเป็นปัจจัยเสริมทำให้การบาดเจ็บของกระดูกและกล้ามเนื้อในคนที่ตำแหน่งระยางค์บนมากขึ้น และจัดเป็นปัญหาด้านสุขภาพในอุตสาหกรรมแปรรูปเนื้อไก่ (Grant KA, Habes DJ, 1997), (OHSA, 2004) ผลการศึกษาของ NIOSH (National Institute of Occupational Safety and Health) ในโรงงานแปรรูปไก่ของบริษัท Cargill Poultry พบอุบัติการณ์ของการเกิดการบาดเจ็บของระบบกระดูกและกล้ามเนื้อในคนที่ตำแหน่งระยางค์บนสูง และพบว่ามีความชุกสูงที่มือและข้อมือ(Sormunen E. et al, 2006) เช่นเดียวกับการศึกษาในโรงงานแปรรูปไก่ (Armstrong et al.1982) ซึ่งรายงานว่าลักษณะงานที่มีการเคลื่อนไหวซ้ำซากทำให้เกิดการบาดเจ็บที่ระบบกระดูกและกล้ามเนื้อ เช่น Carpal tunnel syndrome และ Tenosynovitis

แนวทางในการแก้ไขปัญหาระบบกระดูกและกล้ามเนื้อในกระบวนการแปรรูปไก่ประกอบด้วยการปรับปรุงเครื่องมือและอุปกรณ์ ในการทำงานสำหรับลักษณะงานซ้ำซาก โดยใช้หลักการทางการยศาสตร์ในการปรับเปลี่ยนอุปกรณ์มาใช้แทนการใช้มีดด้ามตรง เพื่อลดการงอของข้อมือ การใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วน

บุคคลที่เหมาะสม เพื่อป้องกันความเย็น และการนำหลักการบริหารจัดการเพื่อลดความถี่และระยะเวลาทำงาน (Hales T, Fine L., 1997) (Christensen H. et al, 2000)

สำหรับการศึกษาในอดีตที่ผ่านมาส่วนใหญ่ศึกษาเกี่ยวกับแรงกำ แรงหยิบ แรงกดของปลายนิ้ว หรือการทดลองใช้มีดหรือสถานีงานที่ออกแบบตามหลักการยศาตร์ ซึ่งข้อมูลเกี่ยวกับการศึกษาผลของท่าจับมีดในการตัดเฉือนที่ใช้ในอุตสาหกรรมมีอยู่น้อย โดยผลของการศึกษาในครั้งนี้ จะเป็นข้อมูลที่แนะนำท่าทางการจับและมุมมีดที่เหมาะสมสำหรับอุตสาหกรรมแปรรูปไก่ เพื่อลดความเสี่ยงต่อการบาดเจ็บในระบบกระดูกและกล้ามเนื้อในคนที่ตำแหน่งระยางค์บน

กรอบแนวคิดและทฤษฎี

เนื่องจากยังมีการศึกษาที่เกี่ยวข้องกับท่าทางในการจับและมุมมีดน้อย การศึกษาในครั้งนี้ จึงมีวัตถุประสงค์พื่อประเมินมุมของด้ามจับและท่าทางในการจับมีด สำหรับงานตัดเฉือน นอกจากนี้ จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่าการบาดเจ็บของกระดูกและกล้ามเนื้อในอุตสาหกรรมแปรรูปไก่มีอุบัติการณ์สูง ผู้วิจัยจึงต้องการศึกษาเกี่ยวกับปัจจัยเสี่ยงและการปรับปรุงเครื่องมือตามคำแนะนำทางการยศาสตร์ ท่าทางและอุปกรณ์เพื่อลดการงอและเบี่ยงเบนของข้อมือ และแขน ในการตัดแต่ง ได้นำมาใช้ศึกษา เพื่อเป็นข้อมูลในการลดความเสี่ยงของการบาดเจ็บของกระดูกและกล้ามเนื้อในอุตสาหกรรมแปรรูปไก่ โดยศึกษาความสัมพันธ์ของท่าทางและมุมของด้ามจับที่มีผลต่อการทำงานของกล้ามเนื้อที่เกี่ยวข้องโดยใช้EMG ระดับความรู้สึกเมื่อยและระดับความพึงพอใจ โดยมีทฤษฎีที่เกี่ยวข้องดังนี้

1. ระยางค์ส่วนบน (Upper extremity)

ประกอบด้วยโครงสร้างต่อไปนี้ ไหล่ (Shoulder) ต้นแขน (arm) ข้อศอก (elbow) ปลายแขน (forearm) ข้อมือ (wrist) มือ (hand) โดยมีกล้ามเนื้อเป็นส่วนสำคัญในการควบคุมการเคลื่อนไหว การจับเครื่องมือที่ใช้มือจับ โดยเฉพาะเครื่องมือที่ใช้กับงานละเอียดเช่น มีด หรือคีมจับ จะต้องใช้แรงจากกล้ามเนื้อในการควบคุมการทำงานของข้อมือและนิ้วมือ ด้วยเหตุนี้ นักวิจัยหลายๆท่านที่ทำการทดลองเกี่ยวกับอุปกรณ์ที่ใช้มือจับ จึงเลือกใช้เครื่อง EMG (Electromyography) ในการวัดแรงของกล้ามเนื้อในขณะจับอุปกรณ์

2. ความเสี่ยงและสาเหตุของการบาดเจ็บของกระดูกและกล้ามเนื้อ อาจมีความสัมพันธ์กับลักษณะงานหรือกิจกรรมส่วนบุคคล รวมทั้งปัจจัยที่ไม่ได้เกิดจากงานเช่น อายุ เพศ การเจ็บป่วย การตั้งครรภ์ เป็นต้น สำหรับปัจจัยที่เกิดจากในงาน เช่นการทำงานที่ออกแรงและเคลื่อนไหวซ้ำซาก ท่าทางการทำงาน การสั่นสะเทือน และความเย็น (Kroemer KHE.,1989) ในการทบทวนวรรกรรมของ Riley เกี่ยวกับการบาดเจ็บของกระดูกและกล้ามเนื้อในงานเลาะกระดูก สรุปปัจจัยเสี่ยงในงานที่มีผลต่อการบาดเจ็บดังนี้ 1. การทำงานซ้ำซาก 2. รอบการทำงานสั้น 3. การเคลื่อนไหวที่เกินช่วงขีดจำกัดการเคลื่อนไหว 4. ความเร็วในการทำงาน 5.การออกแรงในการตัด การจับด้าม การใช้แรงในมือที่ไม่ได้ถือมีด 6. การทำงานในท่าทางที่เป็น static 7. การทำงานในอุณหภูมิต่ำ 8. ขาดการพักรักษา 9. ความบกพร่องเนื่องจากการบริหารจัดการในองค์กร เช่น ขาดการฝึกอบรม ขาดการดูแลเรื่องสุขภาพ และการจ่ายค่าใช้จ่ายตามจำนวนชิ้นที่ทำได้ (Riley, 1998)

3. อุปกรณ์ที่ใช้มือจับ

อุปกรณ์ที่ใช้มือจับมีความเกี่ยวข้องกับการบาดเจ็บของระบบกระดูกและกล้ามเนื้อแบบเฉียบพลันและการบาดเจ็บแบบเรื้อรัง อันเนื่องจากการทำงานซ้ำซากเป็นเวลานานหรือการใช้งานที่ไม่เหมาะสม ส่งผลต่อการบาดเจ็บของกระดูกและกล้ามเนื้อบนระยางค์ส่วนบน อย่างไรก็ตามการบาดเจ็บดังกล่าวสามารถลดลงได้จากการออกแบบเครื่องมือเพื่อความสะดวกในการทำงานตามหลักการยศาสตร์ (Dababneh A., 2004) การศึกษาด้วยเครื่องวัดสัญญานไฟฟ้ากล้ามเนื้อ surface electromyography (EMG) ในการจำลองการตัดแต่งเนื้อพบว่าความเค้นต่อระบบกระดูกและกล้ามเนื้อในงานแปรรูปเนื้อสามารถเปลี่ยนแปลงได้ด้วยการแก้ไขและออกแบบเครื่องมือและสถานีงาน. (Grant KA, Habes DJ, 1997)

มีดด้ามตรง สำหรับการใช้งานบนพื้นผิวระนาบ ส่งผลให้พนักงานต้องงอและเบนข้อมือ ซึ่งความเสี่ยงต่อการบาดเจ็บจะเพิ่มมากขึ้นจากการทำงานด้วยท่าทางที่ไม่เหมาะสมประกอบกับการทำงานซ้ำซาก หรือการออกแรงที่นิ้วมือเป็นเวลายาวนาน คนงานมักจะต้องใช้ออกแรงที่นิ้วมือเพื่อควบคุมมีดขณะทำการตัดแต่ง โดยเฉพาะเมื่อสวมใส่ถุงมือ,มือเย็น,ด้ามจับลื่น,มีดไม่คมและชิ้นเนื้อถูกแช่แข็งไว้ โดยท่าทางที่เหมาะสมในการทำงานควรจัดให้ข้อมือตรงในท่า neutral ซึ่งการใช้ด้ามมีดที่ทำการหักมุมจะช่วยให้ข้อมืออยู่ในท่าที่เหมาะสมในระหว่างการตัดแต่ง นอกจากนี้การที่จัดให้มีด้ามจับหลายขนาดยังช่วยลดแรงของนิ้วมือที่ต้องใช้อันเนื่องมากจากด้ามจับที่เล็กหรือใหญ่เกินไป การปรับเอียงเขียงยังช่วยลดการเบี่ยงเบนของข้อมือหากการใช้มีดหักมุมยังไม่เหมาะสม การเลือกวัสดุที่ทำถุงมือและด้ามจับมีดที่เพิ่มแรงเสียดทานในการจับยังช่วยให้การออกแรงของนิ้วมือลดลง (Tappin, D., 2006) (OSHA. 2005) การปรับปรุงมีดต้องพิจารณาความเสียดทางระหว่างมือและด้ามจับโดยแรงเสียดทานที่ด้ามจับที่ต่ำทำให้ต้องออกแรงในการตับมีดมากขึ้น เป็นการเพิ่มความเสี่ยงของการบาดเจ็บของกระดูกและกล้ามเนื้อ (Claudon L., 2006) นอกจากนี้แรงในการตัดยังขึ้นกับความคมของใบมีดด้วย (Marsot et al., 2007)

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เป็นการศึกษาท่าทางการจับมีดและมุมมีดที่กำหนดให้ ในงานตัดเฉือนที่มีผลต่อการออกแรงของกล้ามเนื้อ ความรู้สึกเมื่อย และความพึงพอใจ เพื่อใช้ในการรับปรุงในงานและประเมินความเหมาะสมของอุปกรณ์ที่ใช้ในงานตัดแต่งในอุตสาหกรรมแปรรูปไก่

สมมติฐาน

1. มุมมีดและท่าจับมีดมีผลต่อการทำงานของกล้ามเนื้อบนระยางค์บน
2. มุมมีดและท่าจับมีดมีผลต่อระดับความรู้สึกไม่สบายบนระยางค์ส่วนบน และระดับความพึงพอใจ

วิธีการดำเนินการวิจัย

เป็นการศึกษาปัจจัยระหว่างมุมใบมีดและท่าทางในการจับ ที่มีผลต่อความเสี่ยงของการบาดเจ็บในระบบกระดูกและกล้ามเนื้อของระยางค์บน (Upper extremity musculoskeletal disorder) เนื่องจากการทำงานตัดแต่งในอุตสาหกรรมแปรรูปเนื้อไก่ โดยให้ผู้ร่วมทดลองทำการตัดเฉือนบนเนื้อไก่ เพื่อศึกษาผลของท่าทางการจับมีดที่แตกต่างกันและมุมของใบมีด ที่มีต่อภาระของกล้ามเนื้อที่เกี่ยวข้อง ร่วมกับการตอบแบบสอบถามเกี่ยวกับความ

เมื่อยล้าและความพึงพอใจของการจับมีดแต่ละท่าทางและการใช้มุมใบมีดที่แตกต่างกันในการตัดเฉือน ในกลุ่มของพนักงานเพศหญิงในอุตสาหกรรมแปรรูปไก่ โดยมีขั้นตอนการเก็บข้อมูลดังนี้

1. การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่าง มาจากอาสาสมัครพนักงานหญิงในอุตสาหกรรมแปรรูปเนื้อไก่ที่มีสุขภาพแข็งแรง โดยมีคุณสมบัติตรงตามเกณฑ์การคัดเลือกผู้ร่วมทดลองดังนี้

- อายุระหว่าง 18- 40 ปี
- พนักงานใหม่ที่มีประสบการณ์ในการตัดแต่งน้อยกว่า 4 เดือน หรือเป็นพนักงานที่ไม่มีทักษะในการตัดแต่งเนื้อไก่
- BMI ระหว่าง 18.5 - 24.9 kg/m^2
- ไม่มีประวัติเกี่ยวกับโรคระบบกระดูกและกล้ามเนื้อ หรือกิจกรรมอื่นๆที่ทำให้เกิดการเคลื่อนไหวซ้ำซากของมือและแขน ซึ่งอาจส่งต่อการเกิดการบาดเจ็บของกระดูกและกล้ามเนื้อ
- ไม่อยู่ในระหว่างการตั้งครรภ์
- ไม่มีประวัติของโรคผิวหนัง หรือการแพ้ต่อวัสดุที่มาติดที่ผิวหนัง

2. การชี้แจงกลุ่มตัวอย่าง โดยทำการชี้แจงกลุ่มตัวอย่างให้ทราบถึอวัตถุประสงค์ของการวิจัย วิธีการวิจัย อันตราย หรืออาการที่อาจเกิดขึ้นจากการวิจัย รายละเอียดในเรื่องการให้ความเคารพในคน การให้ประโยชน์ และความยุติธรรมต่อผู้ยินยอมตนให้ทำวิจัย และประโยชน์ที่จะได้จากการวิจัยครั้งนี้ต่อส่วนรวมและกลุ่มตัวอย่างเอง และทำการขอความยินยอมตนจากกลุ่มตัวอย่างที่เข้าร่วมการวิจัย

3. เก็บข้อมูลการทำงานของกล้ามเนื้อที่เกี่ยวข้อง โดยการวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ ขณะทำการตัดเฉือนในแต่ละท่าจับมีด ด้วยเครื่อง Surface Electromyography โดยการติดหัว sensor ด้วยกระดาษกาวเพื่อป้องกันการเคลื่อนที่ของ sensor ลงบนผิวหนังเหนือมัดกล้ามเนื้อของระยางค์บน บริเวณมัดกล้ามเนื้อแขนที่ควบคุมการทำงานของข้อมือ มือ และนิ้วมือที่จะทำการศึกษา ดังนี้ 1.Extensor bundle 2.Flexor bundle 3.Brachioradialis 4.Upper Trapezius ซึ่งการติดหัว sensor ด้วยกระดาษกาว จะไม่ทำให้เกิดความรู้สึกเจ็บปวดต่อผู้ทดลอง ข้อมูลการทำงานของกล้ามเนื้อจะถูกเก็บเข้า data logger ที่คาดไว้กับเข็มขัดที่บริเวณเอวของผู้ทดลอง ซึ่งส่งข้อมูลไปยังคอมพิวเตอร์ที่ติดตั้งบริเวณทำการทดลอง โดยข้อมูลจะถูกแปลงผลอัตโนมัติในคอมพิวเตอร์ด้วย โปรแกรมสำเร็จรูปของเครื่องมือ

4. เก็บข้อมูลประเมินระดับความรู้สึกพึงพอใจในท่าทางการจับและมุมมีดที่ใช้ในการทดลองด้วยแบบสอบถามระดับ 0-7 โดย 0 ในการประเมินระดับความรู้สึกพึงพอใจ หมายถึง รู้สึกสะดวกและกระชับน้อยที่สุด ส่วน 7 หมายถึง รู้สึกสะดวกและกระชับมากที่สุด

5. เก็บข้อมูลระดับความรู้สึกปวดเมื่อยของแต่ละอวัยวะในระยางค์บน โดยใช้แผนภาพแสดงส่วน บนระยางค์ส่วนบน สำหรับการประเมินความรู้สึกไม่สบาย โดยระดับ 0 หมายถึง ไม่มีความรู้สึกไม่สบาย ส่วน 7 หมายถึง รู้สึกไม่สบายมากที่สุด โดยให้ผู้ร่วมทำการทดลองทำการประเมินภายหลังจากการตัดเฉือนแต่ละท่าจับมีด ตามวิธีการตัดเฉือนที่กำหนดให้ในการวิจัย เป็นระยะเวลาต่อเนื่อง 5 นาที และทำการหยุดพักการตัดเฉือนเป็นเวลา 10 นาที ทั้งระยะเวลาในการทดลองที่กำหนดในการวิจัย เพียงพอที่จะทำให้ผู้ทดลองสามารถระบุความเมื่อยล้าระหว่างท่าทางแต่ละท่า ในการจับมีดที่มุมมีดต่างกันตามที่กำหนด เนื่องจากท่าทางในการจับจะทำให้เกิด

Static load ที่มือและนิ้วมือ ในขณะที่การเคลื่อนไหวของข้อมือตามวิธีที่กำหนดให้ในการตัดเฉือน อย่างต่อเนื่อง จะทำให้เกิดภาระงานจากการทำงานซ้ำซาก (Repetitive load) ที่มีรอบการทำงานซ้ำ น้อยกว่า 30 วินาที

สถิติที่ใช้ในการทดสอบ

1. สถิติเชิงพรรณนาในการอธิบายข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่างและข้อมูลจากแบบสอบถาม

2. ทดสอบผลของมุมมีดและท่าจับที่แตกต่างกัน ต่อการทำงานของกล้ามเนื้อ ระดับความรู้สึกไม่สบาย และระดับความพึงพอใจ โดยใช้ ANOVA ในการทดสอบ

สรุปผลการวิจัย

1. ท่าจับมีดและมุมระหว่างด้ามจับและใบมีดไม่มีผลต่อการทำงานของกล้ามเนื้อ Extensor, Flexor, Brachioradialis และ Upper Trapezius อย่างมีนัยสำคัญที่ 0.05 อย่างไรก็ตาม มีดหักมุมมีแนวโน้มของการทำงานกล้ามเนื้อต่ำกว่ามีดด้ามตรง

2. มุมระหว่างด้ามจับและใบมีดไม่มีผลต่อระดับความรู้สึกไม่สบาย อย่างมีนัยสำคัญที่ 0.05

3. ท่าจับมีดมีผลต่อระดับความรู้สึกไม่สบายในบางบริเวณที่สัมผัสกับด้ามจับ อย่างมีนัยสำคัญที่ 0.05

4. ท่าจับมีดและมุมมีดไม่มีผลต่อระดับความรู้สึกกระชับ อย่างมีนัยสำคัญที่ 0.05

5. มุมระหว่างด้ามจับและใบมีดมีผลต่อระดับความรู้สึกสะดวก อย่างมีนัยสำคัญที่ 0.05

6. มีดด้ามตรงมีระดับความรู้สึกสะดวกมากกว่ามีดปรับมุมที่ 45° อย่างมีนัยสำคัญที่ 0.05

7. ท่าจับมีดไม่มีผลต่อระดับความรู้สึกสะดวก อย่างมีนัยสำคัญที่ 0.05

8. สำหรับมีดด้ามตรง ผู้ร่วมทดลองมีความพึงพอใจในท่าจับมีด B สูงสุดโดยมีการทำงานของกล้ามเนื้อต่ำกว่าท่าจับอื่นๆ ในขณะที่ผู้ร่วมทดลองมีความพึงพอใจในท่าจับมีด A สูงสุดโดยมีการทำงานของกล้ามเนื้อต่ำกว่าท่าจับอื่นๆ สำหรับมีดหักมุม

อภิปรายผล

ผลของการวัดการทำงานของกล้ามเนื้อ Extensor, Flexor, Brachioradialis และ Upper Trapezius ในรูป EMG normalization (%MVC) โดยผลจากการทดลองพบว่าท่าจับและมุมมีดไม่ส่งผลต่อการทำงานของกล้ามเนื้ออย่างมีนัยสำคัญ แต่พบแนวโน้มที่มีดปรับมุม 45° มีการทำงานของกล้ามเนื้อต่ำกว่ามีดด้ามตรง ซึ่งในผลการศึกษาอื่นๆพบว่า มุมมีดมีผลต่อการใช้งานตัดแต่งโดย Hsiang et al. พบว่ามีดปรับมุม 45° มีช่วงการเบี่ยงเบนของข้อมือน้อยที่สุด(Hsiang et al., 1997) ในขณะที่ McGorry R.W. et al. พบว่ามีดปรับมุม 30° ต้องออกแรงในการจับมากกว่ามีดด้ามตรง (McGorry R.W. et al, 2004)

ผลการประเมินระดับความรู้สึกไม่สบายของระยางค์ส่วนบน จากการทดลองพบว่ามุมมีดไม่มีผลต่อความรู้สึกไม่สบาย ในขณะที่ท่าจับมีดมีผลต่อระดับความรู้สึกไม่สบายในพื้นที่ที่สัมผัสกับมีด อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Welcome D. et al. ที่ระบุว่าเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามจับหรือบริเวณที่สัมผัสที่มีขนาดเล็ก เป็นสาเหตุของแรงกดที่มากขึ้นระหว่างมือและผิวของด้ามจับ (D. Welcome et al, 2004)

ผลการประเมินระดับความรู้สึกพึงพอใจในท่าทางจับมีดและมุมมีด พบว่ามุมมีดมีผลต่อระดับความรู้สึกสะดวก โดยพบว่ามีดมุม 0° มีระดับความรู้สึกสะดวกมากกว่ามีดมุม 45° อย่างมีนัยสำคัญ โดยผลของการศึกษานี้

อาจมีผลเนื่องจากประสบการณ์ในอดีตของผู้ร่วมทดลอง หรือระยะเวลาในการทดลองใช้มีดและท่าจับที่น้อยเกินไป ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Dababneh A. et al ที่พบความแต่ต่างอย่างมีนัยสำคัญของผลประเมินระดับความสะดวกสบายของการใช้เครื่องมือช่าง ระหว่างผู้ร่วมทดสอบที่เป็นนักการยศาสตร์ ผู้ทดสอบที่มีทักษะในการใช้เครื่องมือช่าง และผู้ทดสอบที่ไม่มีทักษะในการใช้เครื่องมือช่าง (Dababneh A. et al,2004).

ข้อเสนอแนะ

1. ผลการศึกษาพบว่าท่าจับมีดมีผลต่อระกับความรู้สึกไม่สบายในบริเวณที่สัมผัสกับด้ามจับ ในส่วนของภาคอุตสาหกรรมควรพิจารณาเรื่องการรณรงค์ให้พนักงานเปลี่ยนท่าทางในการจับมีด เพื่อลดแรงกดในพื้นที่เดิม

2. ควรนำความถี่ของการตัดแต่งมาพิจารณาเป็นตัวแปรในการศึกษาผลกระทบต่อการทำงานของกล้ามเนื้อ และระดับความรู้สึกไม่สบาย

3. ควรพิจารณาผลกระทบของท่าทางการจับและมุมจีบที่มีต่ออัตราการผลิต ภายหลังที่พนักงานได้รับการฝึกฝนการใช้จับที่หลากหลายและมีดหักมุมด้วยวิธีการตัดแต่งจริงที่มีความซับซ้อน

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความช่วยเหลือจาก อาจารย์ นายแพทย์ สุทธินันท์ ฉันท์ธนกุล อาจารย์ที่ปรึกษา, อาจารย์ ดร.คีรินท์ เมฆโหรา และรศ.ดุสิต สุจิรารัตน์ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม และ ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร. ประจวบ กล่อมจิตร ที่ให้การสนับสนุนในเครื่องมือวัด ขอบพระคุณผู้บังคับบัญชาใน บริษัท อาหารเบทเทอร์ จำกัด ที่ให้โอกาสและสนับสนุนในการศึกษารวมทั้งงานวิจัยครั้งนี้ ขอบคุณผู้ร่วมวิจัยทุกท่านที่สละเวลาทดลอง ขอบคุณครอบครัวและเพื่อนๆที่ให้กำลังใจ ให้ความสนันสนุนให้งานวิจัยนี้ประสบผลสำเร็จไปได้ด้วยดี

รายการอ้างอิง

Armstrong TJ, Foulke JA, Joseph BS, Goldstein SA. 1982."Investigation of cumulative trauma disorders in a poultry processing plant". **American Industrial Hygiene Association Journal**.43(2):103 - 116.

Christensen H.,Sogaard K.,Pilegaard M.,Olsen H.B. 2000." The importance of the work/rest pattern as a risk factor in repetitive monotonous work". **International Journal of Industrial Ergonomics**,25(4): 367-73.

Claudon L.2006."Influence on grip of knife handle surface characteristics and wearing protective gloves" Applied Ergonomics.37,729–735

Grant KA, Habes DJ. 1997. "An electromyography study of strength and upper extremity muscle activity in simulated meat cutting tasks" **Applied Ergonomics**.28 (2):129-137.

Dababneh A, Lowe B, Krieg E, Kong Y-K, Waters T. 2004. "Ergonomics -- A Checklist for the Ergonomic Evaluation of Nonpowered Hand Tools". **Journal of Occupational and Environmental Hygiene**. 1(12):135 - 45.

Hales T, Fine L. 1997 "Hazard evaluation and technical assistance report: Cargill Poultry Division, Buena Vista, GA" NIOSH Report No.HHE 89.251.1997, Retrieved February 17, 2009, from http://www.cdc.gov/niosh/hhe/reports/pdfs/1989-0251-1997.pdf.

Hsiang, S., R.W. McGorry, I. Bezverkhny. 1997. "The use of Taguchi's methods for the evaluation of industrial knife design". **Ergonomics**. 40(4):476-490.

Kroemer KHE. 1989. "Cumulative trauma disorders: Their recognition and ergonomics measures to avoid them". **Applied Ergonomics**. 20, 4:274-80.

Marsot, J., Claudon, L., & Jacqmin, M.2007. "Assessment of knife sharpness by means of a cutting force measuring system" **Applied Ergonomics**. 38(1), 83-89.

McGorry R W., Dempsey P.G., O'Brien N.V. 2004."The effect of workstation and task variables on forces applied during simulated meat cutting". **Ergonomics**.47, 15:1640 – 1656

OSHA.2004. "Ergonomic for the prevention of musculoskeletal disorder guidelines for poultry processing" Guidelines for Meatpacking Plants, Retrieved January 24, 2011, from http://www.osha.gov/ergonomics/guidelines/poultryprocessing/index.html

OSHA.2005. Poultry Processing Industry etool. Retrieved May 25, 2009, from http://www.osha.gov/SLTC/etools/poultry/index.html

Riley D. 1998. Musculoskeletal disorders in meat de-boning work: a review of the literature (No. EWP/98/14). Sheffield UK: Health & Safety Laboratory.

Sormunen E, Oksa J, Pienimki T, Rissanen S, Rintamki H. 2006."Muscular and cold strain of female workers in meatpacking work" **International Journal of Industrial Ergonomics**. 36(8):713-720.

Tappin, D., Moore, D., Ashby, L., Riley, D., Bentley, T. & Trevelyan, F. 2006. "Musculoskeletal Disorders in Meat Processing: A review of the literature for the New Zealand meat processing industry". **COHFE Report ISSN 1174 – 1234**, Vol. 7 No 1. Retrieved February 24, 2009, from http://www.scionresearch.com/__data/assets/pdf_file/0003/16095/COHFE-MSDinMeatProcessing64.pdf

Welcome D., Rakheja S., Dong R.,Wu J.Z., Schopper A.W..2004. "An investigation on the relationship between grip, push and contact forces applied to a tool handle" **International Journal of Industrial Ergonomics**. 34: 507–518.

การออกแบบชุดอุปกรณ์พยุงเครื่องมือทอพรมตามหลักการยศาสตร์เพื่อลดการทำงานของกล้ามเนื้อของพนักงานหญิง ในโรงงานผลิตพรมตัวอย่างในประเทศไทย

ERGONOMICS DESIGN OF ACCESSORY BALANCER SET FOR HAND TUFT GUN TO REDUCING MUSCULAR ACTIVITY OF FEMALE WORKERS IN THE THAILAND CARPET FACTORY

ปวีณา ลามมะเริง

นักศึกษาปริญญาโท สาขาวิชาสุขศาสตร์อุตสาหกรรมและความปลอดภัย

คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

E-mail: Paweena2523@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานทอพรมด้วยมือเป็นการทำงานที่ใช้เครื่องมือในการผลิตพรม โดยเครื่องมือมีน้ำหนักประมาณ 3.1 กิโลกรัม เป็นการทำงานที่ซ้ำซาก มีการทำงานที่ใช้ท่าทางไม่เหมาะสม มีการออกแรงมากในการทำงานกับเครื่องมือ และมีการทำงานที่ต้องงอข้อมือ ซึ่งทำให้เกิดความเมื่อยล้าและเกิดความเสี่ยงต่อการบาดเจ็บรยางค์ส่วนบน จากการสำรวจปัญหาจากการทำงานทอพรมด้วยมือจากพนักงานผลิตพรมทอมือในโรงงานตัวอย่างในประเทศไทยจำนวน 75คน พบว่าพนักงานมีความเมื่อยล้าแขนขวาส่วนบน 54.69% ,แขนขวาส่วนล่าง 46.88% , และไหล่ขวา 40% ตามลำดับ ดังนั้นจึงได้ดำเนินการวิจัยโดยนี้ มีวัตถุประสงค์ในการศึกษาผลของการออกแบบชุดอุปกรณ์พยุงเครื่องมือเพื่อลดการทำงานของกล้ามเนื้อ โดยอาศัยหลักการลดน้ำหนักของเครื่องมือทอพรม (Hand tufted gun) จาก 3.1 กิโลกรัมเป็น 1.5 กิโลกรัม การศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษากึ่งการทดลอง โดยทดลองในกลุ่มพนักงานผลิตพรมทอมือเพศหญิงด้วยวิธีการสุ่ม จำนวน 20 คนจากพนักงานทอพรม 75 คน โดยไม่มีประวัติเจ็บป่วยด้วยโรคกล้ามเนื้อและกระดูก โดยกลุ่มตัวอย่างพนักงานทอพรมด้วยมือมีอายุเฉลี่ย 36.60 ปี และสูง เฉลี่ย 160.35 เซนติเมตร ประสบการณ์ในการผลิตพรมทอมือ เฉลี่ย 10.27 ปี ในการศึกษาจะเปรียบเทียบผลการทำงานของกล้ามเนื้อ 4 ชุด Bicep Tricep Deltiod และ Trapezius ระหว่างการทดลองในการผลิตพรมที่ใช้และไม่ใช้ชุดอุปกรณ์พยุงเครื่องมือโดยทดสอบกับการทอพรม 3 แนว ได้แก่ แนวตั้ง แนวนอน และแนวเฉียง 45 องศา โดยทำการประเมินความรู้สึกเมื่อยล้าเฉพาะส่วนด้วยแบบสอบถามและ วัดการทำงานกล้ามเนื้อด้วยเครื่อง Electromyography (EMG) แบบ Root Mean Square (RMS) นำการทำงานกล้ามเนื้อเทียบกับทำการออกแรงสูงสุดเปรียบเทียบเป็น % MVC แต่ละมัดกล้ามเนื้อ นำผลความรู้สึกเมื่อยล้าเฉพาะส่วนจากแบบสอบถามและการทำงานของกล้ามเนื้อทำการเปรียบเทียบระหว่างก่อนใช้และหลังใช้เครื่องช่วยพยุงเครื่องมือด้วย วิเคราะห์ด้วยโปรแกรม SPSS ด้วย paired t-test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ผลการศึกษาจากการประเมินความรู้สึกเมื่อยล้าจากแบบสอบถามขณะผลิตพรมทอมือ โดยใช้อุปกรณ์พยุงเครื่องมือเมื่อเปรียบเทียบกับเครื่องมือเดิมในการทอพรมแนวตั้งพบว่ามีความรู้สึกเมื่อยล้ากล้ามเนื้อ Biceps,

deltoid และ trapezius ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ผลการประเมินการทำงานของกล้ามเนื้อด้วยการวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อพบว่าการทำงานของกล้ามเนื้อโดยใช้อุปกณ์พยุงเครื่องมือเมื่อเปรียบเทียบกับการทอที่ใช้เครื่องมือเดิม กล้ามเนื้อ deltoid ทำงานลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) เมื่อพิจารณาตามลักษณะลายที่ทอพบว่ากล้ามเนื้อ biceps และ deltoid มีแนวโน้มลดลง ในการทอพรมแนวตั้ง สำหรับแนวนอนกล้ามเนื้อ deltoid และ trapezius แนวโน้มลดลง และแนวเฉียงกล้ามเนื้อ triceps และ deltoid มีแนวโน้มลดลง ซึ่งจากการทดลองครั้งนี้สามารถสรุปได้ว่าการทอพรมโดยใช้อุปกรณ์พยุงสามารถลดการทำงานของกล้ามเนื้อ deltoid อย่างมีนัยสำคัญ

คำสำคัญ : ชุดช่วยพยุงน้ำหนัก, Hand tufted gun, ความเมื่อยล้าเฉพาะที่, การทำงานของกล้ามเนื้อ, เครื่องวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ, ค่าออกแรงสูงสุดของกล้ามเนื้อ, Root Mean Square (RMS)

ABSTRACT

Carpet hand weaving use hand tufted gun, weight 3.1 kilograms in process, in were exposed to varying degrees of repetitive and forceful hand and wrist motions with non ergonomics hand tools and they seemed to be fatigue and increased risk of developing upper limbs musculoskeletal symptoms. Result from survey about the health status of 75 Hand tufted worker in the carpet factory, the result shows that Hand tufted worker have problem about muscle fatigue which occurred on mostly upper arms 54.69%, forearm 46.88% ,right shoulder 40% respectively. The study aimed to study result of design balancer set to reduce muscular activity on Hand tuft operation in carpet factory , improved design is mainly base on ergonomics principles by reduced hand tufted gun weight from 3.1 kilograms to 1.5 kilograms by design balancer set in Hand tuft process. This quasi-experimental research design was carried with 20 from 75 female hand tufted operator. All subjects had no record of serious illness or no musculoskeletal injuries, average age were 36.16 years old ,weight, height were 57.65 kilograms,160.35 centimeters respectively. They had worked as hand tufted operator for 10.27 years . In this study to muscular activity 4 muscle as Bicep, Tricep, Deltiod and Trapezius ,experiments in 3 pattern : vertical, horizontal and diagonal, applied to the same subject group as current operation and improved design. The subjects would interviewed by using questionnaire to show their muscular fatigue. While an electromyography was used to display their muscular , also display root mean square (RMS) was used for the calculation of %MVC throughout experiment. Statistical analyses were computed with SPSS 16 for window analysis by SPSS version 16, paired t-test.

The results of this study were evaluation of fatigue feeling of specific targets; by interview and using questionnaire before and after measurement , in vertical pattern showed biceps, deltoid and trapezius muscular fatigue feeling while the subjects were working on improved design was significantly less than while they working on current operation ($p <0.05$), The horizontal pattern, triceps and trapezius muscular fatigue feeling while the subjects were working on improved design was significantly more than while they working on

current operation (p <0.05). The slide pattern which indicate the subjects were working on improved design and current operation was not significantly difference with 95% of confidence interval (p <0.05) ,however biceps and deltoid muscle fatigue feeling decrease. The evaluation of muscular activity by electromyography result showed mean % MVC while the subjects were working on current operation and improved design in total task , muscular activity of deltoid muscle while the subjects were working on improved design was significantly more than while they working on current operation (p <0.05) and biceps muscle activity decrease. For consider each pattern, in vertical pattern: mean % MVC of biceps and deltoid muscle activity decrease, horizontal pattern; mean % MVC of deltoid and trapezius muscle activity decrease and slide pattern: mean % MVC of triceps and deltoid muscle activity decrease.

KEYWORDS : Balancer set, Hand tufted gun, Subjective Feeling Fatigue, Muscular activity, Electromyography, Maximum voluntary contraction (MVC) , Root Mean Square (RMS)

บทนำ

ในการศึกษาการผลิตพรมทอมือในประเทศต่าง ๆ เช่น อิหร่าน จีน ตุรกี อินเดีย ปากีสถาน รัสเซีย อียิปส์ เนปาลและอาฟกานิสถานพบว่าการทอพรมด้วยมือล้วนมีการใช้เครื่องมือในการทำงานเพื่อให้ได้ผลผลิตตามที่ต้องการ และยังพบว่ามีการออกแบบเครื่องมือไม่เหมาะสมกับผู้ใช้หรืองานที่ทำ การออกแบบเครื่องมือที่ใช้ในการทอพรมไม่สอดคล้องกับหลักการยศาสตร์ เช่น ขนาดการจับ น้ำหนักของอุปกรณ์มากกว่า 1.8กิโลกรัม นอกจากนี้การทำงานด้วยท่าทางที่ไม่เหมาะสม ลักษณะงานที่ทำซ้ำซาก ระดับความสูงของการทำงานทำให้ต้องออกแรงในการยกก่อให้เกิดแรงกดที่กล้ามเนื้อไหล่,แขน,ฝ่ามือและนิ้วทำให้ส่งผลกระทบต่อสุขภาพในระยะยาว ทำให้เกิดการบาดเจ็บในอัตราที่สูงขึ้น

จากการศึกษาขั้นตอนการผลิตพรมทอด้วยมือในโรงงานตัวอย่างในประเทศไทย มีการใช้เครื่องมือทอพรมไฟฟ้าเพิ่มความเร็วในการผลิต โดยลักษณะเครื่องทอพรมไฟฟ้ามีน้ำหนักประมาณ 2.5-3.1 กิโลกรัม มีใช้แขนด้านขวาในการรับน้ำหนักหลักและใช้แขนด้านซ้ายในการประคอง จากการสำรวจปัญหาเกี่ยวกับความเมื่อยล้าจากการพนักงานทอพรมด้วยมือจำนวน75คน พบว่ามีอาการเมื่อยล้ากล้ามเนื้อบริเวณรยางค์ส่วนบนด้านขวามากกว่าด้านซ้าย โดยมีอาการเมื่อยล้าแขนส่วนบน (upper arm) 54.69% , แขนส่วนหน้า (forearm) 46.88% , ไหล่ขวา 40% ตามลำดับ อาการเมื่อยล้าดังกล่าวอาจเกิดจากการทำงานด้วยท่าทางที่ไม่ถูกต้อง การทำงานหนักด้วยเครื่องทอพรมที่มีน้ำหนักต่อเนื่องเป็นเวลานาน การใช้แขนทำงานเคลื่อนไหวอย่างซ้ำซาก การใช้แขนทำงานที่ระดับความสูงเหนือไหล่ ซึ่งปัญหาดังกล่าวจำเป็นจะต้องได้รับการแก้ไขและปรับปรุงให้ผู้ปฏิบัติงานมีความเมื่อยล้าจากการทำงานเปลี่ยนแปลงไป ซึ่งการแก้ไขปัญหาดังกล่าว สามารถที่จะทำโดยการปรับปรุงเครื่องมือในการทำงานให้เหมาะสมกับพนักงานผู้ใช้

ผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาการทอพรมด้วยมือของบริษัทผลิตพรมทอมือตัวอย่างในประเทศไทย โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลการปรับปรุงเครื่องมือใช้งานของการทอพรมด้วยมือด้วยหลักการใช้เครื่องช่วยพยุงสำหรับการทอพรมด้วยมือ เพื่อลดความเมื่อยล้าจากการผลิตพรมทอมือในบริษัทตัวอย่างในประเทศไทย ผู้วิจัย

จึงสนใจศึกษาผลการปรับปรุงเครื่องมือใช้งานของการทอพรมด้วยมือด้วยหลักการใช้เครื่องช่วยพยุงสำหรับการทอพรมด้วยมือ เพื่อลดความเมื่อยล้าจากการผลิตพรมทอมือในบริษัทตัวอย่างในประเทศไทย

กรอบแนวคิดและทฤษฎี

ในปัจจุบันประเทศไทยมีการส่งออกพรมเป็นอุตสาหกรรมสิ่งทอและเส้นใยอย่างหนึ่งซึ่งมีเปอร์เซ็นการส่งออกร้อยละ 35 ซึ่งสูงกว่าการส่งออกสิ่งทอและเส้นใยประเภทอื่น ถือได้ว่าเป็นรายได้ที่สำคัญในหมวดอุตสาหกรรมสิ่งทอและเส้นใย นอกจากนี้ยังคงมีแนวโน้มมูลค่าการส่งออกที่ขยายตัวเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง ปัจจุบันโรงงานผลิตพรมทอมือได้นำเอาเทคโนโลยีใหม่ๆ มาใช้ โดยเฉพาะเครื่องมือ (power hand tool) เป็นเครื่องมือชนิดที่ใช้พลังงานอื่นร่วมในการทำงาน (power hand tool) เป็นสิ่งที่มีประโยชน์ช่วยในการผลิตงานให้มีผลผลิตที่สูงกว่าการทำงานด้วยเครื่องมือปกติ (hand tool) ที่ใช้แรงงานในการผลิตอย่างเดียว แต่การใช้พลังงานไฟฟ้าหรือแรงดันลมประกอบการทำงานทำให้ขนาด น้ำหนัก การสั่นสะเทือนและแรงกดของเครื่องมือที่เพิ่มสูงขึ้น การใช้เครื่องมือที่มีลักษณะใช้งานซ้ำ ๆ เพื่อทำงานต่อเนื่องเป็นเวลานานจะส่งผลต่อการบาดเจ็บของร่างกายโดยเฉพาะส่วนของมือ ข้อมือแขน เนื่องจากมีการใช้แรงปริมาณมากเกินไป บางครั้งอาจไม่มากแต่มีการทำซ้ำเป็นเวลานานก็เป็นเหตุให้อวัยวะและเนื้อเยื่อในร่างกายเกิดความเสียหายรวมถึงการกดทับของระบบประสาทได้

คุณลักษณะที่สำคัญต่อการออกแบบและเลือกใช้เครื่องมือคือความสามารถและข้อจำกัดต่างๆ ได้แก่

1. เมื่อยล้า การเลือกใช้เครื่องมือควรคำนึงถึงการใช้ แรง Static ที่เหมาะสม

2. เครื่องมือที่ใช้จะต้องมีความสัมพันธ์กับงานที่ทำและต้องให้ร่างกายสามารถใช้แรงกล้ามเนื้อ แขนและมือได้อย่างเต็มที่

3. เสียงและการสั่นสะเทือนจากเครื่องมือกล ทำให้เกิดแรงเค้นที่มือ ทำให้มืออาจชาหมดความรู้สึกได้ ถ้าเครื่องมือที่ต้องใช้เวลาการทำงานนาน ๆ จะต้องมีอัตราการเร่งที่สูงขึ้น จำทำให้การทำงานเสร็จเร็วขึ้นและลดแรงกดที่ฝ่ามือได้

4. เครื่องมือที่ต้องใช้มือสองมือในการทำงานจะต้องระมัดระวังมากขึ้น เพราะอาจทำให้นิ้วมือ หรือมือกระทบ หนีบกันระหว่างการทำงาน

5. ควรใช้เครื่องมือให้ถูกต้องกับการใช้งาน ไม่ควรใช้เครื่องมือผิด

6. น้ำหนักของเครื่องมือควรมีน้ำหนักไม่เกิน 2.3 กิโลกรัม (5 ปอนด์) ถ้าระหว่างทำงานเครื่องมือนั้นห่างออกจากตัวของผู้ใช้หรือต้องใช้เครื่องมือยกขึ้นสูงกว่าระดับบ่าของผู้ใช้ ถ้าเครื่องมือนั้นหนักเกิน 2.3 กิโลกรัมจะทำให้การใช้งานระหว่างคนกับเครื่องมือไม่สมดุล ทำให้เกิดการเหนื่อยล้ามากเกินไป

ซึ่งการใช้ balancer weight สามารถลดน้ำหนักของเครื่องมือในการทำงานได้

Balancers ช่วยลดน้ำหนักของเครื่องมือลงจะช่วยในการพยุงในแนวดิ่ง และแขวนยึดอยู่กับส่วนของรางเลื่อนเคลื่อนที่ ซึ่งเครื่องมือสามารถเคลื่อนที่ได้ตามการใช้งาน โดยจำเป็นต้องลดน้ำหนักเครื่องมือ เพื่อต้องการเพิ่มแรงบิดของการประกอบงานที่ข้อศอกและหัวไหล่ อันส่งผลให้เกิดการลดความเหมาะสมระหว่างคอและส่วนหลังที่เกี่ยวกับแขน จึงได้นำเอา Balancer ช่วยในการลดแรงในการยกเครื่องมือดังกล่าว

การวิจัยครั้งนี้พิจารณาคุณลักษณะที่สำคัญต่อการออกแบบปรับปรุงเครื่องมือเกี่ยวกับน้ำหนักของเครื่องมือที่ควรมีน้ำหนักไม่เกิน 2.3 กิโลกรัม (5 ปอนด์) โดยเครื่องมือทอพรมปกติมีน้ำหนัก 3.1 กิโลกรัมซึ่งมีน้ำหนักมากจะทำให้การใช้งานระหว่างคนกับเครื่องมือไม่สมดุล ทำให้เกิดการล้ามากเกินไป ผู้วิจัยได้ทำการติดตั้ง weight balancer ช่วยลดน้ำหนักของเครื่องมือลงจะช่วยในการพยุงในแนวดิ่ง โดยแขวนยึดอยู่กับส่วนของรางเลื่อนเคลื่อนที่ ซึ่งเครื่องมือสามารถเคลื่อนที่ได้ตามการทอพรม อันส่งผลให้ลดการทำงานของกล้ามเนื้อและความเหมาะสมระหว่างคอและส่วนหลังที่เกี่ยวกับแขน จึงได้นำเอา Balancer ช่วยในการลดแรงในการยกเครื่องมือดังกล่าว ในการพยุงน้ำหนักเครื่องมือ ในการติดตั้ง balancer นั้นพิจารณาการติดโดยใช้หลักการคำนวณจุดศูนย์ถ่วง (CG) จากเครื่องมือทอพรมและทำการออกแบบและทดสอบการใช้ เพื่อลดความเมื่อยล้าจากการทอพรมด้วยมือของพนักงานหญิงทอพรม โดยสามารถลดน้ำหนักของเครื่องมือในการทำงานจาก 3.1กิโลกรัม เหลือ 1.5 กิโลกรัม

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาผลของการออกแบบชุดอุปกรณ์พยุงเครื่องมือทอพรมตามหลักการยศาสตร์ในการลดการทำงานของกล้ามเนื้อของพนักงานทอพรมด้วยมือในโรงงานผลิตพรมทอมือตัวอย่างในประเทศไทย

วิธีการดำเนินการวิจัย

การศึกษาเป็นลักษณะการวิจัยกึ่งทดลอง (Quasi-Experimental Research) เป็นการศึกษาความเมื่อยล้าในการผลิตพรมทอมือ เพื่อหาแนวทางในการปรับปรุงโดยออกแบบเครื่องช่วยพยุงน้ำหนักตามหลักการยศาสตร์ในเครื่องทอพรมด้วยมือและทดลองใช้กับกลุ่มพนักงานหญิงทอพรมด้วยมือในโรงงานทอพรมตัวอย่างในประเทศไทยจำนวน 20 คน ซึ่งในการศึกษาจะเปรียบเทียบผลโดยใช้วิธีการวัดความรู้สึกเมื่อยล้าเฉพาะส่วนด้วยแบบสอบถาม (Questionnaires ‘s Subjective Feeling Fatigue) และวัดด้วยเครื่อง Electromyography (EMG) 4 มัดกล้ามเนื้อตามลักษณะการทำงานของการผลิตพรม ได้แก่ Biceps, Triceps, Anterior Deltoid และ Trapezius ในการผลิตพรมด้วยเครื่องทอพรมด้วยมือก่อนการปรับปรุงและเครื่องทอพรมด้วยมือหลังการปรับปรุงด้วยเครื่องช่วยพยุง โดยทดสอบกับการทอพรม 3 แนว ได้แก่ แนวตั้ง แนวนอน และแนวเฉียง 45 องศา ตามหัวข้อการทดลอง

สรุปผลการวิจัย

จากผลการวิเคราะห์น้ำหนักของเครื่องมือทอพรมด้วยมือเดิมและหลังติดตั้งเครื่องช่วยพยุง พบว่าสามารถทำการลดน้ำหนักเครื่องมือทอพรมได้ 1.6 กิโลกรัม โดยน้ำหนักเครื่องทอพรมปกติ 3.1 กิโลกรัมและน้ำหนักหลังติดตั้งเครื่องช่วยพยุงเครื่องทอพรม 1.5 กิโลกรัม

ผลการศึกษาเปรียบเทียบความรู้สึกเมื่อยล้าเฉพาะส่วนด้วยแบบสอบถามของพนักงานหญิงตัวอย่างในการทอพรมด้วยเครื่องทอพรมด้วยมือเดิมและหลังการปรับปรุงด้วยเครื่องช่วยพยุงเครื่องมือทอพรมด้วยมือ ผลจากแบบสอบถามความเมื่อยล้าเฉพาะส่วนของกล้ามเนื้อ biceps ,triceps,deltoid และ trapezius เมื่อพิจารณาตามลายการทอพรมพบว่า (1) การทอลายตั้ง กล้ามเนื้อ biceps ,deltoid และ trapezius มีความรู้สึกเมื่อยล้าลดลงหลัง

การออกแบบเครื่องมือช่วยพยุงเครื่องมือทอพรมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) (2) การทอลายนอน พนักงานหญิงทอพรมด้วยมือรู้สึกเมื่อยล้าเพิ่มขึ้นทุกกล้ามเนื้อหลังจากใช้เครื่องมือช่วยพยุงเครื่องมือทอพรมด้วยมือ (3) การทอลายเฉียงพบว่าพนักงานหญิงทอพรมด้วยมือความรู้สึกเมื่อยล้าไม่แตกต่างหลังจากใช้เครื่องมือช่วยพยุงเครื่องทอพรมด้วยมือ

ผลการศึกษาการทำงานของกล้ามเนื้อโดยใช้เครื่องวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อด้วยเครื่อง Electromyography (EMG) ของกล้ามเนื้อ biceps ,triceps,deltoid และ trapezius พบว่าเมื่อพิจารณาตามลายการทอพรมพบว่า (1) ลายตั้ง การทำงานของกล้ามเนื้อ biceps และ deltoid มีการทำงานลดลงแต่ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (2) ลายนอน การทำงานของกล้ามเนื้อ deltoid และ trapezius ลดลงแต่ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (3) ลายเฉียง การทำงานของกล้ามเนื้อ triceps และ deltoid ลดลง แต่ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

อภิปรายผล

ทำการวัดระดับการทำงานของกล้ามเนื้อ 4มัดกล้ามเนื้อด้วยเครื่องมือ electromyography ระหว่างก่อนและหลังติดตั้งเครื่องช่วยพยุงในการลดน้ำหนักเครื่องมือทอพรม โดยพบว่ากล้ามเนื้อ Deltoid and Biceps จะทำงานลดลงเมื่อใช้เครื่องมือทอพรมที่ติดตั้งชุดพยุงน้ำหนัก แต่ยังพบว่ากล้ามเนื้อ triceps และ trapezius มีการทำงานที่เพิ่มขึ้นในการทอพรมแนวนอนซึ่งสอดคล้องกับผลของแบบสอบถาม จากการวิเคราะห์โดยการสัมภาษณ์พนักงานพบว่าพนักงานจะต้องออกแรงดึงเพิ่มขึ้นในการเคลื่อนที่แนวนอนอันสอดคล้องกับงานวิจัยของ Saeid Nahavandi และคณะ เกี่ยวกับเรื่องการใช้โครงช่วยพยุงเครื่องมือหนักโดยชุดขับคลื่อน 5 แกนด้วยแขนกล พบว่าจะต้องมีการสูญเสียแรงในการเคลื่อนที่ชุดประคองเครื่องมือในแนวนอนดังนั้นจึงได้ทำการเพิ่มชุดขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้าในแนวแกนนอนด้วยเพื่อแรงในการเคลื่อนที่ และเมื่อผู้วิจัยได้ทำการศึกษาเชิงวิเคราะห์ในรายละเอียดของช่วงการทำงานขณะถือระหว่างการทำงานและช่วงขณะทำการทอพรม พบว่าขณะถือเครื่องมือระหว่างการทอพรมพบว่ากล้ามเนื้อ biceps deltoid และtriceps ทำงานลดลงอย่างมีนัยสำคัญเมื่อ ใช้เครื่องช่วยพยุงน้ำหนักเครื่องมือทอพรม แต่ขณะที่ทำงานทอพรมพบว่ากล้ามเนื้อ biceps, triceps และ trapezius ทำงานเพิ่มขึ้นโดยเฉพาะกล้ามเนื้อ biceps จะเพิ่มอย่างมีนัยสำคัญในการทอพรมแนวนอน ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบน้ำหนักของเครื่องมือหลังจากออกแบบเครื่องช่วยพยุงน้ำหนักเครื่องมือ ทอพรมพบว่าน้ำหนักลดลงจาก 3.1 เป็น 1.5 กิโลกรัม จากการเปรียบเทียบข้อมูลแบบสอบถามในการทอพรมแนวตั้งพนักงานให้ความเห็นว่าการทอด้วยเครื่องมือที่มีเครื่องช่วยพยุงน้ำหนักลดความเมื่อยล้าในการทำงานได้ดีแต่ผลการทำงานของกล้ามเนื้อที่วัดได้จากเครื่องวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อมีการทำงานที่เพิ่มขึ้นในขณะช่วงทำงานทอพรมทั้ง3 ลาย จึงคาดว่าน่าจะเกิดจากการที่พนักงานเกร็งในการใช้เครื่องมือช่วยพยุงน้ำหนักเครื่องมือทอพรมนอกจากนี้เมื่อทำการพิจารณาช่วง ทำการทอพรมโดยใช้เครื่องช่วยพยุงน้ำหนักเครื่องมือทอพรม พบว่าการที่เครื่องช่วยพยุงน้ำหนักมีการดึงขึ้นอาจทำให้เป็นการเร่งการเคลื่อนแนวดิ่งที่มากกว่าเครื่องมือเดิม จึงอาจส่งผลให้กล้ามเนื้อมีอัตราเร่งในการทำงานสูงกว่าปกติซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Sousa A, Tavares JM. (2012) ผลของความเร็วการเดินกับการทำงานของกล้ามเนื้อและระดับสัญญาณในช่วงจังหวะ ความเร็วของการเดินมีผลต่อการทำงานของกล้ามเนื้อที่ความเร็วที่เร็วที่สุดและช้าที่สุดกว่าที่ความเร็วตนเองเลือกโดยทำให้ระดับการทำงานของกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้น (amplitude increase) และความถี่สัญญาณกล้ามเนื้อลดลง (Median Power Frequency decrease) หรือเกิดจากที่น้ำหนักเครื่องมือลดด้วย

เครื่องช่วยพยุงทำให้ต้องการการเกร็งการทำงานของกล้ามเนื้อเพื่อทำให้ช่วงทอพรมทำงาน จึงเป็นสาเหตุที่ทำให้กล้ามเนื้อมีการทำงานที่เพิ่มขึ้นคล้ายกับกรณีศึกษาเกี่ยวกับน้ำหนักเครื่องมือประเภทหินเจียรที่มีน้ำหนักมากกว่า 1.8 kg จะมีประสิทธิภาพการทำงานของกล้ามเนื้อลดลงมากกว่าเครื่องมือที่มีน้ำหนักน้อย

ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการทดสอบการปรับเครื่องช่วยพยุงกำหนดน้ำหนักเครื่องทอพรมที่เหมาะสม เพื่อลดการทำงานของกล้ามเนื้อลดลงอย่างมีนัยสำคัญเทียบกับเครื่องทอพรมแบบเดิม

2. ควรให้พนักงานที่ใช้เครื่องมือช่วยพยุงน้ำหนักใช้เวลาฝึกเพื่อให้เกิดความชำนาญกับเครื่องมือเพิ่มขึ้น เพื่อลดการเกร็งของกล้ามเนื้อ เนื่องจากลักษณะงานเป็นงานฝีมือพนักงานที่ใช้จะอายุงานส่วนใหญ่มากกว่า 5 ปี ซึ่งท่าทางในการทำงานอาจแตกต่างกันการทอพรมด้วยมือพบว่าพนักงานมีการใช้กล้ามเนื้อเพื่อการทำงานทอพรมที่แตกต่างกัน ควรทำการแยกกลุ่มการวิเคราะห์ตามลักษณะการใช้กล้ามเนื้อเพื่อลดความแปรปรวนในการเปรียบเทียบผลก่อนและหลังการปรับปรุง

3. ในการศึกษาครั้งต่อไปการออกแบบเครื่องช่วยพยุงเครื่องมือควรมีการเพิ่มชุดเคลื่อนตัวแนวแกนนอนเพื่อลดแรงที่เกิดการแรงหน่วงในขณะเคลื่อนที่แนวนอนของการเปลี่ยนแนวทอพรม

4. ในการทอพรมด้วยเครื่องทอพรมด้วยมือร่วมกับเครื่องช่วยพยุง ควรจัดรูปแบบการทอพรมในแบบการทอแนวตั้งจากด้านล่างสู่ด้านบนเพื่อลดการทำงานของกล้ามเนื้อทั้ง 3มัดกล้ามอย่างมีประสิทธิภาพสูง

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความช่วยเหลือจาก รศ.ดร.เฉลิมชัย ชัยกิตติภรณ์ อาจารย์ที่ปรึกษาและอาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ที่ให้คำแนะนำปรึกษาเกี่ยวกับความรู้ข้อมูลต่างๆ ในการจัดทำวิทยานิพนธ์ ขอบคุณผู้ร่วมวิจัยทุกท่านที่สละเวลาในการทดลอง ขอบคุณครอบครัวและเพื่อนๆที่ให้กำลังใจ ให้ความสนับสนุนให้งานวิจัยนี้ประสบผลสำเร็จไปได้ด้วยดี

รายการอ้างอิง

นริศ เจริญพร. 2552. **การออกแบบและเลือกใช้เครื่องมือที่ใช้มือจับในเอกสารการสอนชุดเออร์กอนอมิกส์และจิตวิทยาในการทำงาน หน่วยที่ 10 .** นนทบุรี: มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช

วรรณี สหสมโชค. 2549. **เอกสารคำสอนรายวิชากายวิภาคเชิงกล.** กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร http://www.ccohs.ca/oshanswers/ergonomics/handtools/

Aghazadeh, A., Mital, A., 1987. Injuries due to hand tools: results of aquestionnaire. **Applied Ergonomics** 18, 273–278

Chaffin, D.B. and Anderson,G.B.1991. **Occupational Biomechaics.** John Wiley &Son,Inc. UK.

Choobineh A.R.,Lahmi M.A.,Shahnavaz H.,Khani Jazani R.,Hosseini M.Musculoskeletal symptoms related to ergonomic factors in Iranian hand-woven carpet industry and general guidelines for workstation design**. International Journal of Occupational Safety and Ergonomics** 2004;10 (2):157–168.

Corlett ad Bisshop. 1976, **A Technique for assessing postural discomfort .Ergonomics**: 19(2): 175-182

Grandjean E. Fitting the task to the man.1988 : **A Textbook of occupational ergonomics** 4th ed. LondonTaylor & Francis

Kutluhan, S., Akhan, G., Demirci, S., Duru, S., Koyuncuoglu, H.R.,Ozturk, M., Cirak, B., 2001. Carpal tunnel syndrome in carpet workers**. International Archive of Occupational Health** 74,454–457.

Lewis, W.G., Narayan, C.V. 1993, Design and sizing of ergonomic handles for hand tools. **Applied Ergonomics** ; 24 (5): 351–356.

Nipapon Khamhlom. 2005,An improved workstation for reducing muscular fatigue in the warm water heater assembly line.[M.Sc.Thesis in industrial Hygiene and safety]Bangkok:Faculty of Graduates studies,Mahidol University

Preceedings of a NIOSH Workshop" A strategy for industrial Power Hand Tool Ergonomics Rresearch Design,Selection.Installation,and Use in Automotive Manufacturing. (CDC)

Saeid Nahavandi, Mohammad Jashim Uddin, Mozafar Saadat,Hieu Trinh.2008. Heavy tools manipulation by low powered direct-drive five-bar parallel robot. **Mechanism and Machine Theory**: 43: 1450–1461

Shrawan Kumar. 2008. Biomechanics in Ergonomics : 318-320.

Sousa A, Tavares JM. Effect of Gait Speed on Muscle Activity Patterns and Magnitude during Stance. **Motor Control.** 2012 May 15. [Epub ahead of print]

การพัฒนาเครื่องฉีดพ่นสารเคมีแบบผสมกับอากาศติดตั้งกับจักรยานยนต์พ่วงข้าง

DEVELOPMENT OF AIR BLAST SPRAYER INSTALL WITH SIDE CAR

พีระ บุนนาค

นักศึกษาปริญญาโท สาขาวิชาการจัดการงานวิศวกรรม

คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรมและอัญมณีศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

Email: Peera.Bun@egco.com

โอภาศ อินทรวงษ์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรมและอัญมณีศาสตร์

มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

Email: opas.i@rbru.ac.th

สินาด โกศลานันท์

อาจารย์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรมและอัญมณีศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

Email: maosinat@yahoo.com

ทรงธรรม ไชยพงษ์

ผู้จัดการ ไชยพงษ์ฟาร์ม

Email: songth@yahoo.com

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อพัฒนา และหาสมรรถนะและประสิทธิภาพของเครื่องฉีดพ่นสารเคมีแบบผสมกับอากาศติดตั้งกับจักรยานยนต์พ่วงข้าง โดยเครื่องฉีดพ่นสารเคมีประกอบด้วยพัดลมแรงเหวี่ยง ชุดปรับมุมตัวกระจายลม เครื่องยนต์แก๊ส หัวฉีดสารเคมีแบบกรวยกลวง และปั๊มกระแสตรง สามารถนำไปติดตั้งกับรถจักรยานยนต์พ่วงข้าง จากการทดสอบพบว่า สมรรถนะในการทำงานที่ความเร็วรอบพัดลม 1,950 รอบต่อนาที ความเร็วในการเคลื่อนที่ 4 กิโลเมตรต่อชั่วโมง มีสมรรถนะในการทำงานเท่ากับ 10 ไร่ต่อชั่วโมง อัตราการใช้สารเคมี 240 ลิตรต่อชั่วโมง อัตราสิ้นเปลืองแก๊ส 1.2 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ความหนาแน่นของละอองสารเคมีเท่ากับ 19.33ละอองต่อตารางเซนติเมตร ขนาดละอองเฉลี่ย 61.2 ไมครอน โดยมีต้นทุนอยู่ที่ 40,000 บาท สามารถคืนทุนได้ในเวลา 4 เดือน 12 วัน

คำสำคัญ : การพ่นสารเคมี เครื่องฉีดพ่นสารเคมีแบบผสมกับอากาศ จักรยานยนต์พ่วงข้าง

ABSTRACT

The aims of this research were development and determine field capacity and efficiency of air blast sprayer install with side car. The air blast sprayer consist of centrifugal blower, angle adjustment, wind distributor, LPG engine, hollow type fluid injector and DC pump that installed with side car. The result show the air blast sprayer install with side car working at blower speed was 1,950 rpm, travel speed was 4 km/hr, field capacity was 10 rai/hr, chemical flow was 240 liters/hr, LPG consumption was 1.2 kg/hr, droplets density was 19.33 and droplets size was 61.2 micron. The cost of air blast sprayer install with side car was 40,000 bath and return period were 4 months and 12 days.

KEYWORDS : Chemical spraying, Air blast sprayer, Side car

บทนำ

ผลผลิตของทางการเกษตรจำเป็นต้องใช้วิชาการเกษตรแบบสมัยใหม่ ร่วมกันกับเทคโนโลยีที่ทันสมัย และเพื่อเป็นการเพิ่มผลผลิตการเกษตรให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้นกับพืชผลทางการเกษตรต่างๆ เช่น เงาะ ทุเรียน มังคุด เป็นต้น โดยพืชผลเหล่านี้เป็นพืชเศรษฐกิจที่มักนิยมใช้ สารเคมีกำจัดแมลงและศัตรูพืช ฮอร์โมน ปุ๋ยทางใบ และรวมไปถึงน้ำหมักชีวภาพต่างๆ เพื่อให้พืชผลทางการเกษตรดังกล่าวได้ผลิดอกและออกผล ทั้งในฤดูกาล และนอกฤดูกาล

การฉีดพ่นสารเคมีในสวนผลไม้โดยทั่วไป จะใช้เครื่องฉีดพ่นแบบแรงดันของเหลว (ปั๊มสามสูบ) ขับด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 2-3 แรงม้า หรือเครื่องยนต์ทางการเกษตรขนาด 5-7 แรงม้า ดูดสารเคมีจากถังผสมขนาด 200-1,000 ลิตร ต่อสายยางทนแรงดันสูงความยาว 50-100 เมตร ใช้หัวฉีดแบบกรวยกลวงที่สามารถปรับให้เป็นละอองขนาดเล็กหรือพุ่งเป็นลำได้ โดยถ้าปรับเป็นละอองขนาดเล็กจะแผ่กว้างแต่ไม่ไกล แต่ถ้าปรับให้พุ่งเป็นลำจะไปไกลแต่สิ้นเปลืองสารเคมี อาจต้องต่อกับไม้รวกถ้าฉีดพ่นสารเคมีในต้นไม้ขนาดใหญ่ที่มีความสูงมากกว่า 6 เมตร ซึ่งการปฏิบัติเช่นนี้จำเป็นต้องใช้พละกำลังอย่างมากในการลากสายยาง บางครั้งต้องมีคนช่วยลากสายยาง ใช้เวลาในการฉีดพ่นมากประมาณ 2-3 นาทีต่อต้น อีกทั้งยังมีการสิ้นเปลืองสารเคมีเนื่องจากการเคลื่อนย้ายระหว่างต้นและระหว่างแถว ต้องมีความชำนาญในการปฏิบัติ และเสี่ยงต่อการสะสมสารเคมีมีพิษเนื่องจากผู้ปฏิบัติต้องสัมผัสสารเคมีเป็นเวลานาน เนื่องจากเครื่องพ่นสารเคมีแบบลมพาจากต่างประเทศ มีความเหมาะสมกับผลไม้ในประเทศตะวันตก ซึ่งมีทรงพุ่มเล็ก ขนาดต้นสม่ำเสมอ ช่วงการออกดอกจะพร้อมกันทั้งสวน และสภาพพื้นที่สม่ำเสมอ มีถนนระหว่างแถวปลูก ระยะปลูกห่าง อีกประการสำคัญคือ เครื่องเหล่านี้มีราคาแพงมาก มีขีดจำกัดในเรื่องอะไหล่และการบริการ แต่เนื่องจากเกษตรกรส่วนใหญ่ที่มีพื้นที่ไม่มากนัก มักใช้ระยะห่างระหว่างแถวประมาณ 8-10 เมตร และบางครั้งมีการปลูกพืชแซมพื้นที่ระหว่างแถว เพื่อใช้พื้นที่ให้เกิดประโยชน์สูงสุด ทำให้ระยะห่างระหว่างแถวยิ่งน้อยลงไป ยากต่อการใช้เครื่องมือเครื่องจักรที่มีขนาดใหญ่เข้าไปทำงาน แต่มีเครื่องจักรชนิดหนึ่งซึ่งมีใช้กันแทบทุกสวน ก็คือรถจักรยานยนต์พ่วงข้างหรือรถซาเล้ง เป็นรถเอนกประสงค์ประจำสวนผลไม้ โดยใช้ในการบรรทุก ขนถ่าย ทั้งผลไม้ ปุ๋ย และสารเคมี บางครั้งใช้โดยสาร สามารถแล่นได้ทั้งในถนนปกติและระหว่างแถวในสวนผลไม้ เนื่องจากมีขนาดโดยประมาณ คือ กว้าง 1.2 เมตร ยาว 1.5 เมตร และ

สูง 0.7 เมตร และมีน้ำหนักเบา ไม่ทำลายระบบรากของต้นไม้มากนัก จึงสามารถใช้แล่นในสวนผลไม้ได้เป็นอย่างดี ปัญหาอีกประการคือแรงงานที่เป็นคนไทยที่จะมารับจ้างในภาคเกษตรหาได้ยาก มักจะไปรับจ้างในภาคอุตสาหกรรมเป็นส่วนใหญ่ ดังนั้นจึงหันไปพึ่งแรงงานต่างชาติเช่น กัมพูชา พม่า มอญ และลาว ซึ่งอัตราค่าจ้างไม่แตกต่างกับแรงงานที่เป็นคนไทย นอกจากนั้นแรงงานต่างชาติยังสร้างปัญหาคือการทะเลาะวิวาทกันเองและคนทั่วไป บางครั้งมีการทำร้ายเจ้าของสวนอีกด้วยทำให้เกิดภาวะการขาดแคลนแรงงาน

จากปัญหาที่เกิดขึ้นดังกล่าวจึงมีแนวความคิดสร้างเครื่องมือเพื่อเป็นทางเลือกให้กับเกษตรกรนำเอาไปใช้งาน เพื่อเพิ่มความสะดวกและรวดเร็วในการปฏิบัติงาน และเพิ่มประสิทธิภาพของการพ่นสารเคมี ลดระยะเวลาการดำเนินการให้น้อยลง พื้นที่การปฏิบัติงานได้มากขึ้น คือ “เครื่องฉีดพ่นสารเคมีแบบผสมกับอากาศติดตั้งกับจักรยานยนต์พ่วงข้าง” อีกประการก็เพื่อจะทดแทนการใช้แรงงานมนุษย์ให้ลดจำนวนการปฏิบัติงานลง และสามารถทำงานได้ต่อเนื่อง ซึ่งจะทำให้ได้พื้นที่ที่ทำการพ่นสารเคมีได้มากขึ้นต่อระยะเวลาที่เท่ากัน

กรอบแนวคิดและทฤษฎี

เครื่องพ่นสารเคมีแบบผสมกับอากาศมีประสิทธิภาพสูงเมื่อเทียบกับแบบแบบแรงดันของเหลว เนื่องจากเมื่อละอองสารเคมีที่ถูกฉีดพ่นจากหัวฉีดถ้ามีขนาดละอองขนาดเล็กจะไม่สามารถเคลื่อนที่ไปได้ไกลและมีอายุสั้นเนื่องจากระเหยได้ง่าย ส่วนละอองขนาดใหญ่สามารถเคลื่อนที่ไปได้ไกลและมีอายุนานกว่าแต่จะเกิดการสิ้นเปลืองสารเคมีมาก และมักจะรวมตัวกันบนใบไม้จนหยดลงสู่พื้น เครื่องพ่นสารเคมีแบบผสมกับอากาศในต่างประเทศไม่เหมาะกับสวนผลไม้ประเทศไทยจึงมีแนวคิดออกแบบเครื่องพ่นสารเคมีแบบผสมกับอากาศให้เหมาะสมกับการใช้งานของเกษตกร ในการออกแบบเครื่องฉีดพ่นสารเคมีแบบผสมกับอากาศติดตั้งกับจักรยานยนต์พ่วงข้าง เน้นการใช้วัสดุอุปกรณ์ที่หาได้ทั่วไป เลือกใช้พัดลมระบายอากาศแบบใบพัดโค้งหน้าเนื่องจากมีใช้กันอย่างแพร่หลาย และราคาถูก พัดลมและตัวกระจายลมทำจากแผ่นโลหะชุบสังกะสี เลือกใช้ปั๊มกระแสตรงแทนปั๊มที่ขับจากเครื่องยนต์ เพื่อลดภาระของเครื่องยนต์ที่ขับพัดลม และเลือกใช้เครื่องยนต์แก๊ส LPG เนื่องจากมีค่าใช้จ่ายในการทำงานต่ำมาก

ภาควิชาเกษตรกลวิธาน (2553) กล่าวว่า เครื่องพ่นสารเคมีเป็นอุปกรณ์สำคัญที่เกษตรกรใช้เพื่อแพร่กระจายสารเคมีหรือปุ๋ย ให้คลุมเป้าหมายที่ต้องการ การใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชให้ได้ผลดีและประหยัด ขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพของเครื่องพ่นสารนั้นๆ เครื่องพ่นสารเคมีที่ผลิตออกจำหน่ายเพื่อใช้ในสวนผลไม้ปัจจุบันมีมากแบบหลายชนิด แต่แบบที่นิยมใช้กันมากคือแบบแรงดันน้ำ และแบบที่กำลังจะเข้ามาแทนที่ คือแบบอาศัยลมพาในการพ่นเพื่อควบคุมแมลงและโรคพืช มักต้องการละอองขนาด 50-150 ไมครอน โดยความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของละออง อุณหภูมิและความชื้นที่มีผลต่ออายุของละอองเนื่องจากละอองมีขนาดเล็กมาก ดังนั้นจึงระเหยหายไปในเวลาอันรวดเร็ว ความรู้เรื่องอัตราการระเหย หรืออายุของละอองจะช่วยให้เลือกการปรับหัวฉีด ความดัน อัตราการพ่น ตลอดจนช่วงเวลาที่พ่น เป็นไปอย่างถูกต้อง เพื่อให้ละอองมีอายุยาวนานเพียงพอที่จะสามารถควบคุมโรคและแมลงศัตรูพืชอย่างได้ผล

CIBA-GEIGY (1989) ได้ให้มาตรฐานของการกระจายของละอองที่ทำการฉีดพ่นจากหัวฉีดไว้ว่าจำนวนละอองที่ทำการฉีดพ่นนั้นจะต้องมีค่าเฉลี่ยแล้วประมาณ 20 ละอองต่อตารางเซนติเมตร ซึ่งการที่จะให้ได้

จำนวนละอองที่เหมาะสมนั้นจะต้องมีปัจจัยในหลายๆ อย่าง เช่นความเร็วในการเคลื่อนที่ของเครื่องฉีดพ่น ความดันที่เหมาะสม ลักษณะของหัวฉีดละออง เป็นต้น

วัชรินทร์ สิทธิเจริญ (2544) ได้พัฒนาเครื่องพ่นสารเคมีเพื่อใช้สำหรับพ่นสารเคมีรวมทั้งยากำจัดแมลงชนิดต่างๆ สำหรับพืชผลการเกษตร เช่น ลำไย มะม่วง และลิ้นจี่ เครื่องพ่นสารเคมีที่สร้างขึ้น มีต้นกำลังจากเครื่องยนต์เบนซินกำลังขับ 16 hp ต่อเข้ากับแกนเพลาความเร็วรอบสูงสุด 4,000 รอบ/นาที ส่งกำลังไปขับเคลื่อนล้อด้วยความเร็วรอบ 10–17 ม./นาที ลักษณะการทำงานของเครื่องพ่นสารเคมี สามารถเคลื่อนที่ขึ้น-ลง ด้วยเสาและมีหัวฉีด 2 หัวพ่นสายสลับกันไป-มา สามารถปรับระดับความเร็วในการส่ายพ่นได้ 2 ระดับ คือ ส่ายพ่นแบบช้า และ ส่ายพ่นแบบเร็ว มีแขนกระดกขึ้น- ลง เป็นมุมประมาณ 45 องศา ทำให้สามารถฉีดพ่นในระดับความสูงของไม้ผล หรือพันธุ์ไม้ต่างๆ ได้ตั้งแต่ 2.5-5 เมตร และรัศมีวงกว้างในการฉีดพ่น 2-5 เมตร เครื่องพ่นสารเคมีจะมีถังบรรจุสารเคมีขนาด 80 ลิตร มีอัตราการฉีดพ่น 13.5-25.5 นาที/ถัง

มงคล กวางวโรภาส (2546) ได้วิจัยและพัฒนาเครื่องพ่นหมอกในสวนผลไม้โดยออกแบบสร้างและทดสอบเครื่องพ่นหมอกชนิดปากปล่อง ตัวเครื่องประกอบด้วย พัดลมชนิดเหวี่ยงหนีศูนย์ จำนวน 2 ชุด ติดตั้งเรียงกันบนโครงเครื่องชนิดล้อเลื่อนซึ่งฉุดลากและขับโดยแทรกเตอร์ ขนาดประมาณ 50 แรงม้า โดยได้ออกแบบและศึกษาปากปล่องสองชนิด จากชนิดแรกมีลักษณะเป็นกรวยสวมปากปล่องพัดลมและมีลิ้นแบ่งลม ปากปล่องของพัดลมทั้งสองชุดอยู่ต่างระดับกัน มีหัวฉีดติดตั้งที่ปากกรวย และปากปล่องชนิดที่สองเป็นท่อลมที่โค้งงอได้มีกลไกโยกปากปล่องให้ส่ายขึ้นลงด้วยอัตราความเร็วประมาณ 1 รอบ/วินาที มีหัวฉีดติดตั้งที่ปลายปากปล่องเช่นกัน หัวฉีดที่ใช้เป็นชนิดกรวยกลวง ความดันน้ำยาเคมีประมาณ 25 บาร์ พัดลมชุดใหญ่เป่าลมออกมาในอัตราประมาณ 200 ลูกบาศก์เมตร/นาที พัดลมชุดเล็กเป่าลมออกมาในอัตราประมาณ 120 ลูกบาศก์เมตร/นาที ความเร็วเฉลี่ยที่ปากปล่องประมาณ 50 และ 32 เมตร/วินาที ตามลำดับ จากการทดลองพ่นต้นมะม่วงที่มีความสูงประมาณ 6 เมตร และมีเส้นผ่าศูนย์กลางทรงพุ่มประมาณ 4-5 เมตร โดยที่ปากปล่องชนิดแรกมีจำนวนละอองเฉลี่ยประมาณ 59 ละออง/ตารางเซนติเมตร และปากปล่องชนิดที่สองมีจำนวนละอองเฉลี่ยประมาณ 59 ละออง/ตารางเซนติเมตร และเป็นการพ่นใส่ด้านเดียว สิ้นเปลืองน้ำยาเฉลี่ยประมาณ 2 ลิตร/ต้น เวลาที่พ่นใส่ต้นโดยตรงเท่ากับ 10 วินาที/ต้น หากต้องการพ่นให้มากกว่านี้ ทำได้โดยพ่นใส่ทั้งสองด้านซึ่งจะสิ้นเปลืองน้ำยาและเวลาที่ใช้พ่นมากขึ้นประมาณเท่าตัว

ทรงศักดิ์ ปัญญาสงค์ (2549) ได้ทำการศึกษาเรื่อง “การพัฒนาเครื่องพ่นสารเคมีการเกษตร” เพื่อศึกษาพัฒนาเครื่องพ่นสารเคมีการเกษตรแบบสะพายหลัง โดยใช้หัวพ่นแบบจานเหวี่ยงใช้ปั๊มไฟฟ้ากระแสตรง ขนาด 12 โวลต์ เพื่อปั๊มสารเคมีไปยังหัวพ่นแบบจานเหวี่ยง และถังน้ำยามีความจุ 10 ลิตร ที่แขนของเครื่องพ่นมีความยาว 150 เซนติเมตร และที่จานเหวี่ยงสามารถปรับมุมใช้งานได้ตามที่ต้องการ ผลการทดสอบจากการออกแบบและการสร้างเครื่องพ่นสารเคมีการเกษตรพบว่าองศาของมุมจานเหวี่ยงที่ 30 , 45 และ 60 องศา กับแนวระดับไม่มีผลต่อสัมประสิทธิ์การกระจายตัว แต่มีผลต่อพื้นที่ฉีดพ่นคือมุมของจานเหวี่ยงเพิ่มขึ้นพื้นที่ในการฉีดพ่นลดลง ดังนั้นมุมจานเหวี่ยง 30 องศาจึงเหมาะสมที่สุด และความเร็วในการเคลื่อนที่ไม่มีผลต่อสัมประสิทธิ์การกระจายตัวเมื่อทำงานที่ความถี่ในการส่ายแขนพ่นด้วยความถี่ประมาณหนึ่งรอบต่อวินาที

นพดล ตรีรัตน์ (2549) ได้ทำการศึกษาเรื่อง “การออกแบบ สร้างและประเมินผลเครื่องพ่นสารเคมีสำหรับรถไถเดินตาม” ซึ่งมีแนวทางการศึกษาที่ประกอบไปด้วย การศึกษาและประเมินผลเบื้องต้นการพ่น

สารเคมีของเครื่องพ่นสารเคมีแบบต่างๆ สำหรับรถไถเดินตาม การออกแบบและสร้างเครื่องพ่นสารเคมีสำหรับรถไถเดินตาม และประเมินผลเครื่องพ่นสารเคมีสำหรับรถไถเดินตามโดยใช้อัตราการทำงานเชิงพื้นที่ ประสิทธิภาพการทำงานระยะหน้ากว้างการพ่นน้ำยาสารเคมี เปอร์เซ็นต์การกระจายตัวของละอองน้ำยาสารเคมี และอัตราการใช้น้ำยาสารเคมี เป็นค่าชี้สมรรถนะในการทำงาน เครื่องพ่นสารเคมีสำหรับรถไถเดินตาม ติดตั้งเข้ากับรถไถเดินตามที่คานลากของตัวรถไถเดินตามเครื่องพ่นสารเคมีสำหรับรถไถเดินตามดังกล่าวนี้ มีหัวฉีดเป็นแบบอุปกรณ์เพื่อลดอุณหภูมิและเพิ่มความชื้นในบรรยากาศ หลักการออกแบบเครื่องพ่นสารเคมีสำหรับรถไถเดินตามจะติดตั้งถังบรรจุน้ำยาสารเคมีไว้เหนือระดับหัวฉีด เนื่องจากหัวฉีดแบบอุปกรณ์เพื่อลดอุณหภูมิและเพิ่มความชื้นในบรรยากาศใช้แรงดันบรรยากาศไม่ได้ใช้ปั๊มแรงดัน จึงต้องติดตั้งถังบรรจุน้ำยาสารเคมีไว้เหนือระดับหัวฉีด

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. พัฒนาเครื่องฉีดพ่นสารเคมีแบบผสมกับอากาศติดตั้งกับจักรยานยนต์พ่วงข้าง
2. เพื่อหาสมรรถนะและประสิทธิภาพของเครื่องฉีดพ่นสารเคมีแบบผสมกับอากาศติดตั้งกับจักรยานยนต์พ่วงข้าง

วิธีการดำเนินวิจัย

1. ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับการฉีดพ่นสารเคมีในแปลงผลไม้ของเกษตรกร เช่น รูปแบบการฉีดพ่น เครื่องมือที่ใช้ รูปแบบของแปลงผลไม้ ค่าใช้จ่ายในการฉีดพ่น
2. ออกแบบเครื่องฉีดพ่นสารเคมีแบบผสมกับอากาศติดตั้งกับจักรยานยนต์พ่วงข้าง
3. จัดหาอุปกรณ์และสร้างเครื่องฉีดพ่นสารเคมีแบบผสมกับอากาศติดตั้งกับจักรยานยนต์พ่วงข้าง
4. ทดสอบสมรรถนะ ประสิทธิภาพ และปรับปรุงเครื่องฉีดพ่นสารเคมีแบบผสมกับอากาศติดตั้งกับจักรยานยนต์พ่วงข้าง โดยสมรรถนะของเครื่องฉีดพ่นสารเคมีแบบผสมกับอากาศติดตั้งกับจักรยานยนต์พ่วงข้างหาได้จาก

$$\text{สมรรถนะ (ไร่ต่อชั่วโมง)} = \frac{\text{จำนวนพื้นที่ที่ฉีดพ่นได้ (ไร่)}}{\text{เวลาที่ใช้ (ชั่วโมง)}}$$

$$\text{อัตราการใช้สารเคมี (ลิตรต่อชั่วโมง)} = \frac{\text{ปริมาณสารเคมีที่ใช้ (ลิตร)}}{\text{เวลาที่ใช้ (ชั่วโมง)}}$$

$$\text{อัตราการสิ้นเปลืองแก๊ส (กิโลกรัมต่อชั่วโมง)} = \frac{\text{น้ำหนักแก๊สที่ใช้ (กิโลกรัม)}}{\text{เวลาที่ใช้ (ชั่วโมง)}}$$

ส่วนประสิทธิภาพของครื่องฉีดพ่นสารเคมีแบบผสมกับอากาศติดตั้งกับจักรยานยนต์พ่วงข้างหาได้จาก

$$\text{จำนวนละอองสารเคมีต่อพื้นที่} = \frac{\text{จำนวนละอองสารเคมี}}{\text{ขนาดพื้นที่ที่กำหนด}}$$

ขนาดละอองสารเคมีหาจากการถ่ายภาพละอองสารเคมีและใช้ Software Perfect Screen Ruler 3.0 (Alexander G. Styopkin, 2009) เพื่อวัดขนาดละอองสารเคมี

วิเคราะห์และประเมินผลเชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมด้วยการหาต้นทุน ค่าเสียโอกาสจุดคุ้มทุน และระยะเวลาคืนทุน

5. สรุปผลการดำเนินการวิจัย

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

การออกแบบเครื่องฉีดพ่นสารเคมีแบบผสมกับอากาศติดตั้งกับจักรยานยนต์พ่วงข้าง

เครื่องฉีดพ่นสารเคมีแบบผสมกับอากาศติดตั้งกับจักรยานยนต์พ่วงข้างประกอบด้วยพัดลมแรงเหวี่ยง (1) เส้นผ่าศูนย์กลาง 15 นิ้ว ติดตั้งชุดปรับมุม (8) ต่อกับตัวกระจายลม (2) ขับด้วยเครื่องยนต์แก๊ส (3) ขนาด 6.5 แรงม้า โดยมีสายพานลิ่มร่องบี (4) ความยาว 50 นิ้ว 2 เส้น อัตราทดเท่ากับ 1.67 เป็นตัวส่งกำลัง ติดตั้งหัวฉีดกรวยกลวง (5) จำนวน 8 หัว รอบตัวกระจายลม ใช้ปั๊มกระแสตรง 12 โวล์ต (6) อัตราการไหล 17 ลิตรต่อนาที โดยมีแบตเตอรี่ (7) 12 โวล์ต 18 แอมป์-ชั่วโมง เป็นแหล่งจ่ายไฟ นำมาประกอบบนแท่นที่ทำจากเหล็กแผ่นพับและเชื่อมขึ้นรูปกว้าง 52 เซนติเมตร ยาว 71 เซนติเมตร สามารถนำไปติดตั้งกับรถจักรยานยนต์พ่วงข้าง โดยใช้ถังผสมขนาด 50-100 ลิตร ดังภาพประกอบ 1

ผลการทดสอบสมรรถนะในการทำงานของเครื่องฉีดพ่นสารเคมีแบบผสมกับอากาศในแปลงผลไม้สำหรับจักรยานยนต์พ่วงข้าง

การทดสอบพบว่าสมรรถนะในการทำงานของเครื่องฉีดพ่นสารเคมีแบบผสมกับอากาศในแปลงผลไม้สำหรับจักรยานยนต์พ่วงข้างที่ความเร็วรอบพัดลม 1,950 รอบต่อนาที ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 3,350 รอบต่อนาที ความเร็วลมสูงสุด 140 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ระยะในการฉีดพ่นสูงสุด 10 เมตร ความเร็วในการเคลื่อนที่ 4 กิโลเมตรต่อชั่วโมง มีสมรรถนะในการทำงานเท่ากับ 10 ไร่ต่อชั่วโมง เนื่องจากพัดลมแรงเหวี่ยงที่นำมาติดตั้งกับเครื่องฉีดพ่นสารเคมีแบบผสมกับอากาศในแปลงผลไม้สำหรับจักรยานยนต์พ่วงข้าง มีความเร็วรอบสูงสุด 2,500 รอบต่อนาที ในการทดสอบเบื้องต้นได้ใช้เครื่องยนต์เบนซินขนาด 6.5 แรงม้า สามารถปรับความเร็วรอบของพัดลมได้ถึง 2,500 รอบต่อนาที ที่อัตราทด 1:1 แต่เมื่อเปลี่ยนเป็นเครื่องยนต์แก๊สสามารถปรับความเร็วรอบได้สูงสุดเพียง 1,950 รอบต่อนาที ที่อัตราทด 1.67 เนื่องมาจากแก๊สให้พลังงานน้อยกว่าน้ำมันเบนซิน

อัตราการใช้สารเคมีเฉลี่ยเท่ากับ 240 ลิตรต่อชั่วโมง เนื่องจากรถจักรยานยนต์พ่วงข้างสามารถรับน้ำหนักได้ประมาณ 200-250 กิโลกรัม เป็นน้ำหนักของเครื่องฉีดพ่นสารเคมี 83 กิโลกรัม น้ำหนักถังแก๊ส 10 กิโลกรัม น้ำหนักของผู้ขับขี่ประมาณ 60 กิโลกรัม ดังนั้นจะเหลือน้ำหนักของสารเคมีและถังบรรจุสารเคมีประมาณ 100 กิโลกรัม จึงใช้ถังสารเคมีขนาดไม่เกิน 100 ลิตร ซึ่งจะทำการฉีดพ่นสารเคมีได้นานประมาณ 25 นาที ได้พื้นที่ประมาณ 4 ไร่ และจาก Specification ของ Pump 12 VDC Normal 6 A - Max 15 A อัตราการไหล 17 ลิตรต่อนาที ใช้ Multimeter วัดค่ากระแสขณะไร้ภาระเท่ากับ 2.4 A วัดค่ากระแสขณะใช้งานเต็มภาระเท่ากับ 12.2 A เมื่อใช้แบตเตอรี่ขนาด 18 แอมป์-ชั่วโมง จะใช้งานต่อเนื่องได้นานประมาณ 40 นาที หรือถ้าการหยุดพักเพื่อผสมสารเคมีทุก 25 นาที จะใช้งานได้ 2 ครั้ง

อัตราสิ้นเปลืองแก๊สเฉลี่ย 1.2 กิโลกรัมต่อชั่วโมง หรือคิดเป็นเงิน 23.93 บาทต่อชั่วโมง (ราคาแก๊สหุงต้มประมาณ 300 บาท/ถัง 15 กิโลกรัม) ดังนั้นถ้าใช้ถังแก๊สขนาด 4 กิโลกรัม (ถังแก๊สปิคนิค) จะใช้งานได้นานประมาณ 3 ชั่วโมง ถ้าใช้ถังแก๊สขนาด 15 กิโลกรัม (ถังแก๊สบ้าน) จะใช้งานได้นานประมาณ 12 ชั่วโมง

ภาพประกอบ 1 เครื่องฉีดพ่นสารเคมีแบบผสมกับอากาศในแปลงผลไม้สำหรับจักรยานยนต์พ่วงข้าง

ผลการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องฉีดพ่นสารเคมีแบบผสมกับอากาศในแปลงผลไม้สำหรับจักรยานยนต์พ่วงข้าง

จากการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องฉีดพ่นสารเคมีแบบผสมกับอากาศในแปลงผลไม้สำหรับจักรยานยนต์พ่วงข้าง พบว่า ความหนาแน่นของละอองสารเคมีเท่ากับ 19.33±11.70 ละอองต่อตารางเซนติเมตร ขนาดละอองเฉลี่ย 61.2±14.0 ไมครอน ซึ่งสอดคลองกับ CIBA-GEIGY (1989)

สรุปผลการวิจัย

เครื่องฉีดพ่นสารเคมีแบบผสมกับอากาศในแปลงผลไม้ติดตั้งกับจักรยานยนต์พ่วงข้างประกอบด้วยพัดลมแรงเหวี่ยงเส้นผ่าศูนย์กลาง 38 เซนติเมตร ติดตั้งชุดปรับมุม ต่อกับตัวกระจายลม ขับด้วยเครื่องยนต์แก๊สขนาด 6.5 แรงม้า ติดตั้งหัวฉีดกรวยกลวงจำนวน 8 หัว รอบตัวกระจายลม ใช้ปั๊มกระแสตรง 12 โวล์ต อัตราการไหล 17 ลิตรต่อนาที โดยมีแบตเตอรี่ 12 โวล์ต 18 แอมป์-ชั่วโมง เป็นแหล่งจ่ายไฟ นำมาประกอบบนแท่นที่ทำจากเหล็กแผ่นพับและเชื่อมขึ้นรูปกว้าง 21 เซนติเมตร ยาว 71 เซนติเมตร สามารถนำไปติดตั้งกับรถจักรยานยนต์พ่วงข้างโดยใช้ถังผสมขนาด 50-100 ลิตร

สมรรถนะในการทำงานของเครื่องฉีดพ่นสารเคมีแบบผสมกับอากาศในแปลงผลไม้สำหรับจักรยานยนต์พ่วงข้างที่ความเร็วรอบพัดลม 1,950 รอบต่อนาที ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 3,350 รอบต่อนาที ความเร็วในการเคลื่อนที่ 4 กิโลเมตรต่อชั่วโมง มีสมรรถนะในการทำงานเท่ากับ 10 ไร่ต่อชั่วโมง อัตราการใช้สารเคมี 240 ลิตรต่อชั่วโมง อัตราสิ้นเปลืองแก๊ส 1.2 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ความหนาแน่นของละอองสารเคมีเท่ากับ 19.33±11.70 ละอองต่อตารางเซนติเมตร ขนาดละอองเฉลี่ย 61.2±14.0 ไมครอน

เครื่องฉีดพ่นสารเคมีแบบผสมกับอากาศในแปลงผลไม้สำหรับจักรยานยนต์พ่วงข้างมีต้นทุนอยู่ที่ 40,000 บาทรับจ้างฉีดพ่นสารเคมีโดยคิดค่าจ้าง 1,000 บาท/วัน จุดคุ้มทุนอยู่ที่ 90.6 ไร่/ปี และสามารถคืนทุนได้ในเวลา 0.366 ปี หรือประมาณ 4 เดือน 12 วัน

ข้อเสนอแนะ

ในการฉีดพ่นสารเคมีกับต้นทุเรียนที่มีทรงพุ่มกว้าง ใบหนาทึบ พบว่าละอองสารเคมีส่วนใหญ่จะถูกใบด้านล่าง บริเวณยอดจะมีละอองสารเคมีน้อย ทำให้ละอองสารเคมีกระจายไม่ทั่วทั้งต้น ต้องทดสอบปรับระยะห่างและมุมในการฉีดพ่นเพื่อให้ทั่วถึงทั้งต้น

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรมและอัญมณีศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี ไชยพงษ์ฟาร์ม และ EGCO group ที่เอื้อเฟื้อสถานที่และเครื่องมือในการวิจัย

รายการอ้างอิง

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. มมป. **ระบบอัดอากาศ ปั๊ม และพัดลม และการอนุรักษ์พลังงาน**. กรุงเทพฯ: กองฝึกอบรม กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน.

ทรงศักดิ์ ปัญญาสงค์. 2549 . **การพัฒนาเครื่องพ่นสารเคมีการเกษตร : Developments of Sprayer for Agriculture**. สืบค้นเมื่อ 30 กันยายน 2554, จาก http://dcms.thailis.or.th/dcms/search_result.php.

นพดล ตรีรัตน์. 2544. **การออกแบบและประเมินผลเครื่องเก็บเกี่ยวหญ้าอาหารสัตว์**. สืบค้นเมื่อ 30 กันยายน 2554, จาก http://dcms.thailis.or.th/dcms/search_result.php.

ปราโมช ร่วมสุข. 2554. **สถานการณ์ผลไม้ไทยในฤดูการผลิตปี 2553**. สืบค้นเมื่อ 30 กันยายน 2554, จาก http://webhost.cpd.go.th/spscpd/download/Mixfruit/6.ppt.

พีรพันธ์ บางพาน. 2546. **การประเมินผลเครื่องแกะเมล็ดลำไยชนิดจานหมุนโดยใช้เทคนิคการออกแบบการทดลอง.** สืบค้นเมื่อ 30 กันยายน 2554, จาก http://dcms.thailis.or.th/dcms/search_result.php.

ภาควิชาเกษตรกลวิธาน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2553. **เครื่องพ่นสารเคมี**. สืบค้นเมื่อ 1 ตุลาคม 2554. จาก http:/gis.agr.ku.ac.th/e_learning/farm_mechine/ media/lesson8.htm.

มงคล กวางวโรภาส. 2553 . **การวิจัยและพัฒนาเครื่องพ่นหมอกชนิดปากปล่องเพื่อใช้ในสวนผลไม้**. สืบค้นเมื่อ 30 กันยายน 2554, จาก http://dcms.thailis.or.th/dcms/search_result.php.

วัชรินทร์ สิทธิเจริญ. 2548. **ผลงานสิ่งประดิษฐ์ การพัฒนาเครื่องพ่นสารเคมี**. สืบค้นเมื่อ 22 กันยายน 2554, จาก http://dcms.thailis.or.th/dcms/ search_result.php.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2554. **อุตสาหกรรมผลไม้ของประเทศไทย.** สืบค้นเมื่อ 22 กันยายน 2554, จาก http://www.thaifa.com/thaifa/portals/0/File/ascn_fruit2.doc.

Alexander G. Styopkin. 2009. **Perfect Screen Ruler 3.0**. Retrieved May 11, 2012, from http://www.styopkin.com

CIBA-GEIGY. 1989. **Application Techniques for plant Protection in Field Crops.** 2nd ed. lllinois: Spraying System Co.,

การวิเคราะห์ระบบแถวคอยแบบมาร์คอเวียนในการให้บริการของร้านค้าภายในโรงอาหาร : กรณีศึกษา โรงเรียนกองทัพบกอุปถัมภ์เพชราวุธวิทยา

ANALYSIS OF MARKOVIAN QUEUE AT THE CANTEEN : A CASE STUDY OF PETCHARAWUTWITAYA SCHOOL

จอมขวัญ แก้วล้วน

ภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

E-mail : suan_kwan@windowslive.com

ธิดาพร ศุภภากร

ภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้ทำการศึกษาเพื่อเปรียบเทียบระบบการให้บริการของร้านค้าภายในโรงอาหารของโรงเรียนกองทัพบกอุปถัมภ์เพชราวุธวิทยา ดังนั้นจึงมีการสร้างแบบจำลองของระบบงานใหม่เพื่อศึกษาเปรียบเทียบกับระบบงานเดิม เนื่องจากต้องการลดเวลารอคอยเพื่อรับบริการของนักเรียน การสร้างแบบจำลองใช้โปรแกรม Arena 7.01 พบว่าระบบงานใหม่ที่มีการเพิ่มจำนวนผู้ให้บริการในแต่ละร้านค้าอีกหนึ่งคน ทำให้มีแถวรอคอยเพื่อซื้ออาหารเพิ่มอีกหนึ่งแถวสามารถลดเวลารอคอยของนักเรียนได้ ในส่วนของการแจกแจงของเวลาในการให้บริการของแต่ละร้านค้าจะแตกต่างกันไป โดยร้านค้าที่มีการแจกแจงของเวลาในการให้บริการเป็นแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล และมีอัตราการเข้ามารับบริการเป็นแบบปัวส์ซองจะนำมาวิเคราะห์ในกรณีที่เป็นแถวคอยแบบมาร์คอเวียน มีการคำนวณความน่าจะเป็นในรูปแบบของลูกโซ่มาร์คอฟ พบว่าเมื่อระบบอยู่ระหว่างการปรับปรุงคือระหว่างที่ร้านค้าต้องมีการเตรียมเครื่องปรุงเพิ่ม ทำให้นักเรียนต้องรอคอยรับบริการนาน ความน่าจะเป็นที่จะสูญเสียลูกค้าก็จะเพิ่มสูงขึ้น

คำสำคัญ : การจำลอง แถวคอย แถวคอยแบบมาร์คอเวียน กระบวนการลูกโซ่มาร์คอฟ ความน่าจะเป็นในสถานะคงที่

ABSTRACT

This research is a comparable study of store service system in a canteen of Petcharawutwitaya school in Bangkok. The topic proposed in this paper is to simulate a new system and compare the efficiency of both systems between the current and the new ones which are simulated by Arena 7.01. The new system has one more line for each store in each new system. The data express that the new system reduces the waiting time.

Moreover, a Markov chain process is applied to this scenario with exponential distribution in service time and poisson distribution in arrival time. The results show that during the system under repair, the first few customers are able to wait for their food services while the next customer(s) who is/are being or entering in the system under repair had highly possibility to leave the system before getting the service when the time had been gone.

KEYWORDS : Simulation, Queue, Markovian queue, Markov chain, Steady-state probabilities

1. บทนำ

เนื่องจากเหตุอุทกภัยที่เกิดขึ้นในปี 2554 ได้ส่งผลกระทบต่อการเปิดภาคเรียนของโรงเรียนในกรุงเทพมหานคร และทำให้การจัดตารางการเรียนการสอนมีการเปลี่ยนแปลง ต้องมีการปรับเปลี่ยนเพื่อให้มีการเรียนการสอนให้ได้เนื้อหาครบถ้วนตามเดิมเพราะเวลาการสอนขาดไปจากการเปิดเทอมล่าช้า ในกรณีของโรงเรียนกองทัพบกอุปถัมภ์เพชราวุธวิทยา มีการลดระยะเวลาในการพักรับประทานอาหารกลางวันของนักเรียนจึงทำให้เกิดความแออัดขึ้นภายในโรงอาหาร นักเรียนต้องรอคอเพื่อซื้ออาหารกลางวันเป็นเวลานานอีกทั้งในระหว่างการให้บริการกับนักเรียนร้านค้าจะต้องมีช่วงที่ต้องเตรียมส่วนประกอบของอาหารหรือเครื่องปรุงเพิ่มเติมทำให้นักเรียนต้องรอคอยนานยิ่งขึ้นและมีโอกาสที่นักเรียนจะอดทนรอไม่ไหวออกจากร้านค้าไปก่อนที่จะได้รับบริการ

ดังนั้นการวิจัยครั้งนี้จะทำการศึกษาแถวคอยของนักเรียนที่ซื้ออาหารภายในโรงอาหารโดยทำการศึกษาในช่วงเวลาพักกลางวัน ทำการจำลองระบบงานเดิมและระบบงานใหม่ที่มีการเพิ่มแถวในการรอคอยเพื่อซื้ออาหารอีกหนึ่งแถว และทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของระบบเดิมกับระบบใหม่ โดยใช้การจำลองสถานการณ์จากโปรแกรม Arena 7.01 ซึ่งจะให้ระยะเวลารอคอยเพื่อนำมาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของระบบ

มีการคำนวณหาความน่าจะเป็นที่นักเรียนจะออกจากแถวคอยไปก่อนที่จะได้รับบริการ เนื่องมาจากต้องรอคอยนานเพราะระบบมีการปรับปรุง ซึ่งในที่นี้คือร้านค้าต้องจัดเตรียมส่วนประกอบของอาหารหรือเครื่องปรุงเพิ่มเติม เป็นต้น ซึ่งการคำนวณค่าความน่าจะเป็นนี้จะคำนวณในกรณีที่แถวคอยมีลักษณะเป็นแบบลูกโซ่มาร์คอฟ คือร้านค้าที่มีการแจกแจงของเวลาในการให้บริการเป็นแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล และมีอัตราการเข้ามารับบริการเป็นแบบปัวส์ซอง โดยใช้โปรแกรม Matlab ในการคำนวณที่มีการใช้เมตริกซ์

2. กรอบแนวคิดและทฤษฎี

2.1 ระบบแถวคอย

โดยทั่วไปลักษณะของแถวคอยจะมีหลายรูปแบบ แต่ในที่นี้ลักษณะของแถวคอยที่อยู่ในงานวิจัยประกอบด้วย ระบบแถวคอยแบบช่องทางเดียว – ขั้นตอนเดียว (ระบบงานเดิม) คือระบบแถวคอยที่มีหน่วยให้บริการเดียวและมีขั้นตอนการบริการขั้นตอนเดียว เมื่อลูกค้ารับบริการเสร็จก็ออกจากระบบไป และระบบแถวคอยแบบหลายช่องทาง – ขั้นตอนเดียว (ระบบงานใหม่) คือระบบแถวคอยที่มีขั้นตอนการให้บริการขั้นตอนเดียว แต่มีหน่วยบริการมากกว่า 1 หน่วย

2.2 แถวคอยในลักษณะของมาร์คอเวียน

รูปแบบแถวคอยในลักษณะของมาร์คอเวียน (Markovian queue) เป็นรูปแบบที่มีลักษณะอัตราการเข้ามาถึงระบบมีการแจกแจงแบบปัวส์ซอง (Poisson distribution) และเวลาในการให้บริการมีการแจกแจงแบบเลขชี้กำลัง (Exponential distribution) (Sharma, 1997)

กระบวนการลูกโซ่มาร์คอฟ แบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ คือแบบไม่ต่อเนื่อง (Discrete-Time Markov Chains) และแบบต่อเนื่อง (Continuous-Time Markov chains) ซึ่งที่นี้จะศึกษาเฉพาะกรณีแบบต่อเนื่อง (Gunter, 2006)

กระบวนการเกิด – ตาย (Birth – death process) เป็นหนึ่งในกระบวนการลูกโซ่มาร์คอฟ ซึ่งเป็นกระบวนการที่มีการเปลี่ยนแปลงระหว่างสถานะที่อยู่ใกล้เคียงกันเท่านั้น

กำหนดให้ Q^* แทน Generator matrix ซึ่งมีรูปแบบดังนี้

$$Q^* = \begin{bmatrix} -\lambda_0 & \lambda_0 & 0 & 0 & \cdots \\ \mu_1 & -(\lambda_1+\mu_1) & \lambda_1 & 0 & \cdots \\ 0 & \mu_2 & -(\lambda_2+\mu_2) & \lambda_2 & \cdots \\ 0 & 0 & \mu_3 & -(\lambda_3+\mu_3) & \cdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots \end{bmatrix}$$

โดยที่ $\lambda_k, k \geq 0$ คืออัตราการเปลี่ยนแปลงของสถานะที่ขึ้นกับอัตราการเกิด (Birth rates)
และ $\mu_l, l \geq 1$ คืออัตราการเปลี่ยนแปลงของสถานะที่ขึ้นกับอัตราการตาย (Death rates)

วิเคราะห์ระบบการให้บริการในกรณีที่แถวคอยมีลักษณะเป็นแถวคอยแบบมาร์คอเวียน โดยที่สถานะที่ 1 ถูกกำหนดว่าเป็นสถานะปกติ คือเวลาที่มีการให้บริการโดยปกติทั่วไปไม่เกิน 1 นาที โดยการเข้ามารับบริการไม่จำกัด ส่วนในสถานะที่ 2 ถูกกำหนดให้เป็นสถานะปรับปรุง คือเวลาในการให้บริการมีเกิน 1 นาที โดยจะมีจำนวนนักเรียนที่ต้องอยู่ในสถานะนี้เป็นจำนวนจำกัด K คน จะได้ Generator matrix เป็นดังนี้

$$Q = \begin{bmatrix} B_{0,0} & A_0 \\ A_2 & A_1 \end{bmatrix}$$

โดยที่

$$B_{0,0} = \begin{bmatrix} -\lambda-\mu & \mu_1 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & -\lambda-\mu & \mu_1 & \cdots & 0 \\ 0 & 0 & -\lambda-\mu & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & \cdots & -\lambda \end{bmatrix}, \quad A_0 = \begin{bmatrix} \lambda & 0 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & \lambda & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & 0 & \lambda & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & \cdots & \lambda \end{bmatrix}$$

$$A_1 = \begin{bmatrix} -\lambda-\mu_1 & \mu_1 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & -\lambda-\mu_2 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & 0 & -\lambda-\mu_2 & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & \cdots & -\lambda-\mu_2 \end{bmatrix}, \quad A_2 = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 \\ \mu_2 & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 \\ 0 & \mu_2 & 0 & \cdots & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \mu_2 & \cdots & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & \cdots & \mu_2 & 0 \end{bmatrix}$$

หมายเหตุ ขนาดของเมตริกซ์ $B_{0,0}, A_0, A_1, A_2$ จะเป็น $K + 1$

กำหนดให้

อัตราการเข้ามารับบริการมีการแจกแจงปัวส์ซอง มีพารามิเตอร์ λ

เวลาในการให้บริการในช่วงเวลาปกติมีการแจกแจงเอ็กซ์โพเนนเชียล มีพารามิเตอร์ μ_1

เวลาในการให้บริการในช่วงเวลาที่ระบบมีการปรับปรุงมีการแจกแจงเอ็กซ์โพเนนเชียล มีพารามิเตอร์ μ_2

สถานะคงที่ เกิดจากการที่เมื่อทำการคำนวณค่าความน่าจะเป็นในการเปลี่ยนแปลงจากสถานะหนึ่งไปสู่อีกสถานะหนึ่ง จนค่าความน่าจะเป็นนี้ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงอีกแล้ว จึงเรียกว่าสถานะคงที่หรืออีกชื่อหนึ่งคือสถานะดุลยภาพ กำหนดให้ค่าความน่าจะเป็นในสถานะคงที่เป็น π (สุปัญญา, 2553)

การคำนวณเวกเตอร์ความน่าจะเป็นในสถานะคงที่

$$(\pi_0, \pi_1) = [0,1] \begin{bmatrix} B_{0,0} & (A_0)^* & e \\ A_2 & (A_1 + RA_2)^* & (I-R)^{-1} e \end{bmatrix}^{-1}$$

โดยที่ e คือ column vector และ * คือการตัดเอาคอลัมน์สุดท้ายออก

การคำนวณหาค่า π อยู่ภายใต้เงื่อนไข π Q = 0 และ πe = 1 มีเมตริกซ์ R (Rate matrix) ซึ่งเป็นเมตริกซ์ที่แสดงเวลาที่คาดว่าจะใช้ในแต่ละสถานะ $R_{(n)} = -\left(A_0 + R_{(n-1)}^2 A_2\right) A_1^{-1}$ ซึ่งเมตริกซ์ R นี้เป็นโครงสร้างที่มีการหาโดยการทำซ้ำจะหยุดการทำซ้ำก็ต่อเมื่อ $\left\| R_{(n+1)} - R_{(n)} \right\| < \varepsilon$ กำหนดให้ ε =0.0005 และมีเมตริกซ์เริ่มต้นคือ $R(0) = 0$

ซึ่งค่า π นี้จะเป็นค่าที่นำไปใช้เพื่อหาค่าความน่าจะเป็นที่จะสูญเสียลูกค้าเนื่องจากระบบอยู่ระหว่างการปรับปรุง โดยค่าความน่าจะเป็นดังกล่าวคำนวณได้จาก (Srinivas R, 2009)

$$P_{loss} = \frac{1}{\lambda} y_K D_1 e \text{ โดยที่ } \lambda = \pi D_1 e$$

และ D_1 คือเมตริกซ์แสดงการเปลี่ยนแปลงของระบบในช่วงที่มีผู้เข้ามาใช้ระบบ = $[\lambda_s]$

λ_s คือค่าพารามิเตอร์ของเวลาในการให้บริการรวมกับเวลาในการรอคอย (Sojourn time) ซึ่งมีการแจกแจงเอ็กซ์โพเนนเชียล

2.3 การตรวจสอบการแจกแจงของข้อมูล

1) สร้างฮิสโตแกรม (Histogram) ซึ่งเป็นกราฟที่ใช้แสดงข้อมูลที่นิยมใช้อย่างกว้างขวาง โดยนำข้อมูลต่าง ๆ ที่ได้ มาสร้างกราฟ เพื่อดูลักษณะการแจกแจง

2) ใช้วิธีทางสถิติ เพื่อทดสอบการแจกแจงของข้อมูล ทำการทดสอบการแจกแจงความน่าจะเป็นของข้อมูล ว่าเป็นไปตามที่คาดคะเนหรือไม่โดยใช้การทดสอบไคสแควร์ หรือการทดสอบโคโมโกรอฟ-สเมียร์นอฟ

วิธีการทดสอบไคสแควร์ (Chi-square test) มีขั้นตอนดังนี้

สมมติฐานการทดสอบ

H_0 : ข้อมูลมีการแจกแจงเป็นไปตามที่กำหนด

H_1 : ข้อมูลไม่ได้มีการแจกแจงเป็นไปตามที่กำหนด

สถิติทดสอบไคสแควร์คำนวณได้จาก $\chi^2 = \sum_{i=1}^{k} \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$; df = k - r – 1

โดยที่ k = จำนวนกลุ่มที่มีค่าต่างกันของข้อมูล ,r = จำนวนพารามิเตอร์ของการแจกแจงที่ต้องการทดสอบ

O_i = ความถี่ของข้อมูล (Observed frequency) ในกลุ่มที่ i โดยที่ i = 1, 2, 3, … ,k

E_i = ค่าความถี่คาดหมายของข้อมูลในกลุ่มที่ i หากข้อมูลมีการแจกแจงเป็นไปตามที่กำหนด โดยที่ i = 1, 2, 3, … ,k

ถ้า $\chi^2 \le \chi^2_{\alpha,k-r-1}$ จะสรุปว่าไม่มีเหตุผลมากพอที่จะปฏิเสธสมมติฐานหลัก ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 หมายความว่ายอมรับลักษณะการแจกแจงความน่าจะเป็นที่ทดสอบ

ถ้า $\chi^2 > \chi^2_{\alpha,k-r-1}$ จะสรุปว่าปฏิเสธสมมติฐานหลัก ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 หมายความว่าไม่ยอมรับลักษณะการแจกแจงความน่าจะเป็นที่ทดสอบ

วิธีการทดสอบโคโมโกรอฟ-สเมียร์นอฟ (Kolmogorov-smirnov goodness of fit) มีขั้นตอนดังนี้

สมมติฐานการทดสอบ

H_0 : ข้อมูลมีการแจกแจงเป็นไปตามที่กำหนด

H_1 : ข้อมูลไม่ได้มีการแจกแจงเป็นไปตามที่กำหนด

ตัวสถิติที่ใช้ในการทดสอบ $D_n = Max\left\{D_n^+ \, , \, D_n^-\right\}$

เมื่อ $D_n^+ = \underset{1 \le i \le n}{Max} \left\{ \frac{1}{n} - F\left(\hat{x}_i\right) \right\}$ และ $D_n^- = \underset{1 \le i \le n}{Max} \left\{ F\left(\hat{x}_i\right) - \left(\frac{i-1}{n} \right) \right\}$

โดยที่ $F\left(\hat{x}_i\right)$ เป็นฟังก์ชันการแจกแจงตามที่กำหนด ในสมมติฐานหลักและ x_i เป็นข้อมูลลำดับที่ i เมื่อเรียงลำดับข้อมูล x และสามารถหาค่าวิกฤติของตัวสถิติโคโมโกรอฟ-สเมียร์นอฟ ที่ระดับนัยสำคัญต่าง ๆ จากตารางของ Law and Kelton (1982)

ถ้า D_n น้อยกว่าหรือเท่ากับค่าวิกฤติที่ได้จากตาราง จะสรุปว่าไม่มีเหตุผลมากพอที่จะปฏิเสธสมมติฐานหลักหมายความว่ายอมรับลักษณะการแจกแจงความน่าจะเป็นที่ทดสอบ

ถ้า D_n มากกว่าค่าวิกฤติที่ได้จากตาราง จะสรุปว่าปฏิเสธสมมติฐานหลัก หมายความว่าไม่ยอมรับลักษณะ การแจกแจงความน่าจะเป็นที่ทดสอบ

โดยทั้งสองวิธี คือวิธีการทดสอบโคโมโกรอฟ-สเมียร์นอฟ (Kolmogorov-smirnov test) และวิธีการทดสอบไคสแควร์ (Chi-square test) โปรแกรม Arena จะคำนวณค่า *P* (*P-value*) ที่ได้จากการทดสอบ ถ้าค่า *P* ที่ได้จากการทดสอบมากกว่าค่าระดับนัยสำคัญ (Significance level) จะไม่สามารถปฏิเสธสมมติฐานหลัก H_0 ได้ หมายความว่าข้อมูลมีการแจกแจงตามแบบที่ต้องการทดสอบ ดังนั้นจะต้องมีการตั้งสมมติฐานและตรวจสอบค่า *P* ทุกครั้งก่อนนำการแจกแจงที่ได้ไปเป็นตัวแทนของข้อมูลเพื่อใช้เป็นตัวแทนข้อมูลนำเข้าให้กับตัวแบบจำลองต่อไป

3. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาระบบแถวคอยเดิม และเสนอแนวทางในการจัดระบบแถวคอยแบบใหม่
2. เปรียบเทียบประสิทธิภาพของระบบงานเดิมกับระบบงานใหม่
3. เพื่อศึกษารูปแบบแถวคอยในลักษณะของลูกโซ่มาร์คอฟและคำนวณหาความน่าจะเป็นที่ระบบจะสูญเสียลูกค้าเนื่องจากระบบอยู่ระหว่างการปรับปรุง

มีขั้นตอนในการดำเนินการวิจัยดังนี้ คือศึกษาแถวคอยของนักเรียนที่ซื้ออาหารภายในโรงอาหารโดยทำการศึกษาในช่วงเวลาพักกลางวัน โดยทำการเก็บรวบรวมข้อมูลของร้านค้าภายในโรงอาหาร 3 ร้านค้าเป็นร้านค้าที่ขายอาหารประเภทก๋วยเตี๋ยว ข้อมูลที่เก็บเป็นเวลาที่นักเรียนเริ่มเข้าแถวซื้ออาหาร เวลาที่นักเรียนเริ่มสั่งอาหาร และเวลาที่นักเรียนได้รับอาหาร โดยการเก็บรวบรวมข้อมูลจะเก็บข้อมูลเวลาของนักเรียนทุกคนที่เข้ามารับบริการในแต่ละร้านค้า ทำการบันทึกข้อมูลในวันจันทร์ พุธ และศุกร์ ตั้งแต่วันที่ 30 มกราคม – 1 มีนาคม พ.ศ. 2555 ตั้งแต่เวลา 11.00 – 12.00 น. เครื่องมือที่ใช้เก็บข้อมูลจะใช้นาฬิกาดิจิตอล และจดบันทึกเวลาลงในแบบจดเวลา จากนั้นจึงรวบรวมข้อมูล นำข้อมูลที่ได้มาตรวจสอบการแจกแจงของข้อมูลโดยใช้โปรแกรม Arena และจำลองระบบงานเดิมกับระบบงานใหม่ โดยการจำลองจะกำหนดรอบในการจำลองสถานการณ์ 1000 ครั้ง ทำการเปรียบเทียบเวลารอคอยเฉลี่ยของทั้ง 2 ระบบ และเลือกร้านค้าที่มีแถวคอยในลักษณะของลูกโซ่มาร์คอฟมาคำนวณความน่าจะเป็นที่ระบบจะสูญเสียลูกค้า โดยใช้โปรแกรม Matlab

4. สรุปผลการวิจัย

ระบบงานเดิมในแต่ละร้านค้ามี 1 แถวคอย จำลองทั้งสิ้น 3 ร้านค้าเป็นร้านค้าประเภทก๋วยเตี๋ยว จะให้บริการตั้งแต่เวลา 11.00 – 12.00 น. ดังแสดงในตาราง 1

ตาราง 1 ผลการจำลองระบบการให้บริการเดิมของร้านค้าภายในโรงอาหารโดยโปรแกรม Arena 7.01

ร้านค้า	เวลารอคอยเฉลี่ย (นาที)
4	6.2102
5	8.6895
6	4.7058

ในแต่ละระบบงานใหม่ จะมี 1 ร้านค้าที่เพิ่มจำนวนผู้ให้บริการอีก 1 คน ทำให้ร้านค้านั้นมีแถวรอคอยเพื่อซื้ออาหารเพิ่มเป็น 2 แถว จำลองทั้งสิ้น 3 ร้านค้าเป็นร้านค้าประเภทก๋วยเตี๋ยว จะให้บริการตั้งแต่เวลา 11.00 – 12.00 น. ดังแสดงในตาราง 2

ตาราง 2 เวลารอคอยเฉลี่ย (นาที) จากผลการจำลองระบบการให้บริการใหม่ของร้านค้าภายในโรงอาหาร โดยโปรแกรม Arena 7.01

ร้านค้า	ระบบงานใหม่ที่ 1	ระบบงานใหม่ที่ 2	ระบบงานใหม่ที่ 3
4	3.4925	6.0218	6.3187
5	8.5883	1.1626	8.4499
6	4.7396	4.7850	0.2502

ในกรณีที่แถวคอยมีลักษณะเป็นแบบลูกโซ่มาร์คอฟ คือ มีการแจกแจงของเวลาในการให้บริการเป็นแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล และมีอัตราการเข้ามารับบริการของนักเรียนเป็นแบบปัวส์ซอง มีการคำนวณหาความน่าจะเป็นที่นักเรียนจะออกจากแถวคอยไปก่อนที่จะได้รับบริการ เนื่องมาจากต้องรอคอยนานเพราะระบบมีการปรับปรุง โดยการหาความน่าจะเป็นนั้นเริ่มแรกจะต้องทำการคำนวณหาค่าความน่าจะเป็นในสถานะคงที่ซึ่งในที่นี้กำหนดให้ $K = 5$ ดังแสดงในตารางที่ 3 แล้วจึงนำไปหาความน่าจะที่นักเรียนจะอดทนรอไม่ได้และออกจากระบบไปก่อนที่จะได้รับบริการ ดังแสดงในภาพประกอบ 1

ตาราง 3 ค่าความน่าจะเป็นในสถานะคงที่

สถานะ	ค่าความน่าจะเป็นในสถานะคงที่ (π)	สถานะ	ค่าความน่าจะเป็นในสถานะคงที่ (π)
ปรับปรุง 0	0.0000001378	ปกติ 0	0.0000003449
ปรับปรุง 1	0.0000002791	ปกติ 1	0.0000010385
ปรับปรุง 2	0.0000006090	ปกติ 2	0.0000015937
ปรับปรุง 3	0.0000015134	ปกติ 3	0.0000035575
ปรับปรุง 4	0.0000049623	ปกติ 4	0.0000091528
ปรับปรุง 5	0.0000047903	ปกติ 5	0.0000318020

ภาพประกอบ 1 แสดงความน่าจะเป็นที่จะสูญเสียลูกค้าเนื่องจากระบบอยู่ระหว่างการปรับปรุง

6. อภิปรายผล

จากการจำลองสถานการณ์ของระบบงานเดิมและระบบงานใหม่ พบว่าระบบงานใหม่ระบบที่ 2 สามารถลดเวลารอคอยเพื่อซื้ออาหารได้มากที่สุด ดังนั้นจึงควรจะเลือกใช้ระบบงานใหม่นี้ ถ้าหากโรงเรียนมีเหตุการณ์ที่จะต้องลดระยะเวลาพักกลางวัน หรือหน่วยงานอื่นที่ไม่ใช่โรงเรียนถ้าหากอยากจะปรับปรุงให้ระบบมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ผู้ใช้บริการไม่ต้องรอคอยนานก็สามารถนำรูปแบบของระบบงานใหม่นี้ไปใช้ได้ และจากการวิเคราะห์โดยการใช้กระบวนการลูกโซ่มาร์คอฟเพื่อหาความน่าจะเป็นที่ระบบจะสูญเสียลูกค้าเนื่องมาจากการที่ระบบอยู่ระหว่างการปรับปรุงทำให้ลูกค้าต้องรอคอยนานกว่าปกติ พบว่าถ้าหากระบบยังคงอยู่ระหว่างปรับปรุงนานขึ้นโอกาสที่จะต้องสูญเสียลูกค้าจะมีมากขึ้นตามไปด้วย แต่เมื่อระยะเวลาผ่านไปสักระยะจะเข้าสู่ค่าคงที่คือ 0.08 ซึ่งเป็นไปตามทฤษฎีของความน่าจะเป็นในสถานะคงที่ ที่เมื่อทำการคำนวณไประยะหนึ่งความน่าจะเป็นจะไม่เกิดการเปลี่ยนแปลง

7. ข้อเสนอแนะ

ในการทำวิจัยครั้งต่อไปตรงส่วนที่วิเคราะห์ด้วยกระบวนการมาร์คอฟ ควรจะมีการศึกษาแถวคอยที่มีการแจกแจงแบบอื่น ๆ ด้วย ว่าความน่าจะเป็นที่ลูกค้าจะเปลี่ยนใจออกจากระบบไปก่อนที่จะได้รับบริการมีแนวโน้มเช่นเดียวกันหรือไม่ ส่วนของการนำผลไปใช้สำหรับร้านค้าทั่วไปสามารถนำรูปแบบของแถวคอย

แบบใหม่นี้ไปใช้ได้เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นและอาจเพิ่มยอดขายได้มาขึ้นอีกด้วยเพราะลูกค้าจะเกิดความประทับใจที่ไม่ต้องรอคอยเพื่อซื้ออาหารนาน

8. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาจาก อาจารย์ธิดาพร ศุภภากร อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ที่ให้คำปรึกษา แนะนำ และตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ให้มีความสมบูรณ์ ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้ และขอกราบขอบพระคุณโรงเรียนกองทัพบกอุปถัมภ์เพชราวุธวิทยา เจ้าหน้าที่และคุณครูทุก ๆ ท่านที่ให้ความร่วมมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล

9. รายการอ้างอิง

รุ่งรัตน์ ภิสัชเพ็ญ. 2553. **คู่มือสร้างแบบจำลองด้วยโปรแกรม Arena (ฉบับปรับปรุง).** ซีเอ็ดยูเคชั่น, กรุงเทพฯ.

ลัญฉกร วุฒิสิทธิกุลกิจ และคณะ. 2549**. การใช้งานโปรแกรม Matlab เบื้องต้น.** สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

สายชล สินสมบูรณ์ทอง. 2548. **ความน่าจะเป็น = Probability.** จามจุรี โปรดักท์, กรุงเทพฯ.

สุปัญญา ไชยชาญ. 2553. **การวิเคราะห์เชิงปริมาณ ฉบับสมบูรณ์.** พี.เอ. ลีฟวิ่ง, กรุงเทพฯ.

Gunter Bolch, Stefan Greiner, Hermann de Meer and Kishor S. Trivedi. 2006. **Queueing Networks and Markov Chains,** Wiley, Canada.

Law, A.M. and W.D. Kelton. 1982. **Simulation Modeling and Analysis.** McGraw-Hill, New York.

Sharma O.P. 1997. **Markovian Queues.** Allied, New Delhi.

Srinivas R. Chakravarthy. 2009. A disaster queue with Markovian arrivals and impatient customers. **Journal of Applied Mathematics and Computation** 214: 48-59.

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการเลือกตัวอย่างแบบมีระบบ 4 วิธี

COMPARATIVE EFFICIENCY OF FOUR SYSTEMATIC SAMPLING METHODS

นครินทร์ แก้วสระแสน

ภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

E-mail : first_fasuto@hotmail.com

อำไพ ทองธีรภาพ

ภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของค่าเฉลี่ยตัวอย่างที่ได้จากการเลือกตัวอย่างแบบมีระบบ 4 วิธี คือ การเลือกตัวอย่างแบบมีระบบเชิงเส้น (LSY) การเลือกตัวอย่างแบบมีระบบเชิงเส้นคู่ (BSY) การเลือกตัวอย่างแบบมีระบบชนิด Modified Balanced Circular (MBC) และ การเลือกตัวอย่างแบบมีระบบชนิด Mixed Random (MRSS) เมื่อประชากรมีแนวโน้มเชิงเส้น (Linear Trend) ผลการศึกษาพบว่าค่าเฉลี่ยตัวอย่างที่ได้จากการเลือกตัวอย่างด้วยวิธี MBC ให้ค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (MSE) ต่ำที่สุด เมื่อขนาดประชากรเป็นจำนวนคี่ หรือ ขนาดตัวอย่างเป็นจำนวนคู่ แต่เมื่อขนาดประชากรเป็นจำนวนคู่ และขนาดตัวอย่างเป็นจำนวนคี่ การเลือกตัวอย่างด้วยวิธี LSY และ BSY จะให้ค่าMSE ต่ำที่สุด

คำสำคัญ : การเลือกตัวอย่างแบบมีระบบเชิงเส้น แบบมีระบบเชิงเส้นคู่ แบบมีระบบชนิด Modified Balanced Circular แบบมีระบบชนิด Mixed Random

ABSTRACT

The objective of this research is to compare the efficiency of sample means from linear systematic sampling (LSY) , bilinear systematic sampling (BSY) , modified balanced circular systematic sampling (MBC) and mixed random systematic sampling (MRSS) from the population with linear trend. The results show that the sample means from MBC provide the minimum MSE when the population size is odd or the sample size is even. while the population size is even and the sample size is odd the MSE from LSY and BSY is minimum.

KEYWORDS : Linear systematic sampling , Bilinear systematic sampling , Modified balanced circular systematic sampling , Mixed random systematic sampling

1. บทนำ

การเก็บข้อมูลจากทุกหน่วยของประชากร อาจทำให้เสียเวลานานและมีค่าใช้จ่ายสูงมาก นอกจากนี้ข้อมูลบางประเภทอาจมีข้อจำกัดที่ไม่สามารถเก็บข้อมูลได้จากทุกหน่วยของประชากร การเลือกข้อมูลมาเพียงบางส่วนของประชากร เรียกว่า การเลือกตัวอย่าง (Sampling) จะช่วยลดระยะเวลาและค่าใช้จ่ายในการเก็บข้อมูล การเลือกตัวอย่างจึงเป็นส่วนสำคัญของงานวิจัย เทคนิคการเลือกตัวอย่างที่มีประสิทธิภาพจะทำให้ได้ตัวแทนที่ดีจากประชากร วิธีการเลือกตัวอย่างนั้นมีหลายวิธีด้วยกัน ซึ่งการเลือกตัวอย่างแบบมีระบบเชิงเส้น (Linear Systematic Sampling : LSY) เป็นเทคนิคการเลือกตัวอย่างหนึ่งที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย โดยมีหลักการคือเป็นนำหน่วยตัวอย่างของประชากรซึ่งประกอบด้วยหน่วยตัวอย่างที่ 1, 2, ..., N มาเรียงให้อยู่ในลักษณะเส้นตรง โดยกำหนดหมายเลขให้กับทุกหน่วยตัวอย่าง ซึ่งขนาดประชากร (N) ต้องหารด้วยขนาดตัวอย่าง (n) ลงตัว หรือกล่าวได้ว่าหน่วยตัวอย่างทุกหน่วยของประชากรต้องกระจายอยู่ในรูป $N = nk$ ดังนั้น จำนวนชุดตัวอย่างที่เป็นไปได้ทั้งหมดคือ k ชุด แต่ละชุดมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ n หน่วย จากนั้นเลือกจุดสุ่มเริ่มต้น i โดยที่ $1 \le i \le k$ ไปเรื่อยๆจนครบ n หน่วย แต่มีข้อเสียคือ เมื่อขนาดของประชากรหารด้วยขนาดตัวอย่างไม่ลงตัวหรือ $N \neq nk$ โดยที่ขนาดตัวอย่าง (n) และ ช่วงการสุ่ม (k) เป็นจำนวนเต็ม ทำให้ขนาดตัวอย่างไม่เท่ากับ n หรือไม่เท่ากันและความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยเป็นตัวประมาณที่เอนเอียง (Biased Estimator) ซึ่งมีการพัฒนาวิธีการเลือกตัวอย่างแบบมีระบบเพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าวและมีประสิทธิภาพเหมาะสมกับลักษณะของข้อมูล เช่นการเลือกตัวอย่างแบบมีระบบชนิด Mixed Random (MRSS) ซึ่งพัฒนาขึ้นจากการรวมกันระหว่าง การเลือกตัวอย่างแบบง่าย (Sample Random Sampling : SRS) และ LSY แต่มีข้อจำกัดคือ การหาค่าความแปรปรวนของตัวอย่าง มีความซับซ้อนและยุ่งยากมากเมื่อเทียบกับการเลือกตัวอย่างแบบมีระบบชนิดอื่นๆ อย่างไรก็ตามยังไม่มีงานวิจัยใดทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการเลือกตัวอย่างแบบมีระบบชนิด MRSS กับการเลือกตัวอย่างแบบมีระบบอื่นๆ ผู้วิจัยจึงขอเสนอการเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างการเลือกตัวอย่างแบบมีระบบทั้ง 4 ชนิด คือ การเลือกตัวอย่างแบบมีระบบเชิงเส้น (LSY) การเลือกตัวอย่างแบบมีระบบเชิงเส้นคู่ (Bilinear Systematic Sampling : BSY) การเลือกตัวอย่างแบบมีระบบชนิด Modified Balanced Circular (MBC) และ การเลือกตัวอย่างแบบมีระบบชนิด Mixed Random (MRSS) และหาแนวทางการเลือกใช้วิธีการเลือกตัวอย่างแบบมีระบบที่เหมาะสมไปใช้กับข้อมูล

2. กรอบแนวคิดและทฤษฎี

Huang (2004) นำเสนอ การเลือกตัวอย่างแบบ Mixed Random Systematic Sampling (MRSS) ซึ่งพัฒนามาจากการเลือกตัวอย่างแบบมีระบบชนิดเชิงเส้นและการเลือกตัวอย่างแบบง่าย โดยมีวิธีดำเนินการดังต่อไปนี้

2.1 เลือกจุดสุ่มเริ่มต้น t โดยที่ $1 \le t \le N$

2.2 แบ่งประชากรออกเป็น 2 กลุ่ม โดยกลุ่มที่ 1 สมาชิกจะเริ่มจาก t ถึง t+((n-r)k)-1 มีสมาชิกทั้งหมด (n-r)k หน่วย และหน่วยที่เหลือจากการแบ่งกลุ่มที่ 1 ให้เป็นสมาชิกของกลุ่มที่ 2

2.3 เลือกหน่วยตัวอย่างจากกลุ่มที่ 1 ด้วยการเลือกตัวอย่างแบบง่าย (SRS) มาจำนวน (n-r) หน่วย

2.4 เลือกหน่วยตัวอย่างจากกลุ่มที่ 2 ด้วยการเลือกตัวอย่างแบบมีระบบเชิงเส้น (LSY) มาจำนวน r หน่วย โดยจุดเริ่มต้นสุ่มคือ t+((n-r)k)-1 จะได้ขนาดตัวอย่าง เท่ากับ n หน่วย

ค่าเฉลี่ยตัวอย่าง คือ $\bar{y}_{MRSS} = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{n}\frac{Y_i}{(\frac{n}{N})}$

ความแปรปรวนของตัวอย่าง คือ $\hat{V}(\bar{y}_{MRSS}) = \frac{1}{N^2}\sum_{u_i,u_j \in s_t}^{n}\sum_{j>i}^{n}(\frac{1}{\pi_{ij}}-\frac{N^2}{n^2})(y_i-y_j)^2$

y_i = หน่วยตัวอย่างที่ i เมื่อ i = 1, 2, ..., n

N = ขนาดประชากร n = ขนาดตัวอย่าง

t = จุดเริ่มสุ่ม k = ช่วงการสุ่ม

r = ส่วนที่เหลือจาก $\frac{N}{n}$

π_{ij} = ความน่าจะเป็นร่วม (Joint inclusion probabilities)

S_t = หน่วยตัวอย่างทั้งหมดมีขนาดเท่ากับ n

u_i = หน่วยตัวอย่างจากกลุ่มตัวอย่างที่ 1

u_j = หน่วยตัวอย่างจากกลุ่มตัวอย่างที่ 2

การเลือกตัวอย่างแบบมีระบบวิธีต่างๆที่นำมาเปรียบเทียบในงานวิจัยนี้คำนวณค่าเฉลี่ยของตัวอย่าง ดังนี้

1. การเลือกตัวอย่างแบบมีระบบเชิงเส้น (LSY) (จามรี, 2543)

โดยมีหลักการคือเป็นนำหน่วยตัวอย่างของประชากรซึ่งประกอบด้วยหน่วยตัวอย่างที่ 1, 2, ..., N มาเรียงให้อยู่ในลักษณะเส้นตรง โดยกำหนดหมายเลขให้กับทุกหน่วยตัวอย่าง ซึ่งขนาดประชากร (N) ต้องหารด้วยขนาดตัวอย่าง (n) ลงตัว หรือกล่าวได้ว่าหน่วยตัวอย่างทุกหน่วยของประชากรต้องกระจายอยู่ในรูป $N = nk$ ดังนั้น จำนวนชุดตัวอย่างที่เป็นไปได้ทั้งหมดคือ k ชุด แต่ละชุดมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ n หน่วย จากนั้นเลือกจุดสุ่มเริ่มต้น i โดยที่ $1 \le i \le k$ ไปเรื่อยๆจนครบ n หน่วย

ค่าเฉลี่ยตัวอย่าง คือ $\bar{y}_{LSY} = \frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n}\sum_{i=1}^{k} y_{ij}$

y_{ij} = หน่วยตัวอย่างที่ j ในชุดตัวอย่างที่ i เมื่อ j = 1, 2, …, n i = 1, 2, ..., k

2. การเลือกตัวอย่างแบบมีระบบเชิงเส้นคู่ (BSY) (ชรินทร์ และ อำนวย, 2540)

โดยมีหลักการคือ

1. แบ่งประชากรออกเป็น 2 กลุ่มโดยกำหนดเป็น P_1 และ P_2 มีขนาดเป็น N_1 และ N_2 ตามลำดับ
2. ทำการเลือกตัวอย่างแบบระบบกับกลุ่มประชากร P_1 โดยสุ่มตัวอย่างขนาด n_1 = n-r ช่วงการสุ่มคือ k
3. ทำการเลือกตัวอย่างแบบระบบกับกลุ่มประชากร P_2 โดยสุ่มตัวอย่างขนาด n_2 = r ช่วงการสุ่มคือ k+1

ค่าเฉลี่ยตัวอย่าง คือ $\bar{y}_{BSY} = \frac{(n-r)k\bar{y}_1 + r(k+1)\bar{y}_2}{nk+r}$

y_{ij} = หน่วยตัวอย่างที่ j ในชุดตัวอย่างที่ i เมื่อ j = 1, 2, …, n i = 1, 2, ..., k

n = ขนาดตัวอย่าง $\bar{y}_1$ = ค่าเฉลี่ยตัวอย่างในกลุ่มที่ 1

k = ช่วงการสุ่ม $\bar{y}_2$ = ค่าเฉลี่ยตัวอย่างในกลุ่มที่ 2

r = ส่วนที่เหลือจาก $\frac{N}{n}$

3. การเลือกตัวอย่างแบบมีระบบชนิด Modified Balanced Circular (MBC) (Ching-Ho and Fei-Fei, 2006)

โดยมีหลักการคือ เลือกจุดสุ่มเริ่มต้น i โดยที่ $1 \le i \le N$

1) ถ้า n เป็นจำนวนคู่ หน่วยตัวอย่าง n หน่วยที่ได้ จะประกอบด้วยหน่วยตัวอย่างที่กำหนดโดย label1 และ label2 เมื่อ

$$\text{label1} = \begin{cases} i+2(j-1)k & ; \ 1 \le i+2(j-1)k \le N \\ i+2(j-1)k-N & ; \ N < i+2(j-1)k \end{cases} \quad \text{โดยที่} \quad j = 1,2,\ldots,\frac{n}{2}$$

$$\text{label2} = \begin{cases} N-i-2(j-1)k+1 & ; \ 1 \le i+2(j-1)k-1 < N \\ 2N-i-2(j-1)k+1 & ; \ N \le i+2(j-1)k-1 \end{cases} \quad \text{โดยที่} \quad j = 1,2,\ldots,\frac{n}{2}$$

2) ถ้า n เป็นจำนวนคี่ หน่วยตัวอย่าง $n-1$ หน่วยที่ได้ จะประกอบด้วยหน่วยตัวอย่างที่กำหนดโดย label1 และ label2 เมื่อ

$$\text{label1} = \begin{cases} i+2(j-1)k & ; \ 1 \le i+2(j-1)k \le N \\ i+2(j-1)k-N & ; \ N < i+2(j-1)k \end{cases} \quad \text{โดยที่} \quad j = 1,2,\ldots,\frac{(n-1)}{2}$$

$$\text{label2} = \begin{cases} N-i-2(j-1)k+1 & , \ 1 \le i+2(j-1)k-1 < N \\ 2N-i-2(j-1)k+1 & , \ N \le i+2(j-1)k-1 \end{cases} \quad \text{โดยที่} \quad j = 1,2,\ldots,\frac{(n-1)}{2}$$

หน่วยตัวอย่างสุดท้ายกำหนด $\text{label1} = \frac{(N+1)}{2}$ ถ้า N เป็นจำนวนคี่ $\text{label2} = \frac{N}{2}$ ถ้า N เป็นจำนวนคู่

ถ้า $x_1, x_2, \ldots, x_n$ เป็นหน่วยตัวอย่างขนาด n หน่วยที่สุ่มได้ และทำการจัดเรียงลำดับค่าจากน้อยไปหามากแล้ว y_i คือ ค่าของหน่วยลำดับที่ i และมีความสัมพันธ์เชิงเส้นกับ x_i ดังสมการ $y_i = \alpha + \beta(x_i)$ โดยที่ α, β คือ ค่าคงที่ เมื่อทำการเลือกตัวอย่างด้วยวิธี MBC สำหรับ N เป็นจำนวนคี่ หรือ n เป็นจำนวนคู่ จะให้ค่าเฉลี่ยตัวอย่างเท่ากับค่าเฉลี่ยประชากรด้วยการหาค่าเฉลี่ยตัวอย่างวิธีปกติ $\bar{y}$ เมื่อ $\bar{y} = \sum_{i=1}^{n} \frac{y_i}{n}$ หรือสามารถหาค่าเฉลี่ยตัวอย่างให้เท่ากับค่าเฉลี่ยประชากรได้ด้วยวิธีการหาค่าเฉลี่ยแบบ Corrected sample mean $(\bar{y}_{c1})$ ดังนี้

$$\bar{y}_{c1} = \frac{1}{n}\left\{ S_{11} y_{x1} + \sum_{i=2}^{n-1} y_{x_i} + S_{12} y_{x_n} \right\}$$

เมื่อ

y_{xi} คือ ค่าของหน่วยลำดับที่ x_i ; $i = 1,2,\ldots,n$

$$S_{11} = (E_1 - 2x_n)/(x_1 - x_n)$$

$$S_{12} = (2x_1 - E_1)/(x_1 - x_n)$$

$$E_1 = n(N+1)/2 - \sum_{i=2}^{n-1} x_i$$

3. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

3.1. เพื่อศึกษาวิธีการเลือกตัวอย่างแบบมีระบบเชิงเส้น (LSY) , แบบมีระบบเชิงเส้นคู่ (BSY) , แบบมีระบบชนิด Modified Balanced Circular (MBC) และ แบบมีระบบชนิด Mixed Random (MRSS)

3.2. เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพตัวประมาณค่าเฉลี่ยที่ได้จากการเลือกตัวอย่างแบบมีระบบทั้ง 4 เมื่อประชากรมีแนวโน้มเชิงเส้น (Linear Trend) โดยจำลองข้อมูลจากโปรแกรม SAS 9.1

4. วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของค่าเฉลี่ยตัวอย่างที่ได้จากการเลือกตัวอย่างแบบมีระบบ 4 วิธี คือ การเลือกตัวอย่างแบบมีระบบเชิงเส้น (LSY) , การเลือกตัวอย่างแบบมีระบบเชิงเส้นคู่ (BSY) , การเลือกตัวอย่างแบบมีระบบชนิด Modified Balanced Circular (MBC) และการเลือกตัวอย่างแบบมีระบบชนิด Mixed Random (MRSS) ศึกษาโดยจำลองข้อมูลจากโปรแกรม SAS 9.1 เพราะโปรแกรมมีความสามารถที่หลากหลายด้านการจำลองและการเลือกตัวอย่าง ซึ่งกำหนดให้ประชากรมีแนวโน้มเชิงเส้น $y_i = 2 + 5i + e_i$ โดยที่ $E(e_i) = 0$, $Var(e_i) = i^g$ เมื่อ $g = 0, 1, 2$ โดยกำหนดช่วงขนาดของประชากรที่มีตั้งแต่ขนาดใหญ่จนถึงมีขนาดเล็กและกำหนดขนาดตัวอย่างโดยการทำ Pilot Survey และกำหนด $\alpha = 0.05$ ได้ดังนี้

1.	N = 1,500	n = 277	7.	N = 500	n = 101
2.	N = 1,500	n = 198	8.	N = 500	n = 65
3.	N = 1,000	n = 170	9.	N = 100	n = 13
4.	N = 1,000	n = 108	10.	N = 100	n = 8
5.	N = 700	n = 124	11.	N = 25	n = 10
6.	N = 700	n = 90	12.	N = 25	n = 7

4.1 ดำเนินการเลือกหน่วยตัวอย่างจากประชากรด้วยวิธีการเลือกตัวอย่างแบบมีระบบทั้ง4 วิธี คำนวณค่าเฉลี่ยตัวอย่างและค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (MSE) ดังนี้

$$MSE(\bar{y}) = \frac{\sum_{h=1}^{2,000} (\bar{y}_h - \mu)^2}{2,000}$$

โดยที่ $\bar{y}_h$ คือ ค่าเฉลี่ยตัวอย่างในการทดลองซ้ำครั้งที่ h

μ คือ ค่าเฉลี่ยประชากร

4.2 เปรียบเทียบประสิทธิภาพของการเลือกตัวอย่างแบบมีระบบ 4 วิธี ด้วยค่าประสิทธิภาพเชิงสัมพัทธ์ (Relative Efficiency : RE) ดังนี้ $RE = \frac{MSE(\hat{\theta}_1)}{MSE(\hat{\theta}_2)}$ โดยกำหนดให้ $\hat{\theta}_1$ และ $\hat{\theta}_2$ เป็นตัวประมาณค่าของพารามิเตอร์ θ

5. สรุปผลการวิจัย

จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตัวอย่างด้วยวิธีการเลือกตัวอย่างแบบมีระบบทั้ง 4 วิธี แสดงผลการศึกษาได้ดังตารางที่ 1 ถึงตารางที่ 3

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสองที่ได้จากการเลือกตัวอย่าง

N	n	r	g	$MSE\left(\overline{y}_{MRSS}\right)$	$MSE\left(\overline{y}_{MBC}\right)$	$MSE\left(\overline{y}_{BSY}\right)$	$MSE\left(\overline{y}_{LSY}\right)$
1500	277	115	0	15206.49	0	32.35	62.07
			1	16329.37	0	35.32	65.03
			2	18843.07	0	3020.09	2965.40
	198	114	0	10711.72	360.05	70.56	125.48
			1	10312.29	362.17	77.23	121.37
			2	13648.31	4423.45	3908.54	3828.46
1000	170	150	0	910.01	217.48	82.62	68.73
			1	962.39	219.71	82.62	74.68
			2	2964.11	2211.13	2200.77	2021.04
	108	28	0	13162.68	538.83	92.92	177.87
			1	13000.70	543.68	99.10	186.53
			2	15890.56	3625.46	3388.32	3199.99
700	124	80	0	2945.41	200.74	52.71	65.91
			1	4520.76	200.54	53.70	70.29
			2	4474.43	1454.39	1504.05	1408.55
	90	70	0	627.73	0	109.30	127.24
			1	641.78	0	112.75	135.20
			2	2456.10	0	1967.76	1866.56

ตารางที่ 1 (ต่อ)

N	n	r	g	$MSE\left(\overline{y}_{MRSS}\right)$	$MSE\left(\overline{y}_{MBC}\right)$	$MSE\left(\overline{y}_{BSY}\right)$	$MSE\left(\overline{y}_{LSY}\right)$
500	101	96	0	111.73	0	69.43	52.04
			1	119.27	0	74.79	54.28
			2	955.84	0	913.65	863.93
	65	45	0	1578.52	0	93.09	125.42
			1	1503.24	0	101.37	126.45
			2	2792.84	0	1375.83	1456.77
100	13	9	0	318.53	0	86.43	123.80
			1	334.21	0	88.62	125.87
			2	549.59	0	375.87	377.66
	8	4	0	1114.56	1032.58	173.49	333.25
			1	1128.80	2364.54	180.92	333.26
			2	1484.62	1455.37	610.25	752.54
25	10	5	0	42.73	44.99	22.18	12.79
			1	47.10	46.15	23.19	13.43
			2	67.59	44.99	58.48	35.14
	7	4	0	63.07	0.16	17.44	27.04
			1	63.07	0.16	19.53	27.61
			2	95.52	35.76	58.23	53.87

ตารางที่ 2 ค่าประสิทธิภาพเชิงสัมพัทธ์ที่ได้จากการเลือกตัวอย่างแบบ MRSS เปรียบเทียบกับการเลือกตัวอย่างแบบ MBC , BSY และ LSY

N	n	r	g	MBC/MRSS	BSY/MRSS	LSY/MRSS
1500	277	115	0	0	0.002	0.004
			1	0	0.002	0.004
			2	0	0.160	0.157
	198	114	0	0.034	0.006	0.012
			1	0.035	0.007	0.012
			2	0.324	0.286	0.281
1000	170	150	0	0.239	0.007	0.076
			1	0.228	0.085	0.078
			2	0.746	0.743	0.682
	108	28	0	0.041	0.167	0.014
			1	0.042	0.008	0.014
			2	0.228	0.213	0.201
700	124	80	0	0.068	0.018	0.022
			1	0.044	0.012	0.016
			2	0.325	0.336	0.315
	90	70	0	0	0.174	0.203
			1	0	0.176	0.211
			2	0	0.801	0.760

ตารางที่ 2 (ต่อ)

N	n	r	g	MBC/MRSS	BSY/MRSS	LSY/MRSS
500	101	96	0	0	0.621	0.466
			1	0	0.627	0.455
			2	0	0.956	0.904
	65	45	0	0	0.059	0.080
			1	0	0.067	0.084
			2	0	0.493	0.522
100	13	9	0	0	0.271	0.389
			1	0	0.265	0.377
			2	0	0.684	0.687
	8	4	0	0.926	0.156	0.299
			1	2.095	0.160	0.295
			2	0.980	0.411	0.507
25	10	5	0	1.053	0.519	0.299
			1	0.980	0.492	0.285
			2	0.666	0.865	0.520
	7	4	0	0.003	0.277	0.429
			1	0.035	0.312	0.441
			2	0.374	0.610	0.564

ตารางที่ 3 ค่าประสิทธิภาพเชิงสัมพัทธ์ที่ได้จากการเปรียบเทียบกันระหว่างการเลือกตัวอย่างแบบ MBC BSY และ LSY

N	n	r	g	$\frac{MBC}{LSY}$	$\frac{BSY}{LSY}$	$\frac{MBC}{BSY}$
1500	277	115	0	0	0.521	0
			1	0	0.543	0
			2	0	1.018	0
	198	114	0	2.869	0.562	5.103
			1	2.984	0.636	4.690
			2	1.155	1.021	1.132
1000	170	150	0	3.164	1.202	2.632
			1	2.942	1.106	2.659
			2	1.094	1.089	1.005
	108	28	0	3.029	0.522	5.799
			1	2.915	0.531	5.486
			2	1.133	1.059	1.070
700	124	80	0	3.046	0.799	3.808
			1	2.853	0.764	3.735
			2	1.033	1.068	0.967
	90	70	0	0	0.859	0
			1	0	0.834	0
			2	0	1.054	0

ตารางที่ 3 (ต่อ)

N	n	r	g	MBC/LSY	BSY/LSY	MBC/BSY
500	101	96	0	0	1.334	0
			1	0	1.378	0
			2	0	1.058	0
	65	45	0	0	0.742	0
			1	0	0.802	0
			2	0	0.944	0
100	13	9	0	0	0.698	0
			1	0	0.704	0
			2	0	0.995	0
	8	4	0	3.099	0.521	5.952
			1	7.095	0.543	13.065
			2	1.934	0.811	2.385
25	10	5	0	3.517	1.733	2.029
			1	3.437	1.727	1.990
			2	1.280	1.664	0.769
	7	4	0	0.006	0.645	0.009
			1	0.079	0.708	0.111
			2	0.664	1.081	0.614

จากตารางที่ 1 ถึง ตารางที่ 3 แสดงให้เห็นว่า

5.1 ค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (MSE) ของการเลือกตัวอย่างด้วยวิธี MRSS มีแนวโน้ม สูงกว่า การเลือกตัวอย่างด้วยวิธี MBC , BSY และ LSY

5.2 การเลือกตัวอย่างด้วยวิธี MBC มีค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (MSE) สูงกว่า การเลือกตัวอย่างด้วยวิธี LSY และ BSY แต่เมื่อ N เป็นจำนวนคี่ หรือ n เป็นจำนวนคู่ การเลือกตัวอย่างด้วยวิธี MBC จะมีค่า MSE ที่ต่ำกว่าและเท่ากับ 0

5.3 โดยรวมแล้วการเลือกตัวอย่างด้วยวิธี BSY มีค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (MSE) ใกล้เคียงกับ การเลือกตัวอย่างด้วยวิธี LSY

6. อภิปรายผล

จากการศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพค่าเฉลี่ยตัวอย่างที่ได้จากการเลือกตัวอย่างแบบมีระบบทั้ง 4 วิธี ผลการศึกษาพบว่าค่าเฉลี่ยตัวอย่างที่ได้จากการเลือกตัวอย่างด้วยวิธี LSY และ BSY จะให้ค่า MSE ต่ำสุด แต่เมื่อขนาดประชากรเป็นจำนวนคี่ หรือ ขนาดตัวอย่างเป็นจำนวนคู่ การเลือกตัวอย่างด้วยวิธี MBC ให้ค่า MSE ต่ำที่สุดและเท่ากับ 0

7. ข้อเสนอแนะ

7.1. ข้อเสนอแนะจากผลการวิจัยครั้งนี้

7.1.1 การเลือกตัวอย่างจากประชากรที่มีแนวโน้มเชิงเส้น ถ้าขนาดประชากร (N) เป็นจำนวนคี่ หรือ ขนาดตัวอย่าง (n) เป็นจำนวนคู่ ควรเลือกใช้การเลือกตัวอย่างวิธี MBC เนื่องจากให้ค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (MSE) = 0

7.1.2 การเลือกตัวอย่างจากประชากรที่มีแนวโน้มเป็นเชิงเส้น ถ้าขนาดประชากร (N) เป็นจำนวนคู่ และ ขนาดตัวอย่าง (n) เป็นจำนวนคี่ ควรเลือกใช้การเลือกตัวอย่างด้วยวิธี LSY หรือ BSY

7.2. ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

7.2.1 ควรทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพค่าเฉลี่ยตัวอย่างที่ได้จากการเลือกตัวอย่างเมื่อประชากรมีแนวโน้มเป็นลักษณะอื่น

8. กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาค้นคว้าวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้สำเร็จด้วยความอนุเคราะห์จาก อาจารย์อำไพ ทองธีรภาพ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผู้ซึ่งให้คำปรึกษาแนะนำ ตรวจทานแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ด้วยความเอาใจใส่ในทุกขั้นตอนและชี้แนะงานวิจัยมาโดยตลอดและใคร่ขอกราบพระคุณคณาจารย์ภาควิชาสถิติมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ทุกท่านที่ได้ให้ความรู้อย่างดีมาโดยตลอด ผู้วิจัยขอขอบพระคุณด้วยความซาบซึ้งและสำนึกในพระคุณเป็นอย่างสูง

9. รายการอ้างอิง

จามรี ทุกข์สูญ. 2543. **การศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวสถิติจากการสุ่มตัวอย่างแบบมีระบบหลายชนิด.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ชรินทร์ คูคู่สมุทร และ อำนวย มณีศรีวงศ์กูล. 2540. **การศึกษาเปรียบเทียบการสุ่มตัวอย่างแบบมีระบบ 3 วิธี : การสุ่มตัวอย่างแบบมีระบบชนิดวงกลม การสุ่มตัวอย่างแบบมีระบบชนิดใหม่ และการสุ่มตัวอย่างแบบมีระบบชนิดสองเชิงเส้น.** ว. วิทย มข. 25(2): 134 – 139.

Huang, C.K. 2004. Mixed Random Systematic Sampling Designs. **Metrika** 59: 1-11

Leu, C.H. and F.F. Kao. 2006. Modified balanced circular systematic sampling. **Statistics & Probability Letters** 76: 373–383.

การประยุกต์ภูมิสารสนเทศศาสตร์และแบบจำลอง Markov Chain เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน : กรณีศึกษา อำเภอหนองใหญ่ จังหวัดชลบุรี

AN APPLICATION OF GEOINFORMATICS AND MARKOV CHAIN MODEL FOR STUDYING LAND USE CHANGE : A CASE STUDY OF NONG YAI DISTRICT CHON BURI PROVINCE

พนิตนาฏ ไพโรจน์

นิสิตปริญญาโท มหาวิทยาลัยบูรพา

E-mail : Panitnatbbow@gmail.com

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อจำแนกและเปรียบเทียบการใช้ประโยชน์ที่ดินใน ปี พ.ศ. 2546 พ.ศ. 2549 และ พ.ศ. 2552 บริเวณอำเภอหนองใหญ่ จังหวัดชลบุรีโดยวิธีการจำแนกประเภทข้อมูลโดยการแปลตีความด้วยสายตา มาประยุกต์กับแบบจำลอง Markov Chain และ CA Markov เพื่อศึกษารูปแบบการใช้ที่ดิน และการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในช่วงปี พ.ศ. 2546-2552 เพื่อคาดการณ์แนวโน้มการใช้ประโยชน์ที่ดินในปี พ.ศ. 2555 พื้นที่อำเภอหนองใหญ่ จังหวัดชลบุรี มีพื้นที่ทั้งหมด 456.01 ตร.กม. จากการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินสามารถจำแนกออกได้เป็น 10 ประเภท คือ แหล่งน้ำ ป่าไม้ มันสำปะหลัง สับปะรด ปาล์ม ยางพารา อ้อย ไม้ผลไม้ยืนต้น ที่อยู่อาศัย และอื่นๆ ในการวิเคราะห์ข้อมูลดังกล่าวในช่วงปี พ.ศ. 2546-2549 มีพื้นที่เปลี่ยนแปลงรวมทั้งสิ้น ร้อยละ 19.06 ตามสัดส่วนของพื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลงนั้น พบว่า พื้นที่อ้อยมีการเปลี่ยนแปลงมากที่สุด โดยมีพื้นที่เพิ่มขึ้นร้อยละ 22.91 พื้นที่ที่มีขนาดลดลงมากที่สุดคือ พื้นที่อื่นๆ ร้อยละ 44.66 ในช่วงปี พ.ศ. 2549-2552 พบว่า มีพื้นที่เปลี่ยนแปลงรวมทั้งสิ้น ร้อยละ 8.55 ตามสัดส่วนของพื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลงนั้น พบว่าพื้นที่ปาล์มมีการเปลี่ยนแปลงมากที่สุด โดยมีพื้นที่เพิ่มขึ้น ร้อยละ 26.79 พื้นที่ที่มีขนาดลดลงมากที่สุดคือ พื้นที่มันสำปะหลัง ร้อยละ 22.51 ของพื้นที่ทั้งหมด ตามลำดับ ข้อมูลการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ. 2546 กับ พ.ศ. 2549 จะถูกนำมาวิเคราะห์ด้วยแบบจำลอง CA Markov เพื่อให้ได้ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2552 และนำไปเปรียบเทียบกับข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินที่ได้จากการจำแนกประเภทข้อมูลโดยการแปลตีความด้วยภาพในปี พ.ศ. 2552 พบว่า พื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินต่างกัน ร้อยละ 14.65 ผลตรวจสอบค่าความถูกต้องของแบบจำลองด้วยตารางเมตริกซ์ความคลาดเคลื่อน พบว่า แบบจำลองมีความถูกต้องโดยรวมเท่ากับร้อยละ 76.84 ดังนั้น แบบจำลอง Markov Chain จึงมีความเหมาะสมในการคาดการณ์แนวโน้มการใช้ประโยชน์ที่ดินของอำเภอหนองใหญ่ จังหวัดชลบุรี ใน ปี พ.ศ. 2555

คำสำคัญ : การจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดิน / แบบจำลอง Markov Chain/ CA Markov

ABSTRACT

This study aims to identify and compare the usefulness of land around Nong Yai District, Chon Buri Province in 2003, 2006 and 2009. This research data is classified by the Visual Interpretation classifies and Applied ofMarkov Chain and CA Markov model to study the pattern of land use, changes in the period 2003-2009 to predict the trends of land use in 2012. The total area of Nong Yai District, Chon Buri Province around 456.01 square kilometers. In this study, the land use area can be classified into 10 classes such as water source, forest, cassavas, pineapples, palm trees, rubber trees, sugar canes, fruit trees, habitats and others. The data analysis during year 2003-2006 showed total area of represent 19.06 percent, compared with proportion of the area have changed. So the researcher found that the sugar canes have the biggest changed, area increased around represent 22.91 percent. And others area have the most reduced around represents 44.66 percent. During year 2006-2009, found the total changed area around represent 8.55 percent. From the total changed area, the palm trees area have the most changed, increasing area equal to represent 26.79 percent. And the most decreased is cassava trees area around represent 22.51 percent of the total area, respectively. The data of land use in year 2003 and 2006 were analyzed by the CA Markov model to predict and analyze the land use in year 2009. After that the researcher uses the data to compare the land use with Image Interpretation to analyze the model. In consequence, indicates the difference of area represent 14.65 percent. The accuracy result of model is a square matrix of error show that the model accuracy by 76.84 percent. Therefore, Markov Chain model is appropriate in land use trend changed prediction of Nong Yai District, Chon Buri Province in the year 2012.

KEYWORDS : Land Use Change/ Markov Chain Model/ CA Markov

บทนำ

จากการเปลี่ยนแปลงและการพัฒนาประเทศที่เกิดขึ้นอย่างรวดเร็วและต่อเนื่องในช่วงระยะเวลาที่ผ่านมา การเพิ่มขึ้นของจำนวนประชากร การขยายตัวทางด้านเศรษฐกิจ การท่องเที่ยว อุตสาหกรรม และเกษตรกรรม ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน ทำให้ความต้องการในการใช้ทรัพยากรมีเพิ่มมากขึ้นตามความต้องการที่เพิ่มมากขึ้น (สมพร ชอบธรรม, 2551) จากสภาวะดังกล่าวจึงก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินอย่างเข้มข้น Skole (1994) และ Foody (2001) เชื่อว่าการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมเป็นปัจจัยหลักที่ส่งผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงของโลกมากกว่าปัจจัยทางด้านการเปลี่ยนแปลงของภูมิอากาศ ดังนั้น การใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินที่มีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลานั้นจะส่งผลกระทบต่อการดำรงชีพของมนุษย์ในหลายด้าน เช่น การเปลี่ยนแปลงของถิ่นที่อยู่อาศัย การเพิ่มหรือลดลงของพื้นที่ทำกิน การเปลี่ยนแปลงพื้นที่ป่าไม้ การขยายตัวของเมือง เป็นต้น การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นยังส่งผลกระทบต่อไปถึงการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อม ได้แก่ การเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศ ปริมาณฝน และอุณหภูมิ ซึ่งสภาวะแวดล้อมเหล่านี้ก็มีอิทธิพลต่อการดำรงอยู่ของมนุษย์เช่นกัน แบบจำลองทางด้านการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินเป็นเครื่องมือที่นิยมใช้ในการศึกษาเพื่อคาดการณ์แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน

ดังนั้นการศึกษาวิจัยในครั้งนี้จะเป็นการศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินที่เกิดขึ้นใน 2 ช่วงเวลา โดยอาศัยข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม LANDSAT – 5 ระบบ TM บันทึกเมื่อวันที่ 30 ธันวาคม พ.ศ. 2546 วันที่ 22 ธันวาคม พ.ศ. 2549 และวันที่ 1 ธันวาคม พ.ศ. 2552 พร้อมทั้งคาดการณ์แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในอนาคต โดยใช้แบบจำลอง Markov Chain เป็นแบบจำลองการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินที่สามารถแสดงตำแหน่งของการเปลี่ยนแปลงและอัตราการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน และการประยุกต์ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ เพื่อนำมาเปรียบเทียบข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูลเฉพาะพื้นที่ได้ถูกต้องยิ่งขึ้น อีกทั้งยังสามารถติดตามและประเมินผลการเปลี่ยนแปลงได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทำให้ทราบถึงสภาพการใช้ทรัพยากรและปัญหาที่เกิดขึ้น ซึ่งจะนำไปสู่การกำหนดนโยบายและแนวทางการป้องกันแก้ไขปัญหาที่จะเกิดขึ้นได้อย่างรวดเร็วและทันท่วงที

วัตถุประสงค์

ศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน โดยแบบจำลอง Markov Chain บริเวณอำเภอหนองใหญ่ จังหวัดชลบุรี

วิธีการดำเนินงานวิจัย

การจำแนกประเภทข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน

1. การจัดเตรียมข้อมูล (Data Preparation)

ข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT-5 TM ช่วงเวลาบันทึกเมื่อวันที่ 30 ธันวาคม พ.ศ. 2546 จากสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ วันที่ 22 ธันวาคม พ.ศ. 2549 และวันที่ 1 ธันวาคม พ.ศ. 2552 จาก USGS (U.S. Geological Survey)

2. การปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงเรขาคณิต (Geometric Correction) ทำการปรับแก้ค่าความคลาดเคลื่อนเชิงเรขาคณิตของข้อมูลดาวเทียม LANDSAT – 5 TM โดยการกำหนดจุดควบคุมภาคพื้นดิน (GCPs) ให้ครอบคลุมทั้งภาพ มีภูมิประเทศที่เห็นได้ชัดเจนและเปลี่ยนแปลงได้ยาก จากนั้นทำการปรับแก้ข้อมูลจากดาวเทียมที่ไม่มีพิกัดทางภูมิศาสตร์ให้เป็นภาพที่มีพิกัดทางภูมิศาสตร์หรือเส้นโครงแผนที่ของแผนที่ โดยเลือกข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT – 5 TM ที่ใช้ในการศึกษา มาปรับแก้ข้อมูลแบบดาวเทียมกับแผนที่ (Image to Map) โดยใช้แผนที่ภูมิประเทศมาตราส่วน 1 : 50,000 ที่มีค่าพิกัดทางภูมิศาสตร์ UTM แล้วเป็นภาพอ้างอิง (Reference Map) เมื่อได้ข้อมูลจากดาวเทียมที่มีพิกัดทางภูมิศาสตร์ที่ถูกต้องแล้ว จึงนำมาใช้เป็นภาพต้นแบบ และใช้วิธีการปรับแก้แบบข้อมูลภาพดาวเทียมกับดาวเทียม (Image to Image) เพื่อให้ข้อมูลจากดาวเทียมมีพิกัดตรงกัน

3. จำแนกประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินแบบการแปลตีความด้วยภาพ (Image Interpretation Classification) โดยภาพที่นำมาใช้จะต้องผ่านกระบวนการปรับแก้ความถูกต้องเชิงเรขาคณิตมาก่อน

การศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน

ปี พ.ศ. 2546-2549 และปี พ.ศ. 2549-2552 ได้ดำเนินการโดยใช้แบบจำลอง Markov Chain และคำนวณพื้นที่การใช้ที่ดินแต่ละประเภท โดยนำค่าสัดส่วนการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน ในช่วงปี พ.ศ. 2549-

2552 มาสร้างแบบจำลองการใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2555 ด้วยแบบจำลอง CA Markov เพื่อคำนวณพื้นที่การใช้ที่ดินแต่ละประเภท

ผลการศึกษา

การศึกษาเรื่อง การประยุกต์ภูมิสารสนเทศศาสตร์และแบบจำลอง Markov Chain เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน ในพื้นที่ศึกษา อำเภอหนองใหญ่ จังหวัดชลบุรี มีเนื้อที่ทั้งหมด 456.01 ตารางกิโลเมตร หรือประมาณ 285,006 ไร่ โดยการนำข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT-5 TM 3 ช่วงเวลา ซึ่งได้แก่ ช่วงเวลาบันทึกเมื่อวันที่ 30 ธันวาคม พ.ศ. 2546 วันที่ 22 ธันวาคม พ.ศ. 2549 และวันที่ 1 ธันวาคม พ.ศ. 2552 เพื่อนำมาเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและตรวจสอบความถูกต้อง โดยใช้แบบจำลอง Markov Chain และ CA Markov วิเคราะห์ข้อมูลภูมิสารสนเทศ ได้ผลการศึกษาดังนี้

1. การจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดิน

ผลการจำแนกภาพจากดาวเทียมเพื่อศึกษาการใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2546 พ.ศ. 2549 และพ.ศ. 2552 ครอบคลุมพื้นที่ 456.01 ตารางกิโลเมตร โดยใช้วิธีจำแนกประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินแบบการแปลตีความด้วยสายตา พบว่า สามารถแบ่งประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินในบริเวณพื้นที่ศึกษาออกเป็น 10 ประเภท ได้ผลลัพธ์ดังแสดงในภาพที่ 1, 2, 3 และตารางที่ 1 ดังนี้

ภาพที่ 1 แผนที่แสดงผลลัพธ์การจำแนกประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ. 2546 โดยการแปล ตีความด้วยภาพ

ภาพที่ 2 แผนที่แสดงผลลัพธ์การจำแนกประเภทการใช้ ประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ. 2549 โดยการแปล ตีความด้วยภาพ

ภาพที่ 3 แผนที่แสดงผลลัพธ์การจำแนกประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ. 2552 โดยการแปลตีความด้วยภาพ

ตารางที่ 1 การใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณอำเภอหนองใหญ่ จังหวัดชลบุรี ปี พ.ศ. 2546 พ.ศ. 2549 และพ.ศ. 2552

ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน	พื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน (ตร.กม.)								
	30 ธันวาคม 2546			22 ธันวาคม 2549			1 ธันวาคม 2552		
	ตร.กม.	ไร่	ร้อยละ	ตร.กม.	ไร่	ร้อยละ	ตร.กม.	ไร่	ร้อยละ
1) แหล่งน้ำ	8.78	5488	1.93	8.67	5419	1.90	9.14	5713	2.00
2) ป่าไม้	52.94	33088	11.61	51.31	32069	11.25	51.46	32163	11.28
3) มันสำปะหลัง	82.30	51438	18.05	96.42	60263	21.14	87.64	54775	19.22
4) สับปะรด	19.51	12194	4.28	16.65	10406	3.65	21.32	13325	4.68
5) ปาล์ม	69.23	43268	15.18	76.25	47656	16.72	86.70	54163	19.00
6) ยางพารา	101.53	63456	22.26	101.68	63550	22.30	103.01	64381	22.59
7) อ้อย	15.61	9756	3.42	35.52	22200	7.79	26.92	16825	5.90
8) ไม้ผลไม้ยืนต้น	13.91	8694	3.05	16.16	10100	3.54	15.63	9769	3.43
9) ที่อยู่อาศัย	14.75	9219	3.23	14.71	9194	3.23	17.16	10725	3.76
10) อื่นๆ	77.45	48406	16.98	38.64	24150	8.47	37.07	23169	8.13
รวม	456.01	285006	100.00	456.01	285006	100.00	456.01	285006	100.00

2.การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน

ผลการศึกษาสภาพการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน โดยใช้เทคนิคการซ้อนทับ ระหว่างข้อมูลแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินของปี พ.ศ. 2546 พ.ศ. 2549 และ พ.ศ. 2552 ตามช่วงเวลาที่ศึกษา คือ ระหว่าง ปี พ.ศ. 2546-2549 และระหว่างปี พ.ศ. 2549-2552 โดยใช้โปรแกรมประมวลผลข้อมูลระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ เพื่อวิเคราะห์การใช้ประโยชน์ที่ดินพร้อมทั้งคำนวณพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินแต่ละประเภท และวิเคราะห์ข้อมูลการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน ได้ผลการศึกษาดังนี้

2.1 การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน พ.ศ. 2546-2549 ได้ผลลัพธ์ของสภาพการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน ดังแสดงในภาพที่ 4 และตารางที่ 2 ได้ดังนี้

ภาพที่ 4 แผนที่บริเวณที่มีการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน ระหว่าง ปี พ.ศ. 2546-2549

ตารางที่ 2 การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินระหว่าง ปี พ.ศ. 2546-2549

การใช้ประโยชน์ที่ดิน	พื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน (ตร.กม.)		เปลี่ยนแปลง	ร้อยละ การเปลี่ยนแปลง ของพื้นที่ทั้งหมด
	พ.ศ. 2546	พ.ศ. 2549		
1) แหล่งน้ำ	8.78	8.67	-0.11	0.13
2) ป่าไม้	52.94	51.31	-1.63	1.88
3) มันสำปะหลัง	82.30	96.42	+14.12	16.25
4) สับปะรด	19.51	16.65	-2.86	3.29
5) ปาล์ม	69.23	76.25	+7.02	8.08
6) ยางพารา	101.53	101.68	+0.15	0.17
7) อ้อย	15.61	35.52	+19.91	22.91
8) ไม้ผลไม้ยืนต้น	13.91	16.16	+2.25	2.59
9) ที่อยู่อาศัย	14.75	14.71	-0.04	0.05
10) อื่นๆ	77.45	38.64	-38.81	44.66
รวม	456.01	456.01	86.90	100.00

จากตารางที่ 2 สรุปได้ว่า ระหว่างปี พ.ศ. 2546-2549 มีการเปลี่ยนแปลงพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินรวมทั้งหมด 86.90 ตร.กม. โดยพบว่า พื้นที่ปลูกอ้อยมีการเปลี่ยนแปลงมากที่สุด ร้อยละ 22.91 ของพื้นที่เปลี่ยนแปลงทั้งหมด รองลงมา คือ พื้นที่ปลูกมันสำปะหลัง ร้อยละ 16.25 ของพื้นที่เปลี่ยนแปลงทั้งหมด

2.2 การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน พ.ศ. 2549-2552 ได้ผลลัพธ์ของสภาพการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน ดังแสดงในตารางที่ 3 และภาพที่ 5 ได้ดังนี้

ตารางที่ 3 การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินระหว่าง ปี พ.ศ. 2549-2552

การใช้ประโยชน์ที่ดิน	พื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน (ตร.กม.)		เปลี่ยนแปลง	ร้อยละ การเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ทั้งหมด
	พ.ศ. 2549	พ.ศ. 2552		
1) แหล่งน้ำ	8.67	9.14	+0.47	1.21
2) ป่าไม้	51.31	51.46	+0.15	0.38
3) มันสำปะหลัง	96.42	87.64	-8.78	22.51
4) สับปะรด	16.65	21.32	+4.67	11.97
5) ปาล์ม	76.25	86.70	+10.45	26.79
6) ยางพารา	101.68	103.01	+1.33	3.41
7) อ้อย	35.52	26.92	-8.6	22.05
8) ไม้ผลไม้ยืนต้น	16.16	15.63	-0.53	1.36
9) ที่อยู่อาศัย	14.71	17.16	+2.45	6.28
10) อื่นๆ	38.64	37.07	-1.57	4.03
รวม	456.01	456.01	39	100.00

จากตารางที่ 3 สรุป ระหว่างปี พ.ศ. 2549-2552 มีการเปลี่ยนแปลงพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินรวมทั้งหมด 39 ตร.กม. โดยพบว่า มีพื้นที่ปาล์มเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นมากที่สุดร้อยละ 26.79 ของพื้นที่เปลี่ยนแปลงทั้งหมด รองลงมาเป็นพื้นที่มันสำปะหลังลดลง ร้อยละ 22.51 ของพื้นที่เปลี่ยนแปลงทั้งหมด และพื้นที่อ้อยลดลง ร้อยละ 22.05 ของพื้นที่เปลี่ยนแปลงทั้งหมด

ภาพที่ 5 แผนที่บริเวณที่มีการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน ระหว่าง ปี พ.ศ. 2549-2552

ศึกษาและคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณอำเภอหนองใหญ่ จังหวัดชลบุรี ใน ปี พ.ศ. 2555 โดยใช้แบบจำลอง

ผลการคาดการณ์แนวโน้มการประโยชน์ที่ดิน ด้วยแบบจำลอง Markov Chain โดยการใช้ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ. 2546 และ พ.ศ. 2552 เป็นข้อมูลพื้นฐาน ได้ผลลัพธ์ของการวิเคราะห์คือ ค่าโอกาสของการเปลี่ยนแปลง และค่าสัดส่วนของการเปลี่ยนแปลง นำค่าสัดส่วนของการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินที่ได้จากการวิเคราะห์มาสร้างแบบจำลอง CA Markov ได้ผลลัพธ์เป็นแบบจำลองสำหรับคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ. 2555 ดังภาพที่ 6 ผลจากการคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินด้วยแบบจำลอง พบว่าพื้นที่ศึกษามีปาล์มน้ำมันมากที่สุดประมาณ 99.11 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 21.73 รองลงมาเป็นพื้นที่ยางพาราประมาณ 93.65 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 20.54 พื้นที่มันสำปะหลัง 73.91 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 16.21 ของพื้นที่ศึกษา ตามลำดับ ดังตารางที่ 4

ภาพที่ 6 แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินที่ได้จากแบบจำลอง CA Markov ปี พ.ศ. 2555

ตารางที่ 4 ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ. 2555 ที่ได้จากแบบจำลอง CA Markov

ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน	พื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน	
	ตร.กม.	ร้อยละ
1) แหล่งน้ำ	9.26	2.03
2) ป่าไม้	47.29	10.37
3) มันสำปะหลัง	73.91	16.21
4) สับปะรด	28.01	6.14
5) ปาล์มน้ำมัน	99.11	21.73
6) ยางพารา	93.65	20.54
7) อ้อย	40.19	8.81
8) ไม้ผลไม้ยืนต้น	29.45	6.46
9) ที่อยู่อาศัย	16.04	3.52
10) อื่น ๆ	19.10	4.19
รวม	456.01	100.00

สรุปผล

ผลการศึกษาพื้นที่บริเวณอำเภอหนองใหญ่ จังหวัดชลบุรี มีพื้นที่ทั้งหมดประมาณ 456.01 ตารางกิโลเมตร คิดเป็น 285,006 ไร่ โดยการนำข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT-5 TM 3 ช่วงเวลา ซึ่งได้แก่ ช่วงเวลาบันทึกเมื่อวันที่ 30 ธันวาคม พ.ศ. 2546 วันที่ 22 ธันวาคม พ.ศ. 2549 และวันที่ 1 ธันวาคม พ.ศ. 2552 มาจำแนกประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินแบบการแปลตีความด้วยภาพ สามารถแบ่งประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินในบริเวณพื้นที่ศึกษาออกเป็น 10 ประเภท โดยพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นยางพารา รองลงมาเป็นมันสำปะหลัง พื้นที่ปาล์ม พื้นที่ป่าไม้ พื้นที่สับปะรด พื้นที่อ้อย พื้นที่อื่นๆ พื้นที่ไม้ผลไม้ยืนต้น พื้นที่ที่อยู่อาศัย และพื้นที่แหล่งน้ำมีขนาดเล็กที่สุดตามลำดับ และทำการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณอำเภอหนองใหญ่ จังหวัดชลบุรี แบ่งเป็น 2 ช่วง คือ ช่วงปี พ.ศ. 2546 – พ.ศ. 2549 พบว่า มีการเปลี่ยนแปลงรวมทั้งสิ้น 86.90 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 19.06 ของพื้นที่ทั้งหมด และตามสัดส่วนของพื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลงนั้น พบว่า พื้นที่อ้อยมีการเปลี่ยนแปลงมากที่สุด โดยมีพื้นที่เพิ่มขึ้น 19.91 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 22.91 และพื้นที่ที่มีขนาดลดลงมากที่สุด คือ พื้นที่อื่นๆ 38.81 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 44.66 และ ในช่วงปีพ.ศ. 2549 – พ.ศ. 2552 พบว่า มีพื้นที่เปลี่ยนแปลงรวมทั้งสิ้น 39 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 8.55 ของพื้นที่ทั้งหมด และตามสัดส่วนของพื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลงนั้น พบว่าพื้นที่ปาล์มมีการเปลี่ยนแปลงมากที่สุด โดยมีพื้นที่เพิ่มขึ้น 10.45 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 26.79 และพื้นที่ที่มีขนาดลดลงมากที่สุดคือ พื้นที่มันสำปะหลัง 8.78 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 22.51 ของพื้นที่ทั้งหมด จากการศึกษาแนวโน้มการใช้ประโยชน์ที่ดินโดยใช้ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ. 2549 กับ พ.ศ. 2552 มาทำการวิเคราะห์ด้วยแบบจำลอง CA Markov ได้การใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ. 2555 บริเวณอำเภอหนองใหญ่ จังหวัดชลบุรี พบว่า ในปี พ.ศ. 2555 มีพื้นที่ปาล์มมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นมากที่สุดเป็นอันดับแรก 29.88 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 18.61 รองลงมาเป็นพื้นที่อ้อย 24.58 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 15.31 ส่วนพื้นที่ที่มีแนวโน้มลดลงมากที่สุด คือ พื้นที่อื่นๆ 58.35 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 36.34 ส่วนพื้นที่แหล่งน้ำมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงน้อยที่สุด และผลการศึกษาจะมีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น หากนำปัจจัยอื่นๆ ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน เช่น สภาพเศรษฐกิจ สังคม และลักษณะภูมิประเทศ ฯลฯ เข้ามาวิเคราะห์ร่วมกับโอกาสของการเปลี่ยนแปลง และสัดส่วนของการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน

อภิปรายผล

การศึกษาครั้งนี้มุ่งเน้นศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในปี พ.ศ. 2546 พ.ศ. 2549 และ พ.ศ. 2552 บริเวณอำเภอหนองใหญ่ จังหวัดชลบุรี การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินเกิดจากการเปลี่ยนแปลงและพัฒนาประเทศที่เกิดขึ้นอย่างรวดเร็วและต่อเนื่องในช่วงระยะเวลาที่ผ่านมา การเพิ่มขึ้นของจำนวนประชากร การขยายตัวทางด้านเศรษฐกิจ สังคม การท่องเที่ยว อุตสาหกรรม และเกษตรกรรม นั้น ทำให้การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา ในพื้นที่ศึกษาบริเวณอำเภอหนองใหญ่ จังหวัดชลบุรี ก็มีการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินเช่นกัน ในสมัยก่อนนิยมปลูกมันสำปะหลัง ยูคาลิปตัส ยางพารา และอ้อย และเมื่อเวลาผ่านไป เศรษฐกิจมีการขยายตัวเพิ่มมากขึ้น ทำให้มีการปลูกปาล์มน้ำมันกันมากขึ้น เพราะว่าปาล์มน้ำมันสามารถนำไปผลิตเป็นพลังงานไบโอดีเซลได้

จากการนำแบบจำลอง Markov Chain และการจำแนกประเภทข้อมูลโดยการแปลตีความด้วยสายตามาเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินนั้น การใช้ประโยชน์ที่ดินที่ได้จากการจำแนกประเภทข้อมูลโดยการแปลตีความด้วยสายตามีความถูกต้องมากกว่าการใช้ประโยชน์ที่ดินที่ได้จากแบบจำลอง เพราะว่าแบบจำลองมีการแปลงข้อมูลที่เป็นเวคเตอร์ (Vecter) เป็นราสเตอร์ (Raster) อาจเกิดความคลาดเคลื่อนของข้อมูลได้ เนื่องจากข้อมูลเวคเตอร์มีเส้นขอบเขตที่มีลักษณะราบเรียบสม่ำเสมอตามลักษณะพื้นที่จริง เมื่อแปลงเป็นข้อมูลราสเตอร์ที่มีลักษณะเป็นกริดขนาด 30X30 เมตร เส้นขอบเขตจะมีลักษณะเป็นเส้นหยักไปตามขนาดของจุดภาพ (Pixel) ดังนั้นอาจทำให้พื้นที่บางส่วนหายไป ดังนั้นต้องทำการตรวจสอบข้อมูลทุกครั้งในการวิเคราะห์แต่ละขั้นตอน เพื่อหาจุดผิดพลาดและแก้ไขให้ถูกต้องก่อนดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

เอกสารอ้างอิง

สมพร ชอบธรรม. 2551. เทคนิคตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงเชิงเลขที่เหมาะสมสำหรับติดตามการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน อำเภอปักธงชัย จังหวัดนครราชสีมา. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาภูมิสารสนเทศ, วิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

Foody, G. M. 2001. Monitoring the Magnitude of Land-cover Change Around the Southern Limits of the Sahara**.** Photogram-Metric Engineering & Remote Sensing 67(7): 841-847.

Quoted in Jensen, J. R. 2005. Introductory Digital Image Processing: A Remote Sensing Perspective. 3th ed. USA: Pearson Prentice Hall.

Pontius, R.G. Jr., and L. C. Schneider. 2011. Land-Cover Change Model Validation by an ROC Method for the Ipswich Watershed, Massachusetts, USA. Agriculture, Ecosystems and Environment. 85 (1-3):239 – 248.

Skole, D., 1994. Data on Global Land-Cover Change: Acquisition, Assessment and Analysis.In W. B. Meyer and Turner, B. L. (Eds.). Change in Land Use and Land Cover: A Global Perspective. (pp 437-471). Cambridge: Cambridge University Press Quoted in Jensen, J. R. (2005). Introductory Digital Image Processing: A Remote Sensing Perspective. 3th ed. USA: Pearson Prentice Hall.

การจัดการความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสิ่งแวดล้อมในการทำงาน (SHE) ในโรงงานผลิตน้ำมันจากยางรถยนต์เก่าไม่ใช้แล้ว

Safety, Occupation Health and Environment (SHE) Management in an Oil Producing from Discarded Tires Factory

จันทิราพร ทั่งสุวรรณ
นักศึกษาปริญญาโท คณะพัฒนาสังคมและสิ่งแวดล้อม สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์
Email : junk_kie@hotmail.com
บุญจง ขาวสิทธิวงษ์
รองศาสตราจารย์ ดร. คณะพัฒนาสังคมและสิ่งแวดล้อม สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์
Email : buddy_conne@hotmail.com

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาการจัดการความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสิ่งแวดล้อม ของโรงงานผลิตน้ำมันจากยางรถยนต์เก่าไม่ใช้แล้วของสหกรณ์การเกษตรวานรนิวาส จังหวัดสกลนคร และมลพิษที่อาจส่งผลกระทบต่อคนในชุมชน รวมทั้งลักษณะการทำงานของลูกจ้าง ผลการศึกษาพบว่า นายจ้างให้ความสำคัญกับกระบวนการผลิตมากกว่าการจัดการความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสิ่งแวดล้อมในการทำงานและขาดนโยบายการพัฒนาด้านการจัดการความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสิ่งแวดล้อม รวมทั้งไม่มีการปลูกฝังทัศนคติและการส่งเสริมการจัดการที่ดีแก่ลูกจ้าง ทั้งนายจ้างและลูกจ้างยังขาดความรู้เกี่ยวกับกฎหมายและมาตรการที่เกี่ยวข้องกับ ความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสิ่งแวดล้อม ลูกจ้างมีการใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลที่ทางโรงงานจัดหาให้ตามกฎระเบียบที่นายจ้างกำหนดไว้ แต่ขาดความรู้ความเข้าใจอย่างแท้จริง สำหรับชาวบ้านขาดความรู้และความตระหนักเกี่ยวกับผลกระทบจากมลพิษของโรงงานอย่างสิ้นเชิง การให้ความรู้เกี่ยวกับกฎหมายและมาตรการความปลอดภัยแก่นายจ้าง ลูกจ้างและชาวบ้านจึงเป็นเรื่องสำคัญ

คำสำคัญ : อาชีวอนามัย ความปลอดภัย และสิ่งแวดล้อม โรงงานผลิตน้ำมันจากยางรถยนต์เก่าไม่ใช้แล้ว

ABSTRACT

The purpose of this study. To study the management of Safety, Occupation Health and Environment (SHE) of oil production from old tires are used for agricultural Wanrniwas province and pollution that may affect the community. The behavior of the employee. This study has found that employer to focus on the process rather than the management of Safety, Occupation Health and Environment performance of the plant. The executives lacks SHE policy and measures. Both employer and employees do not have any knowledge in SHE

regulation. Employees use personal protective devices according to factory regulation without any understanding on SHE. For residents of the lack of knowledge and awareness about the effects of pollution of the plant entirely. The knowledge of the law and employers security measures. Employees and residents is important.

Key words: Safety, Occupational Health and Environment (SHE), Oil Producing from Discarded Tires Factory

1. บทนำ

ปัจจุบันการประกอบกิจการอุตสาหกรรมอาจส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและความปลอดภัยของผู้ปฏิบัติงานและประชาชนในชุมชนใกล้เคียงได้ ภาครัฐได้ให้ความสำคัญกับการจัดการมลพิษและบริหารความปลอดภัยเป็นอย่างยิ่ง แต่ละหน่วยงานที่เกี่ยวข้องได้พยายามให้ผู้ประกอบการจัดให้มีบุคลากรที่มีความรู้เฉพาะด้านสิ่งแวดล้อมและความปลอดภัยของโรงงาน เช่น กระทรวงแรงงานได้กำหนดให้โรงงานต้องจัดให้มีเจ้าหน้าที่ความปลอดภัย (จป) ประจำโรงงาน ตามกฎกระทรวงกำหนดมาตรฐานในการบริหารและจัดการด้านความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงาน พ.ศ. 2549 (บุญจง ขาวสิทธิวงษ์, 2552:354) การจัดการความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสิ่งแวดล้อมในการทำงาน (SHE) สามารถช่วยป้องกันการบาดเจ็บและเจ็บป่วยของคนงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

โรงงานผลิตน้ำมันจากยางรถยนต์เก่าไม่ใช้แล้วสหกรณ์การเกษตรวานรนิวาส จังหวัดสกลนคร ได้เล็งเห็นว่าพลังงานเป็นสิ่งจำเป็นพื้นฐานของชีวิต พลังงานส่วนใหญ่ที่ใช้กันในปัจจุบันจะเป็นพลังงานชนิดสิ้นเปลือง และพลังงานของประเทศไทยนับวันจะมีราคาเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งเป็นต้นทุนหลักในการผลิตของสมาชิกสหกรณ์ซึ่งส่วนใหญ่เป็นเกษตรกรที่ค่อนข้างยากจน จึงได้มีความคิดที่จะผลิตพลังงานเองและราคาถูกที่สามารถนำมาทดแทนเชื้อเพลิงสิ้นเปลืองที่นำเข้ามาจากต่างประเทศ ซึ่งเป็นวิธีการจัดการพลังงานระดับชุมชนขนาดเล็กที่มีความมั่นคงและช่วยประเทศชาติลดการนำเข้าน้ำมัน ตามหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงภายในชุมชน (สหกรณ์การเกษตรวานรนิวาส จังหวัดสกลนคร, 2554)

จากการก่อตั้งโรงงาน ดังกล่าว ลูกจ้างในโรงงานฯก็มีโอกาสที่จะสัมผัสมลพิษขณะปฏิบัติงานได้ เช่น อนุภาคฝุ่นจากเตาเผา ไอระเหยจากการกลั่นน้ำมัน ก๊าซ ละออง หรือควัน ที่ฟุ้งกระจายในบรรยากาศขณะปฏิบัติงาน นอกจากนี้กระบวนการผลิตภายในโรงงานผลิตเชื้อเพลิงจากยางรถยนต์เก่า ยังมีอันตรายอื่นๆแฝงอยู่อีกมาก เช่น เสียงดังจากการทำงานของเครื่องจักร อุณหภูมิความร้อนจากเตาเผายางรถยนต์เก่า เป็นต้น ที่สำคัญลูกจ้างอาจจะมีพฤติกรรมการทำงานที่ไม่ปลอดภัย (Unsafe act) รวมทั้งมีท่าทางการทำงานที่ไม่ถูกต้อง หรือทำงานซ้ำๆซากๆ (Ergonomic problem) ก็จะมีโอกาสได้รับอันตรายจากการปฏิบัติงานได้เช่นเดียวกัน ซึ่งหากลูกจ้างไม่ได้สวมอุปกรณ์ป้องกันอันตรายที่ถูกต้องและไม่มีระบบการควบคุมสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม ลูกจ้างจะมีโอกาสได้รับอันตรายจากสภาพแวดล้อมในการทำงานมากขึ้น การวิจัยนี้จึงต้องการตอบโจทย์ว่า การจัดการความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสิ่งแวดล้อมในการทำงาน (SHE) ของโรงงานที่ศึกษามีสถานภาพอย่างไร มีปัญหาและอุปสรรคประการใดบ้าง และจะมีแนวทางการพัฒนาให้ดียิ่งขึ้นได้อย่างไรในอนาคต

2. วัตถุประสงค์ของการศึกษา

เพื่อศึกษาการจัดการ SHE ของโรงงานผลิตน้ำมันจากยางรถยนต์เก่าไม่ใช้แล้วและมลพิษที่อาจส่งผลกระทบต่อคนในชุมชน รวมทั้ง ลักษณะการทำงานของลูกจ้าง

3. กรอบแนวคิด

การศึกษาวิจัยเรื่อง "การจัดการความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสิ่งแวดล้อมในการทำงาน (SHE) ในโรงงานผลิตน้ำมันจากยางรถยนต์เก่าไม่ใช้แล้ว" เป็นการวิจัยเชิงคุณภาพ ซึ่งมีกรอบแนวคิดดังนี้

ภาพประกอบ 1 กรอบแนวคิด

4. วิธีการวิจัย

จากกรอบแนวคิดนำไปสู่รายละเอียดเกี่ยวกับวิธีการวิจัย ดังนี้

1. ประชากรที่ทำการศึกษา ได้แก่ นายจ้าง (2 คน) ลูกจ้าง (8 คน) คนในชุมชนใกล้เคียงโรงงาน (5 คน) และเจ้าหน้าที่ท้องถิ่น (1 คน)

2. เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาได้แก่ การสัมภาษณ์เชิงลึก การสังเกต และการอภิปรายกลุ่มย่อย

3. แหล่งข้อมูลที่ใช้สำหรับการศึกษาประกอบด้วยข้อมูลที่สำคัญ 2 ประเภท คือ ข้อมูลปฐมภูมิ ได้แก่ ข้อมูลที่ได้จากกลุ่มตัวอย่าง (ลูกจ้าง นายจ้าง ชาวบ้านในชุมชนใกล้เคียงโรงงาน เจ้าหน้าที่ท้องถิ่น) และข้อมูลทุติยภูมิ ได้แก่ ข้อมูลที่ได้จากเอกสาร งานวิชาการ งานวิจัย บทความ วารสาร สิ่งพิมพ์และสิ่งอื่นๆ

4. การเก็บข้อมูลปฐมภูมิโดยการสัมภาษณ์ต่อหน้า (Face to face interview) กลุ่มเป้าหมาย ได้แก่ ลูกจ้าง นายจ้าง เจ้าหน้าที่ท้องถิ่นและชาวบ้าน

5. การเก็บข้อมูลปฐมภูมิโดยการสังเกตสภาพแวดล้อมรอบๆโรงงาน (Observation)

6. การเก็บข้อมูลปฐมภูมิโดยการอภิปรายกลุ่มย่อย (Group Discussion) กลุ่มเป้าหมายได้แก่ ชาวบ้านในชุมชนใกล้เคียงโรงงาน

5. ผลการวิจัย

การศึกษาเรื่อง "การจัดการความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสิ่งแวดล้อมในการทำงาน (SHE) ในโรงงานผลิตน้ำมันจากยางรถยนต์เก่าไม่ใช้แล้ว" ผู้วิจัยใช้การสัมภาษณ์ต่อหน้า (Face to Face interview) การสังเกตพร้อมรายการตรวจสอบ (Check list) และการอภิปรายกลุ่มย่อย พร้อมทั้งเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลโดยแบ่งออกเป็น 3 ส่วนดังนี้

1. การเก็บข้อมูลปฐมภูมิโดยการสัมภาษณ์ต่อหน้า ทำการสัมภาษณ์ นายจ้าง (2 คน) ลูกจ้าง (8 คน) คนในชุมชนใกล้เคียงโรงงาน (5 คน) และเจ้าหน้าที่ท้องถิ่น (1 คน) ได้ผลการศึกษาดังนี้

1.1 ลักษณะสภาพแวดล้อมของโรงงานที่อาจเป็นอันตราย (Unsafe Condition)

จากการสัมภาษณ์ลูกจ้าง สรุปได้ว่า สภาพแวดล้อมในการทำงานยังคงมีการจัดการที่ยังไม่ดีเท่าที่ควรแต่ยังพอรับได้เพราะโรงงานกำลังมีการพัฒนาไปในทางที่ดีขึ้น ในด้านสิ่งแวดล้อมภายในโรงงานผลิตน้ำมันจากยางรถยนต์เก่าไม่ใช้แล้วซึ่งใช้ฟืนและเศษไม้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับการเผาไหม้จะมีฝุ่นละอองที่เกิดจากกระบวนการเผาไหม้ ทางนายจ้างจึงได้ให้มีการตรวจวัดฝุ่นละอองและมลพิษต่างๆที่เกิดขึ้น ซึ่งจากการตรวจวัดมลพิษทางอากาศ ยังอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน

1.2 ลักษณะบุคคลและพฤติกรรมการทำงานของลูกจ้างที่อาจเสี่ยงต่ออุบัติเหตุและโรคที่เกิดจากการทำงาน (Unsafe Act)

จากการสัมภาษณ์นายจ้าง สรุปได้ว่า นายจ้างให้ความสำคัญด้านสุขภาพของลูกจ้าง โดยกำหนดกฎระเบียบในการทำงานที่ทำให้ลูกจ้างทำงานอย่างปลอดภัย ควบคุมพฤติกรรมการใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลของลูกจ้าง ได้แก่ ให้สวมหมวกนิรภัย หน้ากากกันฝุ่นและกลิ่น ถุงมือป้องกันความร้อน และให้มีการตรวจสุขภาพประจำปีแก่ลูกจ้างทุกคน มีการฝึกอบรมด้านความปลอดภัยและอาชีวอนามัยในการทำงาน พร้อมทั้งฝึกอบรมการป้องกันการเกิดอัคคีภัยในโรงงานทุกปี แต่ยังขาดบุคลากรทางด้านความปลอดภัย (เจ้าหน้าที่ความปลอดภัยในการทำงาน จป) ประจำโรงงาน

1.3 สถานภาพการจัดการSHE

จากการสัมภาษณ์นายจ้างและลูกจ้าง สรุปได้ดังนี้ ลูกจ้างยังไม่มีความรู้ ความเข้าใจในด้านการจัดการระบบ SHE เท่าที่ควร แต่ลูกจ้างยินดีให้ความร่วมมือกับนายจ้างในการนำระบบการบริหารจัดการ SHE เข้ามาใช้ ด้านนายจ้างมีนโยบายที่จะให้ความรู้ ความเข้าใจในเรื่องของสภาพการจัดการ SHE ประโยชน์และโทษที่จะ

ได้รับหากไม่ปฏิบัติหรือละเลยการป้องกันตนเองจากการทำงานแก่ลูกจ้าง และนายจ้างมีแผนการกำหนดนโยบายอาชีวอนามัยความปลอดภัยและสิ่งแวดล้อม ในอนาคตต่อไป

1.4 กลไกและกระบวนการในการจัดการSHE

จากการสัมภาษณ์นายจ้าง สรุปได้ดังนี้ โรงงานฯมีการเตรียมความพร้อมที่จะนำระบบ SHE เข้ามาใช้กำหนดการบริหารจัดการภายในโรงงานฯ พร้อมทั้งกำหนดทิศทางการจัดทำเรื่อง SHE ซึ่งต้องชัดเจนและสอดคล้องกับลักษณะของโรงงานฯ นอกจากนี้ต้องให้ลูกจ้างเข้ามามีส่วนร่วมในการวางกลไกและกระบวนการจัดการ SHE ของ โรงงานฯด้วย

1.5 ผลกระทบสิ่งแวดล้อมต่อคนในชุมชนใกล้เคียงโรงงาน

จากการสัมภาษณ์คนในชุมชนใกล้เคียงโรงงาน สรุปได้ดังนี้ จากกระบวนการผลิตของโรงงานยังไม่ก่อให้เกิดมลพิษที่ส่งผลกระทบต่อชุมชนใกล้เคียง เนื่องจากโรงงานฯอยู่ห่างจากแหล่งชุมชนพอสมควร ทางโรงงานฯมีมาตรการป้องกันและแก้ไขผลกระทบสิ่งแวดล้อมและมาตรการติดตามตรวจสอบคุณภาพสิ่งแวดล้อมอย่างสม่ำเสมอ และหากการบำบัดมลพิษจากกระบวนการผลิตเริ่มก่อให้เกิดมลพิษ ทางโรงงานฯต้องรีบดำเนินการแก้ไขปรับปรุงระบบบำบัดมลพิษให้มีประสิทธิภาพในการบำบัดมลพิษอย่างสม่ำเสมอ

1.6 ปัญหา/อุปสรรคในการจัดการ SHE ของโรงงาน

จากการสัมภาษณ์นายจ้าง สรุปได้ดังนี้ ปัญหาที่พบคือ นายจ้างขาดความรู้ความเข้าใจในกระบวนการจัดการ SHE นายจ้างได้ให้ความสำคัญกับประสิทธิภาพของผลผลิตและกระบวนการผลิตมาเป็นอันดับแรก และขาดบุคลากรที่ให้คำแนะนำในการพัฒนา SHE

1.7 แนวทางในการพัฒนา SHE ของโรงงาน

จากการสัมภาษณ์นายจ้างและเจ้าหน้าที่ท้องถิ่น สรุปได้ดังนี้ ต้องมีการให้ความรู้และจัดฝึกอบรมแก่นายจ้าง ลูกจ้างและผู้ที่เกี่ยวข้องได้เข้าใจในเรื่องการพัฒนา SHE และควรมีเจ้าหน้าที่ความปลอดภัยในการทำงาน (จป.) ประจำโรงงาน พร้อมเฝ้าระวังทางด้านสิ่งแวดล้อม และด้านความปลอดภัยในการทำงาน และเมื่อเกิดปัญหาด้านมลพิษต้องรีบดำเนินการแก้ไขโดยทันที พร้อมทั้งต้องมีการพัฒนา SHE อย่างต่อเนื่องให้เหมาะสมกับกระบวนการผลิตและการดำเนินงานภายในโรงงานฯให้มีความทันสมัยอยู่เสมอ

2. การเก็บข้อมูลปฐมภูมิโดยการสังเกตโดยใช้รายการตรวจสอบ (Observation with a check list)

ตารางที่ 1 การเก็บข้อมูลปฐมภูมิโดยการสังเกต (Observation) ตามรายการตรวจสอบ (Check list)

ประเด็น(Check list) การตรวจสภาพความปลอดภัย	ไม่มี	มีแต่ต้องปรับปรุง	พอใช้	ดี	ดีมาก	หมายเหตุ
1.ป้ายประกาศนโยบาย SHE ทั้งภายในและนอกโรงงาน		/				ควรจัดทำป้ายประกาศให้ชัดเจน
2.เจ้าหน้าที่ผู้รับผิดชอบ SHE (จป) ตามที่กฎหมายกำหนด	/					
ประเด็น(Check list)	**ไม่มี**	**มีแต่ต้อง**	**พอใช้**	**ดี**	**ดีมาก**	**หมายเหตุ**

การตรวจสภาพความปลอดภัย		ปรับปรุง				
3.แผนงานเกี่ยวกับ SHE		/				ควรกำหนดแผนงานให้มีความเข้าใจได้ง่าย
4.เอกสารประเมินความเสี่ยง(Risk Assessment)	/					ควรกำหนดแผนงานให้มีความเข้าใจได้ง่าย
5.แผนปฏิบัติการเกี่ยวกับ SHE		/				ควรมีแผนที่ชัดเจนเพื่อให้คนงานปฏิบัติอย่างถูกต้อง
6.ระเบียบ/คำสั่งของโรงงานเกี่ยวกับ SHE			/			ควรมีคำสั่งให้คนงานปฏิบัติได้ถูกต้อง
7.แสงสว่างในที่ทำงานอย่างเพียงพอ					/	
8.การตรวจวัดระดับเสียงดัง					/	ผลการตรวจวัดอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานทั้งหมด
9.การระบายอากาศ					/	
10.ระบบบำบัดมลพิษทางอากาศ					/	
11.ระบบบำบัดมลพิษทางน้ำ					/	
12.กากของเสียอันตราย					/	
13.การกำจัดวัสดุเหลือใช้ที่ไม่อันตราย					/	
14.อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล					/	
15.การป้องกันอันตรายของเครื่องจักร					/	
16.ความปลอดภัยเกี่ยวกับไฟฟ้า					/	
17.ป้ายแสดงสถิติอุบัติเหตุ	/					จัดทำป้ายเพื่อให้ตระหนักถึงความปลอดภัย
18.เครื่องหมายแสดงความปลอดภัย		/				จัดทำเครื่องหมายเตือนให้ชัดเจน เข้าใจง่าย
19.การจัดเก็บสิ่งของอย่างเป็นระเบียบ				/		
20.ห้องน้ำคนงาน				/		
21.ชุดปฐมพยาบาลเบื้องต้น				/		
22.อุปกรณ์ล้างร่างกายเมื่อประสบอุบัติเหตุ		/				ควรมีอุปกรณ์ล้างร่างกายโดยเฉพาะ เช่นอุปกรณ์ล้างตา ฝักบัวล้างร่างกาย เป็นต้น
23.อุปกรณ์เตือนภัยและดับเพลิง					/	
24.ห้องปฐมพยาบาล		/				ควรมีพยาบาลประจำห้องฯ
ประเด็น(Check list)	**ไม่มี**	**มีแต่ต้อง**	**พอใช้**	**ดี**	**ดีมาก**	**หมายเหตุ**

การตรวจสภาพความปลอดภัย		ปรับปรุง				
25.ประตูฉุกเฉินในอาคาร					/	
26.โรงอาหารที่แยกจากตัวโรงงาน					/	
27.ความคับแคบของที่ทำงาน (3 ตารางเมตร/คน)					/	
28.ความปลอดภัยเกี่ยวกับการใช้รถยนต์ในโรงงาน					/	

จากการเก็บข้อมูลปฐมภูมิโดยการสังเกต (Observation) ตามรายการตรวจสอบ (Check list) สามารถสรุปได้ดังนี้ คือ แผนการจัดการ SHE ของโรงงานฯยังไม่มีความเป็นรูปธรรม ยังไม่มีแผนการปฏิบัติที่ชัดเจน เพียงแต่มีอุปกรณ์ป้องกันอันตรายจากอุบัตติเหตุเบื้องต้นที่อาจเกิดขึ้นภายในโรงงานฯ ได้แก่ อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล อุปกรณ์เตือนภัยและดับเพลิงภายในโรงงานฯ ด้านสิ่งแวดล้อมในส่วนของระบบบำบัดมลพิษต่างๆทางโรงงานฯ ได้มีการจ้างหน่วยงานจากภายนอกให้มาตรวจสอบระบบบำบัดมลพิษ ซึ่งผลการตรวจวัดพบว่า มีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานทั้งหมด

3. การเก็บข้อมูลปฐมภูมิโดยการอภิปรายกลุ่มย่อย (Group Discussion) กลุ่มเป้าหมาย: ชาวบ้านในชุมชนใกล้เคียงโรงงาน ประเด็นการอภิปรายกลุ่ม มีดังนี้

3.1 ผลดี/ผลเสียของการมีโรงงานผลิตน้ำมันจากยางรถยนต์เก่าไม่ใช้แล้ว พบว่า

ผลดี คือ สามารถผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงที่พอเพียงสำหรับกลุ่มเกษตรกรที่เป็นสมาชิกของสหกรณ์ เป็นวิธีการจัดการพลังงานระดับชุมชนขนาดเล็กที่มีความมั่นคงและลดจากนำเข้าน้ำมันเชื้อเพลิงจากแหล่งอื่น ตามหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงภายในชุมชน เป็นการลดต้นทุนในการผลิตด้านการเกษตรของสมาชิกสหกรณ์และเกษตรกรในชุมชนและทำให้ชาวบ้านในชุมชนมีงานทำและมีรายได้ ลดปัญหาขยะในชุมชน

ผลเสีย คือ หากมีการขยายขนาดของโรงงานฯชาวบ้านกลัวผลกระทบจากกระบวนการผลิตที่อาจเกิดปัญหาด้านมลพิษด้านต่างๆได้และจะส่งผลต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพ ถ้าไม่มีการจัดการสิ่งแวดล้อมภายในและภายนอกโรงงานให้มีความเหมาะสม

3.2 การมีส่วนร่วมของประชาชนลักษณะต่างๆเช่น การได้งานทำในโรงงาน ร่วมทำกิจกรรมเป็นครั้งคราวและการนำยางรถยนต์เก่ามาขายให้แก่โรงงาน พบว่า

ชาวบ้านบริเวณใกล้เคียงโรงงานจะสามารถสร้างรายได้จากการนำยางรถยนต์เก่ามาขายให้แก่โรงงาน ลูกหลานของสมาชิกและชุมชนได้มีงานทำเพิ่มขึ้น และสมาชิกสหกรณ์มีรายได้จากเงินปันผลมากขึ้นอีก ทั้งชุมชนก็ได้รับเงินสนับสนุนในการทำกิจกรรมต่างๆของชุมชนจากโรงงาน เปิดให้บุคคลภายนอกเข้าเยี่ยมชมโรงงานฯเพื่อศึกษาดูงานขั้นตอนกระบวนการผลิตน้ำมันเชื้อเพลิง

3.3 ผลเสียจากข้อ1 จะมีแนวทางป้องกันแก้ไขอย่างไร

แนวทางการแก้ไข คือให้ทางผู้บริหารโรงงานและทางสหกรณ์ ได้มีการป้องกันและแจ้งชุมชนหากกระบวนการผลิตของโรงงานเกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพของประชากรในชุมชนและต้องการให้โรงงานเห็นความสำคัญในเรื่องนี้มากที่สุดและให้โรงงานต้องมีระบบบำบัดมลพิษที่มีประสิทธิภาพ ต้องมีการ

บำรุงรักษาอย่างสม่ำเสมอเพื่อป้องกันมลพิษไม่ให้รั่วไหลออกสู่ภายนอกโรงงานและควรมีการตรวจวัดมลพิษเป็นประจำทุกปี

3.4 ผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมและสุขภาพเคยเป็นประเด็นรุนแรงถึงขั้นร้องเรียนอย่างไร พบว่ายังไม่มีผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมและสุขภาพขั้นรุนแรงจนต้องมีเรื่องร้องเรียน

3.5 โรงงานได้ให้ความสนใจและรับผิดชอบเกี่ยวกับผลกระทบของมลพิษต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพของคนในชุมชนอย่างไร

ได้มีการเปิดโรงงาน ให้ชาวบ้านใกล้เคียงหรือผู้ที่สนใจได้เข้ามาดูกระบวนการ การผลิตภายในโรงงาน เพื่อให้เกิดความแน่ใจในกระบวนการผลิตว่าไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม สุขภาพและความเป็นอยู่ของชาวบ้านในบริเวณใกล้เคียง นอกจากนี้ชาวบ้านในชุมชนใกล้เคียงขอให้ทางสหกรณ์ปฏิบัติตามคำมั่นสัญญาครั้งที่ได้ทำประชาคมกับชาวบ้านว่า ถ้าปรากฏว่าโรงงานส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและชุมชนได้รับความเดือดร้อนทางโรงงานจะหยุดดำเนินการเพื่อแก้ไขปรับปรุงให้ได้มาตรฐานตามที่ทางราชการกำหนด แต่ถ้าไม่สามารถปรับปรุงแก้ไขให้ดีขึ้นได้ ต้องปิดกิจการทันที

3.6 ชุมชนและโรงงานจะอยู่ร่วมกันอย่างสันติและยั่งยืนได้อย่างไร

ผู้บริหารโรงงานและสหกรณ์ ต้องให้ความสำคัญในด้านสิ่งแวดล้อมและสุขภาพ ของประชากรในชุมชน ควรให้ประชาชนในชุมชนมีส่วนร่วมในการเข้าตรวจสอบมลพิษของโรงงาน อีกทั้งโรงงานและชุมชนควรให้ความเอื้ออาทรเกื้อหนุน ซึ่งกันและกัน ได้แก่โรงงานผลิตเชื้อเพลิงเก่าจากยางรถยนต์ไม่ใช้แล้ว เป็นโครงการที่นำวัสดุทิ้งแล้วมาผลิตเป็นพลังงานทดแทนและช่วยรักษาสิ่งแวดล้อม ซึ่งสามารถผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงพอเพียงแก่เกษตรกร ที่เป็นสมาชิกของสหกรณ์ได้ เป็นวิธีการจัดการพลังงานระดับชุมชนขนาดเล็กที่มีความมั่นคงและยั่งยืน นอกจากนี้ ชุมชนยังสามารถสร้างรายได้จากการนำยางรถยนต์เก่าไม่ใช้แล้วมาขายให้แก่โรงงานเพื่อเป็นวัตถุดิบในการผลิต และเป็นการสร้างงานให้ลูกหลานในชุมชนมีงานทำ โรงงานควรให้การสนับสนุนงบประมาณในการจัดทำกิจกรรมต่างๆ ของชุมชนอย่างสม่ำเสมอและต่อเนื่อง

6. สรุปผลการวิจัย

"การจัดการความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสิ่งแวดล้อมในการทำงาน (SHE) ในโรงงานผลิตน้ำมันจากยางรถยนต์เก่าไม่ใช้แล้ว" มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาการจัดการ SHE ของโรงงานผลิตน้ำมันจากยางรถยนต์เก่าไม่ใช้แล้วและมลพิษที่อาจส่งผลกระทบต่อคนในชุมชน รวมทั้ง กลไกและกระบวนการ SHE ของนายจ้าง กลุ่มที่ทำการวิจัยครั้งนี้คือ นายจ้าง (จำนวน 2 คน) ลูกจ้าง (จำนวน 8 คน) คนในชุมชนใกล้เคียงโรงงาน (จำนวน 5 คน) และเจ้าหน้าที่ท้องถิ่น (จำนวน 1 คน) สามารถสรุปผลได้ดังนี้

1. ด้านความปลอดภัย อาชีวอนามัย

จากการสัมภาษณ์นายจ้างและลูกจ้างในโรงงานพบว่า

นายจ้างกล่าวว่า มีความพร้อมที่จะนำระบบการจัดการSHEมาพัฒนาภายในโรงงานฯแต่ยังขาดความรู้ความเข้าใจในกระบวนการจัดการ SHE อีกทั้งต้องให้ความสำคัญในกระบวนการผลิตเชื้อเพลิงของโรงงานก่อน เนื่องจากโรงงานฯเพิ่งเริ่มก่อตั้ง และทางโรงงานฯได้มีนโยบายที่จะให้มีการจัดฝึกอบรมเกี่ยวกับความปลอดภัย

อาชีวอนามัย เป็นประจำทุกปีเพื่อให้ลูกจ้างและตัวนายจ้างเอง มีความเข้าใจเกี่ยวกับความปลอดภัย อาชีวอนามัยให้ถูกต้อง

ลูกจ้างกล่าวว่า ตัวลูกจ้างเองไม่มีความรู้ความเข้าใจในเรื่องการจัดการ SHE เท่าที่ควร แต่ต้องปฏิบัติตามกฎระเบียบที่ทางโรงงานกำหนดไว้ คือใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลที่ทางนายจ้างจัดหาให้ ต้องการให้ทางนายจ้างให้ความรู้เกี่ยวกับความปลอดภัยในการทำงาน เช่นให้มีการฝึกอบรมเกี่ยวกับความปลอดภัยในการทำงาน การฝึกอบรมด้านการป้องกันอัคคีภัย เพื่อนำไปใช้ในการทำงานได้อย่างถูกต้อง

2. ด้านสิ่งแวดล้อม

นายจ้างกล่าวว่า กระบวนการผลิตยางรถยนต์ จะมีเศษยางเหลือทิ้งโดยวิธีการกำจัดเศษยางเหล่านี้คือการเผา ซึ่งปล่อยก๊าซที่ทำลายสิ่งแวดล้อม หากมีวิธีการกำจัดเศษยางที่ถูกต้อง จะช่วยลดค่าใช้จ่ายในการกำจัดให้กับอุตสาหกรรม และไม่ก่อให้เกิดปัญหาต่อสิ่งแวดล้อม ทางสหกรณ์การเกษตรวานรนิวาส ได้เล็งเห็นถึงปริมาณขยะจากยางรถยนต์ที่เพิ่มมากขึ้นในแต่ละปี จึงได้ก่อตั้งโรงงานผลิตเชื้อเพลิงจากยางรถยนต์เก่าที่ไม่ใช้แล้วขึ้น และโรงงานฯได้ตระหนักถึงปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมที่อาจเกิดขึ้นจากกระบวนการผลิต จึงได้มีการตรวจวัดมลพิษด้านสิ่งแวดล้อมได้แก่ ตรวจสอบคุณภาพอากาศในบรรยากาศของโรงงานตรวจสอบคุณภาพอากาศในพื้นที่ทำงานของโรงงานตรวจสอบระดับเสียงในพื้นที่ทำงานของโรงงาน ตรวจสอบระดับเสียงทั่วไปของโรงงาน ตรวจสอบคุณภาพน้ำทิ้งของโรงงาน ตรวจสอบขี้เถ้าจากการเผายางรถยนต์ของโรงงานเพื่อนำข้อมูลมาใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาระบบควบคุมคุณภาพสิ่งแวดล้อม ผลการตรวจวัดมีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานทั้งหมด ซึ่งเป็นการสร้างความมั่นใจแก่ชาวบ้านในชุมชนใกล้เคียงโรงงานฯว่ากระบวนการผลิตเชื้อเพลิงจากยางรถยนต์เก่าไม่ใช้แล้วไม่ก่อให้เกิดมลพิษที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อมของชาวบ้านในชุมชน อีกทั้งทางโรงงานฯได้เปิดโอกาสให้ผู้ที่สนใจในกระบวนการผลิตและการจัดการด้านสิ่งแวดล้อมของโรงงานฯได้เข้าเยี่ยมชมภายในโรงงานฯเพื่อสร้างความน่าเชื่อถือและความมั่นใจ

3. ด้านการวิเคราะห์ Balanced Scorecard (BSC)

นายจ้างกล่าวว่า โรงงานฯได้นำการวิเคราะห์ Balanced Scorecard (BSC) มาประยุกต์ใช้ร่วมกับการจัดการSHE ซึ่งทำให้ทราบถึงประสิทธิภาพและขั้นตอนในกระบวนการผลิต ที่อาจส่งผลกระทบด้านอาชีวอนามัยความปลอดภัยและสิ่งแวดล้อม เพื่อนำไปสู่แนวทางการแก้ไขปรับปรุงไปในทางที่ดีขึ้น อีกทั้งเป็นการแก้ไขปัญหาที่ตรงจุด ทำให้การจัดการด้าน SHE ภายในโรงงานฯ มีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้น สร้างความรู้ความเข้าใจของคนงานให้มีความเข้าใจตรงกัน และเป็นการสร้างแนวทางการจัดการ SHE ร่วมกันภายในโรงงานฯ

7. การอภิปรายผล

จากการศึกษาวิจัยครั้งนี้พบว่า

การพัฒนาการจัดการ SHE และการส่งเสริมความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสิ่งแวดล้อม ของโรงงานฯ ยังไม่มีการพัฒนาและการจัดการที่ถูกต้องเนื่องจากได้เน้นแต่ประสิทธิภาพของกระบวนการผลิตให้ได้ผลผลิตที่มีคุณภาพ ในการควบคุมให้เป็นโรงงานฯ ที่ไม่มีอันตรายหรือเอื้อต่อความปลอดภัย ควรปลูกฝังความเชื่อ ค่านิยมและทัศนคติเกี่ยวกับความปลอดภัยให้ถูกต้อง นอกจากนี้ควรได้รับการสนับสนุนให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางความคิดทั้งวิธีการคิดการปฏิบัติในเรื่องความปลอดภัย อาชีวอนามัยและสิ่งแวดล้อมให้ถูกต้อง เพื่อให้ลูกจ้าง

ตระหนักถึงความสำคัญของกระบวนการจัดการ SHE ซึ่งก่อให้เกิดประโยชน์แก่ตัวของลูกจ้างเอง ซึ่งมีความคล้ายกับงานวิจัยของสุริยา สนธิ (2550) ที่กล่าวว่า การทำงานของคนเรามักจะทำงานในสถานที่แตกต่างกัน แต่สิ่งสำคัญที่สุดในการทำงานคือ การมีสุขภาพอนามัยดี และปลอดภัยจากการทำงาน ซึ่งผู้ประกอบอาชีพหรือทรัพยากรมนุษย์นับเป็นบุคคลสำคัญในฐานะทางเศรษฐกิจและสังคม ในการดูแลด้านสุขภาพเป็นเรื่องที่เกี่ยวข้องกับสิ่งแวดล้อมต่างๆ ที่เป็นภัยต่อสุขภาพและโรคที่เกิดขึ้นจากการทำงานอุบัติเหตุหรือการเจ็บป่วยที่เกิดขึ้นมาจากตัวบุคคล นอกจากนี้ควรมีการส่งเสริมความปลอดภัย การฝึกให้ผู้ทำงานได้เรียนรู้ ร่วมกันวิเคราะห์งานเพื่อความปลอดภัยรวมทั้งได้มีการสำรวจสุขภาพของตนเองเป็นระยะๆ โดยมีนักวิชาการคอยช่วยเหลือ ซึ่งจะส่งผลให้ผู้ทำงานได้ทราบ เข้าใจ และปฏิบัติเกี่ยวกับความปลอดภัยและสภาพแวดล้อมการทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ เมื่อบุคคลมีความรู้มากขึ้น อาจทำให้บุคคลนั้นมีทัศนคติที่ดีต่อสุขภาพ และอาจส่งผลให้มีพฤติกรรมด้านสุขภาพ ที่ดีด้วย

8. ข้อเสนอแนะ

1. งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยที่ได้ศึกษาในโรงงานที่เพิ่งเริ่มดำเนินการ และมีขนาดกำลังการผลิตขนาดเล็ก จึงเป็นแนวทางให้กับโรงงานที่มีลักษณะใกล้เคียงกันได้ให้ความสำคัญกับกระบวนการจัดการ SHE เพื่อให้เกิดประโยชน์ในการพัฒนาโรงงานให้ดีขึ้น

2. นายจ้างควรให้ความสำคัญกับกระบวนการจัดการ SHE และมีการกำหนดนโยบาย SHE ที่มีความชัดเจนเข้าใจง่าย เพื่อให้ลูกจ้างได้สนองตอบนโยบายได้อย่างถูกต้อง พร้อมทั้งกำกับดูแลให้ลูกจ้างปฏิบัติตามอย่างเคร่งครัด เป็นการป้องกันอุบัติเหตุจากการทำงานที่ต้นเหตุ

3. ลูกจ้างในโรงงานผลิตน้ำมันจากยางรถยนต์เก่าไม่ใช้แล้ว ยังขาดความรู้ความเข้าใจในกระบวนการจัดการ SHE จึงควรมีการจัดกิจกรรมอบรมเกี่ยวกับโครงการสถานที่ทำงานน่าอยู่ น่าทำงาน ในด้านความสะอาด การปฏิบัติตนเกี่ยวกับความปลอดภัย การป้องกันมลพิษ และการส่งเสริมสุขภาพ โดยจัดอบรมภายในโรงงานโดยเชิญวิทยากรที่มีความรู้และประสบการณ์จากหน่วยงานภายนอกทั้งภาครัฐหรือเอกชนมาบรรยาย (In house training) อย่างน้อยปีละ 1 ครั้ง เพื่อเป็นการสร้างจิตสำนึกในด้านอาชีวอนามัย ความปลอดภัยและสิ่งแวดล้อมของคนงานในโรงงานมากยิ่งขึ้น

9. รายการอ้างอิง

กรมควบคุมมลพิษ. 2548. **เผายางรถยนต์เก่าได้น้ำมัน ลดนำเข้าเชื้อเพลิงฟอสซิลถึง 10-15%.** วันที่ค้นคว้า 7 ตุลาคม 2554 จาก http://ptech.pcd.go.th/p2/waste-util-article-view.php?aid=49.

คมสันต์ ธงชัยและคณะ. 2552. **การจัดการด้านอาชีวอนามัยและความปลอดภัยกับพฤติกรรมเสี่ยงต่อการบาดเจ็บเนื่องจากการทำงานของคนงานก่อสร้าง ในเขตเทศบาลเมือง จังหวัดอุบลราชธานี**. บทความวารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. ฉบับงานสัปดาห์วิทยาศาสตร์ (18-20 ส.ค. 2552) มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี.

ณรงค์ศักดิ์ บุณยมาลิก. มปป. **Balanced Scorecard.** วันที่ค้นคว้า 17 ตุลาคม 2554 จาก http://www.software-fact.com/ianalysis/download/BalancedScorecard&KPIs.pdf

ธีรวิโรจน์ เทศกะทึก. 2549. **อาชีวอนามัยและความปลอดภัย.** พิมพ์ครั้งที่1. กรุงเทพมหานคร:โอ.เอส.พริ้นติ้งเฮ้าส์. มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช. 2550. **เอกสารการสอนชุดวิชาการบริหารงานอาชีวอนามัยและความปลอดภัย.** ฉบับปรับปรุงครั้งที่1. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

บุญจง ขาวสิทธิวงษ์. 2552. **การจัดการสิ่งแวดล้อมอุตสาหกรรม**. หลักสูตรการจัดการสิ่งแวดล้อม. สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์.

ศิริรัตน์ จิตการค้า. 2550. **การผลิตเชื้อเพลิงเหลวจากขยะพลาสติกและยาง โดยใช้กระบวนการไพโรไลซิส.** วันที่ค้นคว้า 7 ตุลาคม 2554 จาก http://www.vcharkarn.com/varticle/408.

สหกรณ์การเกษตรวานรนิวาส จังหวัดสกลนคร. 2554. **โครงการผลิตน้ำมันจากยางรถยนต์เก่าไม่ใช้แล้ว.** วันที่ค้นคว้า 10 สิงหาคม 2554.

สุริยา สนธิ. 2550. **ภูมิปัญญาพื้นบ้านในการจัดการด้านอาชีวอนามัยและความปลอดภัยในการทำงานทอผ้า กลุ่มสตรีทอผ้าบ้านดอนหลวง จังหวัดลำพูน**. วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตร์มหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

สำนักงานมาตฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม. 2544. **มาตฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมระบบการจัดการอาชีวอนามัยและความปลอดภัย: ข้อเสนอแนะทั่วไปเกี่ยวกับหลักการ ระบบและเทคนิคในทาง.**