Academic Journal of Phetchaburi Rajabhat University
Vol.6 No.1 January-June 2016

สมรรถนะระบบปั๊มน้ำผิวดินพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับครัวเรือน

Competency of Solar Surface Water-pumping System for Household Appliances

สุวัฒน์ มณีวรรณ [1*]
Suwat Maneewan [1*]
นิคม ลนขุนทด [2**]
Nikom Lonkuntosh [2**]
กนกกานต์ ลายสนธิ์ [3***]
Kanokkan Laison [3***]

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาข้อมูลระบบปั๊มน้ำผิวดินพลังงานแสงอาทิตย์ สำหรับใช้ในครัวเรือน เพื่อพัฒนาและออกแบบโปรแกรมคำนวณสำเร็จรูปในการตัดสินใจเลือกใช้ระบบปั๊มน้ำผิวดินพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับครัวเรือน เพื่อหาสมรรถนะด้านประสิทธิภาพและการยอมรับของระบบปั๊มน้ำผิวดินพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยโปรแกรมคำนวณสำเร็จรูป และเพื่อวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์ การดำเนินการวิจัยใช้เครื่องมือในการวิจัย คือ แบบสัมภาษณ์โปรแกรมคำนวณสำเร็จรูป แบบประเมินประสิทธิภาพโปรแกรมคำนวณสำเร็จรูป และแบบประเมินการยอมรับการใช้งานโปรแกรมคำนวณสำเร็จรูป การดำเนินการวิจัยใช้ผู้เชี่ยวชาญประเมินด้านการทดสอบหาประสิทธิภาพโปรแกรมคำนวณสำเร็จรูป จำนวน 3 คน และการประเมินการยอมรับการใช้งานโปรแกรมคำนวณสำเร็จรูประบบ จำนวน 30 คน ด้วยวิธีการ User Testing โดยทำการทดสอบประสิทธิภาพและการยอมรับการใช้งาน 3 ด้าน ได้แก่ ด้านความสามารถของโปรแกรม (Function Requirement Test) ด้านความถูกต้องและการทำงานของโปรแกรม (Function Test) และด้านความสะดวกและความง่ายต่อการใช้งาน (Usability Test) โดยสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

---

[1] ผู้นิพนธ์ ปร.ด. (เทคโนโลยีอุตสาหกรรม) อาจารย์ประจำคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ อ.เมือง จ.บุรีรัมย์ 31000 โทรศัพท์ 08-1660-7526 อีเมล : suwat_m@hotmail.com

[*] Author: Ph.D. (Industrial Technology) Faculty of Industrial Technology, Buriram Rajabhat University, Muang District, Buriram Province 31000; Tel. 08-1660-7526 E-mail : suwat_m@hotmail.com

[2] ผู้นิพนธ์ร่วม ผู้ช่วยศาสตราจารย์ อาจารย์ประจำหลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์ อ.เมือง จ.สุรินทร์ 32000 โทรศัพท์ 09-3325-6399 อีเมล : komsurin1@gmail.com

[**] Co-Author: Assistance Professor Ph.D. (Industrial Technology) Faculty of Industrial Technology, Surindra Rajabhat University, Muang District, Surin Province 32000 Tel. 09-3325-6399 E-mail : komsurin1@gmail.com

[3] ผู้นิพนธ์ร่วม อาจารย์ประจำหลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์ อ.เมือง จ.สุรินทร์ 32000 โทรศัพท์ 08-6664-2490

[***] Co-Author: Ph.D.(Industrial Technology) Faculty of Industrial Technology, Surindra Rajabhat University, Muang District, Surin Province 32000 Tel. 08-6664-2490

ผลการทดสอบประสิทธิภาพโปรแกรมคำนวณสำเร็จรูปจากผู้เชี่ยวชาญ มีความสะดวกและง่ายต่อการใช้งาน อยู่ในระดับดีมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.72 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.24 และจากการทดสอบการยอมรับการใช้โปรแกรมคำนวณสำเร็จรูป จากผู้ใช้งาน มีความสะดวกและความง่ายต่อการใช้งาน อยู่ในระดับดีมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.69 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.49 มีความสอดคล้องกัน การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ พบว่า การพิจารณาค่าพลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้จากการลงทุนของระบบปั๊มน้ำไดอะเฟรมมีค่าสูงกว่าระบบปั๊มน้ำแบบจุ่ม และการพิจารณาค่าน้ำที่ประหยัดได้ของการลงทุนในระบบปั๊มน้ำแบบจุ่มมีค่าสูงกว่าระบบปั๊มน้ำไดอะเฟรม
คำสำคัญ : ระบบปั๊มน้ำ เซลล์แสงอาทิตย์

Abstract

The objectives of this research were to study data of solar surface water-pumping system for household appliances, to develop and design application software for decision making in selecting solar surface water-pumping system for household appliances, to define competency of solar surface water-pumping system in terms of efficiency and acceptance through calculating application software, and to conduct economic analysis. Research instruments were interview forms, evaluation forms regarding efficiency of calculating application software, and evaluation forms regarding acceptance of calculating application software. The efficiency of calculating application software of this research was evaluated by 3 specialists, and the acceptance of calculating application software was evaluated by 30 specialists. Both evaluations were achieved through User Testing. The efficiency and acceptance were tested in 3 aspects; Function Requirement Test, Function Test, and Usability Test. The statistics used for data analysis were mean and standard deviation.

The test result found that efficiency of calculating application software made by specialists was convenient and easy to use, and was at a very good level with an average of 4.72 and standard deviation of 0.24. From evaluating test of acceptance of calculating application software made by users, it was found convenient and easy to use with an average of 4.69 and a standard deviation of 0.49. The economic analysis showed that the consideration of electrical energy saving from the investment in diaphragm water-pumping system had higher value than submersible water-pumping system. Apart from this, the consideration of water saving systems from the investment in submersible water-pumping system had higher value than diaphragm water-pumping system.
Keywords : Water Pumping System, Solar Cell

บทนำ

แสงอาทิตย์นับเป็นแหล่งพลังงานขนาดใหญ่ของโลกและสามารถแปรเปลี่ยนไปเป็นพลังงานรูปแบบอื่นได้มหาศาล นอกจากการใช้พลังงานความร้อนที่เป็นผลิตผลโดยตรงจากดวงอาทิตย์ เช่น การใช้ความร้อนในการตาก หรือแปรรูปพืชผลทางการเกษตรแล้ว ยังมีการนำแสงอาทิตย์มาแปรเปลี่ยนเป็นพลังงานไฟฟ้าเพื่อส่งจ่ายไปยังผู้ใช้ได้เป็นจำนวนมาก โดยนำเอาเซลล์แสงอาทิตย์ (Solar Cell) มาแปลงพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้า และปัจจุบันก็มีการนำเอาเซลล์แสงอาทิตย์มาใช้กันอย่างแพร่หลาย นอกจากนี้ยังมีการนำเอาเซลล์แสงอาทิตย์มาผลิตไฟฟ้าให้สามารถใช้ได้ในพื้นที่ห่างไกลจากระบบสายส่งไฟฟ้า และนำมาใช้ในกิจกรรมต่าง ๆ อีกมากมาย และกล่าวได้ว่าแสงอาทิตย์ยังเป็นพลังงานทดแทนสะอาด เพราะไม่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ไม่ทำลายทรัพยากรธรรมชาติ ทำให้

ทั่วโลกกำลังให้ความสนใจรวมถึงประเทศไทยด้วย

พื้นที่ส่วนใหญ่ของประเทศได้รับรังสีอาทิตย์สูงสุดระหว่างเดือนเมษายนและพฤษภาคม โดยมีค่าอยู่ในช่วง 5.54 ถึง 6.65 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อตารางเมตร-วัน บริเวณที่รับ รังสีอาทิตย์สูงสุดเฉลี่ยทั้งปีอยู่ที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือโดยครอบคลุมบางส่วนของจังหวัดนครราชสีมา บุรีรัมย์ สุรินทร์ ศรีสะเกษ ร้อยเอ็ด ยโสธร อุบลราชธานี และอุดรธานี และบางส่วนของภาคกลางที่จังหวัดสุพรรณบุรี ชัยนาท อยุธยา และลพบุรี โดยได้รับรังสีอาทิตย์เฉลี่ยทั้งปี 5.26 ถึง 5.54 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อตารางเมตร-วัน คิดเป็น 14.3 % ของพื้นที่ทั้งหมดของประเทศ นอกจากนี้ยังพบว่า 50.2 % ของพื้นที่ทั้งหมดรับรังสีอาทิตย์เฉลี่ยทั้งปีเท่ากับ 4.99 ถึง 5.26 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อตารางเมตร-วัน จากการคำนวณรังสีรวมของดวงอาทิตย์รายวันเฉลี่ยต่อปีของพื้นที่ทั่วประเทศ มีค่าเท่ากับ 5.04 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อตารางเมตร-วัน แสดงให้เห็นว่าประเทศไทยมีศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ค่อนข้างสูง [1]

ระบบสูบน้ำโดยโซล่าเซลล์แบบต่อตรง คือ ระบบสูบน้ำด้วยโซล่าเซลล์ที่ไม่ต้องมีแบตเตอรี่เพื่อเก็บสะสมพลังงานไฟฟ้า มีข้อดีหลายประการคือ ลดน้ำหนักของระบบ และไม่ต้องมีวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่ยุ่งยาก ซึ่งยากต่อการบำรุงรักษา โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการใช้งานในชนบท ข้อเสีย คือ ระบบไม่สามารถทำงานในช่วงที่มีความเข้มแสงต่ำ ๆ ได้ วิธีแก้ไขคือ สร้างถังเก็บน้ำขนาดใหญ่เก็บสะสมน้ำที่สูบได้ไว้ใช้ในช่วงความเข้มแสงต่ำๆ [2] การสูบน้ำโดยใช้แผงโซล่าเซลล์แบบต่อตรงไปยังปั๊มน้ำเพื่อใช้งานในการสูบน้ำจากบ่อบาดาล บ่อเก็บน้ำ สระน้ำแล้วนำไปเก็บไว้บนถังพักน้ำที่อยู่บนที่สูง หรือหอน้ำเป็นวิธีการที่นิยมกันมากเพราะง่ายและประหยัด เพราะสามารถลดค่าใช้จ่ายลงได้บางส่วนเนื่องจากไม่ต้องใช้ตัวชาร์จไฟฟ้าและไม่ต้องมีแบตเตอรี่ รวมถึงไม่ต้องใช้อินเวอร์เตอร์ที่เป็นตัวแปลงไฟจากแบตเตอรี่ 12V./24V.DC. เป็นไฟบ้าน 220 V.AC.

การนำเซลล์แสงอาทิตย์มาใช้ในปัจจุบันนี้เป็นที่นิยมเป็นอย่างมาก มีการตื่นตัวและนำมาใช้ในภาคเกษตรกรรม ช่วยในการแก้ปัญหาภัยแล้ง นำทรัพยากรธรรมชาติที่มีอยู่อย่างไม่จำกัดมาประยุกต์ใช้และเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม การใช้พลังงานแสงอาทิตย์มาผลิตไฟฟ้าเพื่อใช้ในการปั๊มน้ำ มีการใช้งานอย่างแพร่หลายในประเทศไทย เนื่องจากราคาของอุปกรณ์ต่าง ๆ ในระบบปั๊มน้ำพลังงานแสงอาทิตย์เริ่มจะมีราคาที่ถูกลงและเทคโนโลยีที่ทันสมัยมากขึ้น จากการพิจารณาการใช้งานปั๊มน้ำซึ่งเป็นที่นิยมโดยทั่วไปและเชื่อมต่อระบบเซลล์แสงอาทิตย์นั้นมีความจำเป็นต้องออกแบบและเลือกอุปกรณ์ประกอบให้เหมาะสมสอดคล้องกับความต้องการและมีประสิทธิภาพสอดคล้องกับการใช้งานจริง และผู้วิจัยได้ทำการสำรวจข้อมูลเบื้องต้นเพื่อการตัดสินใจในการเลือกใช้ปั๊มน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ พบว่า ผู้ใช้งานส่วนใหญ่ไม่สามารถตัดสินใจในการเลือกใช้ปั๊มน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ได้ เนื่องจากไม่มีความรู้และความเข้าใจของระบบปั๊มน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ และหากมีข้อมูลเพื่อการตัดสินใจจะสามารถเลือกใช้ระบบปั๊มน้ำพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับใช้ในครัวเรือนได้ ดังนั้นผู้วิจัยจึงเห็นความสำคัญในการศึกษาสมรรถนะของระบบปั๊มน้ำพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับใช้สอยในครัวเรือน โดยการใช้เครื่องมือในการคำนวณและวิเคราะห์ระบบปั๊มน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป เพื่อประโยชน์ในการตัดสินใจเลือกใช้ระบบปั๊มน้ำพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับครัวเรือน สำหรับสูบน้ำเพื่อใช้งานในบ้านเรือนและการเกษตรกรรมลดค่าใช้จ่ายสำหรับครัวเรือนในด้านค่าพลังงานไฟฟ้าและค่าน้ำมันเชื้อเพลิง สำหรับการสูบน้ำด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าหรือเครื่องยนต์ขนาดเล็กระบบมีประสิทธิภาพและเป็นไปตามสมรรถนะของระบบปั๊มน้ำสำหรับครัวเรือนที่ต้องการ

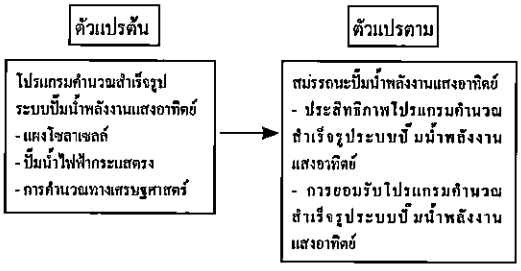
วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาข้อมูลระบบปั๊มน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ สำหรับใช้ในครัวเรือน
2. เพื่อพัฒนาและออกแบบโปรแกรมคำนวณสำเร็จรูปเพื่อการตัดสินใจเลือกใช้ระบบปั๊มน้ำพลังงาน

แสงอาทิตย์สำหรับครัวเรือน

3. เพื่อหาสมรรถนะด้านประสิทธิภาพและการยอมรับของระบบปั๊มน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยโปรแกรมคำนวณสำเร็จรูปเพื่อการตัดสินใจเลือกใช้ระบบปั๊มน้ำพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับครัวเรือน

4. เพื่อวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์ของระบบปั๊มน้ำพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับครัวเรือน



รูปที่ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

วิธีการดำเนินการวิจัย

ดำเนินการวิจัยตามกระบวน การวิจัยและพัฒนา (Research and Development) การวิจัยเชิงสำรวจ (Survey Research) และการวิจัยเชิงปริมาณ (Quantitative Research) มีขั้นตอนการดำเนินการในแต่ละขั้นตอน ดังนี้

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1. ประชากรที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ ชาวบ้านชุมชนบ้านสนวนนอก อำเภอห้วยราช จังหวัดบุรีรัมย์

2. กลุ่มตัวอย่างในการวิจัยครั้งนี้ แบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม ดังนี้

2.1 กลุ่มตัวอย่างจากประชากรทั้งหมดที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลบริบททั่วไปของการใช้น้ำจากชาวบ้านชุมชนบ้านสนวนนอก อำเภอห้วยราช จังหวัดบุรีรัมย์ จำนวน 30 คน โดยวิธีการสุ่มแบบไม่อาศัยความน่าจะเป็น (Nonprobability Sampling) ด้วยวิธีการเลือกตัวอย่างแบบสะดวกสบาย (Accidental Sampling) [3] ร่วมกับเทคนิคการค้นหาปัจเจกและกลุ่มศักยภาพชุมชนด้วยการอ้างอิงต่อเนื่องปากต่อปาก (Snowball Sampling Technique) ซึ่งการได้มาของข้อมูลใช้วิธีการสัมภาษณ์แบบเจาะลึก (In-Depth Interview) [4]

2.2 กลุ่มตัวอย่างด้านการทดสอบหาประสิทธิภาพของโปรแกรมคำนวณสำเร็จรูประบบปั๊มน้ำผิวดินพลังงานแสงอาทิตย์ สำหรับการตัดสินใจเลือกใช้ระบบปั๊มน้ำผิวดินพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับครัวเรือน ประเมินโดยใช้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 คน โดยผู้วิจัยได้คัดเลือกผู้เชี่ยวชาญที่มีความรู้ความสามารถทางด้านไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ผู้เชี่ยวชาญการออกแบบสิ่งประดิษฐ์

2.3 กลุ่มตัวอย่างด้านการยอมรับการใช้งานโปรแกรมคำนวณสำเร็จรูประบบปั๊มน้ำผิวดินพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับการตัดสินใจเลือกใช้ระบบปั๊มน้ำผิวดินพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับครัวเรือน ประเมินจากผู้ใช้งานโปรแกรม จำนวน 30 คน

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

1. แบบสัมภาษณ์ สำหรับการรวบรวมข้อมูลของการศึกษาบริบททั่วไปของชุมชน และสภาพการใช้โซล่าเซลล์และการใช้ปั๊มน้ำ

2. โปรแกรมคำนวณสำเร็จรูประบบปั๊มน้ำผิวดินพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับครัวเรือน

3. แบบประเมินประสิทธิภาพโปรแกรมคำนวณสำเร็จรูประบบปั๊มน้ำพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับครัวเรือน

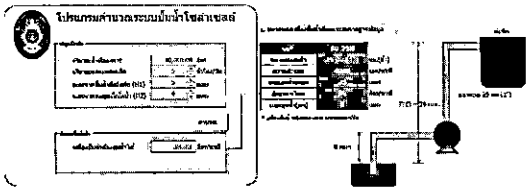
4. แบบประเมินการยอมรับการใช้งานโปรแกรมคำนวณสำเร็จรูประบบปั๊มน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ สำหรับครัวเรือน

การเก็บรวบรวมข้อมูล

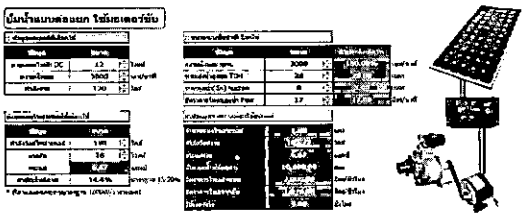
1. การศึกษาบริบททั่วไปของการใช้น้ำของกลุ่มตัวอย่างชุมชนบ้านสนวนนอก อำเภอห้วยราช จังหวัดบุรีรัมย์ ใช้วิธีการสัมภาษณ์แบบเจาะลึก (In-Depth Interview) ได้ข้อมูลจากการสัมภาษณ์ร้อยละ 100

2. นำข้อมูลที่ได้จากการศึกษาบริบททั่วไปของ

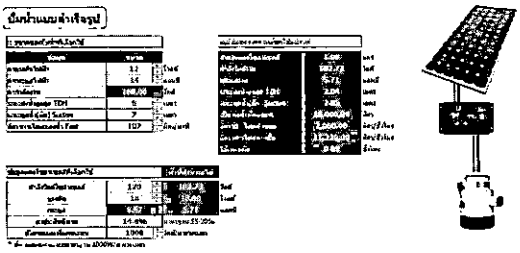
การใช้น้ำและการศึกษาหลักการทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง นำมาเป็นแนวทางในการพัฒนาโปรแกรมคำนวณสำเร็จรูป [5]



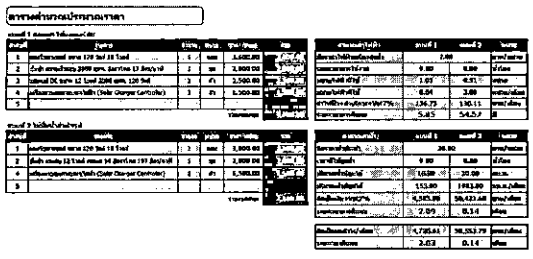
รูปที่ 2 โปรแกรมคำนวณระบบปั๊มน้ำโซล่าเซลล์



รูปที่ 3 โปรแกรมปั๊มน้ำแบบต่อแยก ใช้มอเตอร์ขับ



รูปที่ 4 โปรแกรมปั๊มน้ำแบบสำเร็จรูป



รูปที่ 5 ตารางคำนวณประมาณราคา

3. ทดสอบประสิทธิภาพโปรแกรมคำนวณสำเร็จรูป ด้วยวิธีการทดสอบระบบแบบ User Testing จากผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 3 คน โดยพิจารณาแบ่งเป็น 3 ด้าน คือ [6]

3.1 ด้านความสามารถของโปรแกรม (Function Requirement Test)

3.2 ด้านความถูกต้องและการทำงานของโปรแกรม (Function Test)

3.3 ด้านความสะดวกและความง่ายต่อการใช้งาน (Usability Test)

4. การทดสอบการยอมรับโปรแกรมคำนวณสำเร็จรูปด้วยวิธีการทดสอบโปรแกรมแบบ User Testing จากกลุ่มตัวอย่างผู้ใช้งานทั่วไป จำนวน 30 คน โดยพิจารณาแบ่งเป็น 3 ด้าน คือ

4.1 ด้านความสามารถของโปรแกรม (Function Requirement Test)

4.2 ด้านความถูกต้องและการทำงานของโปรแกรม (Function Test)

4.3 ด้านความสะดวกและความง่ายต่อการใช้งาน (Usability Test)

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. วิเคราะห์ตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Index of Consistency : IOC) ของโปรแกรมคำนวณสำเร็จรูปที่พัฒนาขึ้นไปให้ผู้เชี่ยวชาญพิจารณาตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา ที่มีตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป สามารถนำไปใช้งานได้ ดังนี้ [7]

1.1 ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของแบบประเมินประสิทธิภาพของโปรแกรมคำนวณสำเร็จรูปจากผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 คน มีค่าเฉลี่ยรวมของข้อคำถามทั้ง 3 ด้าน ที่ระดับ 0.92

1.2 ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของแบบประเมินการยอมรับการใช้งานโปรแกรมคำนวณสำเร็จรูป มีค่าเฉลี่ยรวมของข้อคำถามทั้ง 3 ด้าน ที่ระดับ 0.91

2. การวิเคราะห์ความเชื่อมั่นของแบบประเมิน

การยอมรับการใช้โปรแกรมคำนวณสำเร็จรูประบบปั๊มน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ จากการทดสอบแบบประเมินฉบับนี้มีค่าเท่ากับ 0.88 แสดงว่ามีความเชื่อมั่นระดับสูง แบบประเมินประสิทธิภาพนี้เชื่อถือได้

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

1. ผลการพัฒนาโปรแกรมคำนวณสำเร็จรูปในการหาประสิทธิภาพของระบบปั๊มน้ำผิวดินพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับครัวเรือน

1.1 กำหนดคุณลักษณะสมบัติ ปั๊มน้ำ

ตารางที่ 1 คุณลักษณะสมบัติปั๊มน้ำที่ใช้ในการคำนวณ

รายการ	ปั๊มน้ำไดอะเฟรม	ปั๊มน้ำจุ่ม
แรงดันไฟฟ้า	กระแสตรง 12 โวลต์	กระแสตรง 12 โวลต์
กระแส	15 แอมป์	14 แอมป์
กำลังงาน	180 วัตต์	168 วัตต์
อัตราการไหลของน้ำ	17 ลิตร/นาที (1,020 ลิตร/ชั่วโมง)	233 ลิตร/นาที (13,980 ลิตร/ชั่วโมง)
ระดับหัวน้ำสูงสุด	28 เมตร	4 เมตร

1.2 คำนวณหากำลังไฟฟ้าของแผงโซล่าเซลล์ที่ใช้สำหรับปั๊มน้ำไฟฟ้ากระแสตรง โดยสมการที่ (1)

$$P_{cell} = \frac{P_L}{Q \times A \times B/D} \quad (1)$$

โดยที่

P_L = ความต้องการพลังงานไฟฟ้าในหนึ่งวัน

Q = พลังงานแสงอาทิตย์ในหนึ่งวัน (Wh/m2) (สำหรับประเทศไทยเท่ากับ 4,000 Wh/m2 โดยประมาณ)

A = ค่าชดเชยการสูญเสียของเซลล์โดยทั่วไปกำหนดค่าประมาณ 0.8

B = ค่าชดเชยการสูญเสียเชิงความร้อน โดยทั่วไปกำหนดค่าประมาณ 0.85

D = ความเข้มแสงปกติ = 1,000 W/m2

1.3 คำนวณหาจำนวนแผงโซล่าเซลล์ที่ใช้งาน โดยสมการที่ (2)

$$N = \frac{Wh}{PSH \times A \times B \times P} \quad (2)$$

เมื่อ N = จำนวนแผงโซล่าเซลล์

P = กำลังไฟฟ้าแผงโซล่าเซลล์ (วัตต์)

Wh= พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในหนึ่งวัน (วัตต์ชั่วโมงต่อวัน)

โดยมีสมมติฐาน คือ

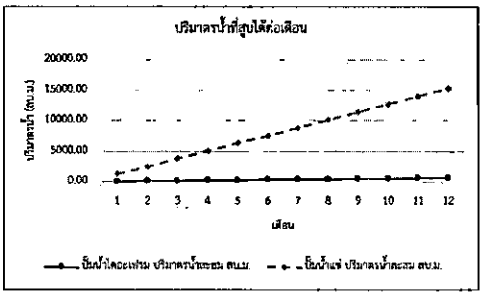
A = ค่าชดเชยการสูญเสียของเซลล์แสงอาทิตย์ โดยทั่วไปกำหนดค่าประมาณร้อยละ 80

B = ค่าชดเชยการสูญเสียเชิงความร้อน โดยทั่วไปกำหนดค่าประมาณ

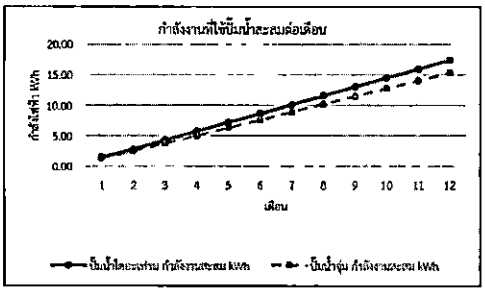
1.4 ผลการวิเคราะห์จากการคำนวณของปั๊มน้ำไดอะเฟรมและปั๊มน้ำจุ่ม

ตารางที่ 2 ข้อมูลกำลังงานและปริมาตรน้ำที่สูบได้

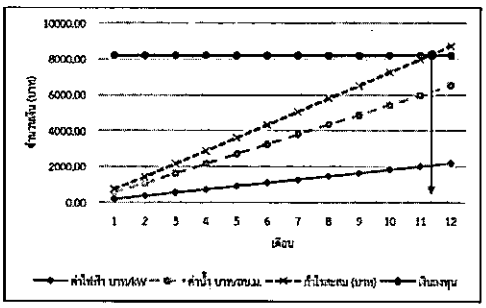
เดือน	จำนวนวันในเดือน	ปั๊มน้ำไดอะเฟรม		ปั๊มน้ำจุ่ม	
		กำลังงานสะสม (kWh) η_{ss}=0.18	ปริมาตรน้ำสะสม (ลบ.ม.) η_{ss}=0.43	กำลังงานสะสม (kWh) η_{ss}=0.17	ปริมาตรน้ำสะสม (ลบ.ม.) η_{ss}=0.75
มกราคม	31	1.48	54.39	1.30	1,300.14
กุมภาพันธ์	28	2.81	103.51	2.48	2,474.46
มีนาคม	31	4.29	157.90	3.78	3,774.60
เมษายน	30	5.72	210.53	5.04	5,032.80
พฤษภาคม	31	7.19	264.91	6.34	6,332.94
มิถุนายน	30	8.62	317.55	7.60	7,591.14
กรกฎาคม	31	10.10	371.93	8.90	8,891.28
สิงหาคม	31	11.58	426.32	10.20	10,191.42
กันยายน	30	13.01	478.95	11.46	11,449.62
ตุลาคม	31	14.48	533.34	12.76	12,749.76
พฤศจิกายน	30	15.91	585.97	14.02	14,007.96
ธันวาคม	31	17.39	640.36	15.33	15,308.10



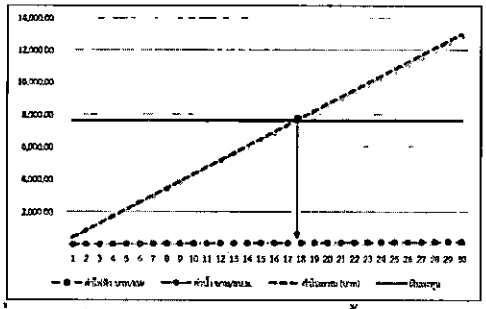
รูปที่ 6 ปริมาตรน้ำที่สูบได้ต่อเดือน



รูปที่ 7 กำลังงานที่ใช้ปั๊มน้ำสะสมต่อเดือน



รูปที่ 8 จุดคุ้มทุนของค่าไฟฟ้าและค่าน้ำต่อเงินลงทุนของปั๊มไดอะเฟรม



รูปที่ 9 จุดคุ้มทุนของค่าไฟฟ้าและค่าน้ำต่อเงินลงทุนของปั๊มน้ำจุ่ม

ตารางที่ 3 การวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์

ระบบปั๊มน้ำโซล่าเซลล์	ปั๊มน้ำไดอะเฟรม	ปั๊มน้ำแบบจุ่ม	ปั๊มน้ำไดอะเฟรม	ปั๊มน้ำแบบจุ่ม
เงินลงทุนเริ่มแรก(บาท)	-8,200	-7,600	-8,200	-7,600
ระยะเวลาโครงการ (ปี)	ค่าพลังงานที่ประหยัดได้ต่อปี(บาท)		ค่าน้ำที่ประหยัดได้ต่อปี (บาท)	
1	2,181.78	1,896.48	6,531.63	154,003.68
2	2,181.78	1,896.48	6,531.63	154,003.68
3	2,181.78	1,896.48	6,531.63	154,003.68
4	2,181.78	1,896.48	6,531.63	154,003.68
5	2,181.78	1,896.48	6,531.63	154,003.68
6	2,181.78	1,896.48	6,531.63	154,003.68
7	2,181.78	1,896.48	6,531.63	154,003.68
8	2,181.78	1,896.48	6,531.63	154,003.68
9	2,181.78	1,896.48	6,531.63	154,003.68
10	2,181.78	1,896.48	6,531.63	154,003.68
11	2,181.78	1,896.48	6,531.63	154,003.68
12	2,181.78	1,896.48	6,531.63	154,003.68
13	2,181.78	1,896.48	6,531.63	154,003.68
14	2,181.78	1,896.48	6,531.63	154,003.68
15	2,181.78	1,896.48	6,531.63	154,003.68
16	2,181.78	1,896.48	6,531.63	154,003.68
17	2,181.78	1,896.48	6,531.63	154,003.68
18	2,181.78	1,896.48	6,531.63	154,003.68
19	2,181.78	1,896.48	6,531.63	154,003.68
20	2,181.78	1,896.48	6,531.63	154,003.68
รายได้สุทธิ (บาท)	43,635.60	37,929.60	130,632.60	3,080,073.60
อัตราลด (ร้อยละ)	10.00%	10.00%	10.00%	10.00%
NPV (บาท)	10,374.72	8,545.80	47,407.45	1,303,520.14
IRR (ร้อยละ)	26.36	24.65	79.65	2026.36
ผลกำไร/ขาดทุน (บาท)	35,435.60	30,329.60	122,432.60	3,072,473.60
จุดคุ้มทุน (บาท)	8,200.00	7,600.00	8,200.00	7,600.00
อัตราผลตอบแทน (ร้อยละ)	4.32	3.99	14.93	404.27
ระยะเวลาคืนทุน(ปี)	0.23	0.25	0.07	0.00247

2. ผลการทดสอบประสิทธิภาพของโปรแกรมคำนวณสำเร็จรูปด้วยวิธีการทดสอบแบบ User Testing

ตารางที่ 4 สรุปผลการทดสอบประสิทธิภาพของโปรแกรมคำนวณในภาพรวม

รายการประเมิน	μ	σ	การแปลผล
1. ด้านความสามารถของโปรแกรม	4.60	0.19	ดีมาก
2. ด้านความถูกต้องและการทำงานของโปรแกรม	4.67	0.38	ดีมาก
3. ด้านความสะดวกและความง่ายต่อการใช้งาน	4.72	0.24	ดีมาก
คะแนนเฉลี่ย	4.66	0.27	ดีมาก

จากตารางที่ 4 พบว่า ผลสรุปของการทดสอบประสิทธิภาพโปรแกรมคำนวณในภาพรวมแต่ละด้านมีค่าระดับคะแนนเฉลี่ย 4.66 อยู่ในระดับดีมาก

ตารางที่ 5 ผลการทดสอบการยอมรับโปรแกรมสำเร็จรูปในภาพรวม

รายการประเมิน	$\bar{X}$	S.D.	การแปลผล
1. ด้านความสามารถของโปรแกรม	4.67	0.48	ดีมาก
2. ด้านความถูกต้องและการทำงานของโปรแกรม	4.67	0.47	ดีมาก
3. ด้านความสะดวกและความง่ายต่อการใช้งาน	4.69	0.49	ดีมาก
คะแนนเฉลี่ย	4.68	0.48	ดีมาก

จากตารางที่ 5 พบว่า ผลการทดสอบการยอมรับโปรแกรมสำเร็จรูปในภาพรวม แต่ละด้านมีค่าระดับคะแนนเฉลี่ย 4.68 อยู่ในระดับดีมาก

สรุปผลการวิจัย

ผู้วิจัยได้ดำเนินการพัฒนาโปรแกรมคำนวณสำเร็จรูป ด้วยกระบวนการพัฒนาโปรแกรม 6 ขั้นตอน [6] จากการรวบรวมข้อมูลเพื่อทราบความต้องการของผู้ใช้งาน นำไปสู่การวิเคราะห์และออกแบบโปรแกรมเพื่อให้มีความสะดวกต่อการใช้งาน เข้าใจง่าย ไม่ยุ่งยากซับซ้อน จากนั้นนำข้อมูลที่ได้ไปดำเนินการพัฒนาโปรแกรม โดยเลือกใช้การเขียนฟอร์มส่วนขยายในโปรแกรมสำเร็จรูป เมื่อพัฒนาระบบเสร็จสิ้นแล้ว ผู้วิจัยได้ดำเนินการทดสอบโปรแกรมคำนวณสำเร็จรูปที่พัฒนาขึ้นเพื่อตรวจสอบโปรแกรม (Bug) การทำงานของโปรแกรมคำนวณสำเร็จรูป ทดสอบความสมบูรณ์ของโปรแกรม รวมทั้งความน่าเชื่อถือและความถูกต้องของผลลัพธ์จากโปรแกรมที่พัฒนาขึ้น เพื่อดูว่าระบบที่ได้พัฒนาขึ้นนั้นมีความถูกต้อง มีประสิทธิภาพสามารถทำงานได้ตามหน้าที่ ๆ มีอยู่ในระบบ หลังจากดำเนินการทดสอบระบบ ผู้วิจัยได้ดำเนินการปรับปรุง แก้ไขโปรแกรมคำนวณสำเร็จรูปภายหลังจากมีการใช้งานจริงแล้ว ซึ่งอาจเกิดจากความต้องการของผู้ใช้งานที่เพิ่มขึ้น หรืออาจเกิดปัญหาขึ้นภายหลัง เพื่อเป็นการบำรุงรักษาระบบหลังใช้งาน เพื่ออายุการใช้งานได้อย่างถาวรและยาวนานที่สุด สามารถทำงานได้ตามความต้องการของผู้ใช้งานและสามารถใช้งานได้จริง จากนั้นนำไปทดสอบกับผู้ใช้งานระบบในด้านการทดสอบประสิทธิภาพและการยอมรับโปรแกรมคำนวณสำเร็จรูปด้วยวิธีการทดสอบแบบ User Testing ซึ่งเป็นวิธีที่ง่าย สะดวกและรวดเร็ว ได้ข้อมูลจากการทดสอบที่ตรงกับความต้องการของผู้ใช้งาน

ผลการทดสอบประสิทธิภาพของโปรแกรมคำนวณสำเร็จรูปด้วยวิธีการทดสอบแบบ User Testing

1. ด้านความสามารถของโปรแกรม พบว่า มีความสะดวกในการใช้งานโปรแกรม และความสามารถของระบบในภาพรวม อยู่ในระดับดีมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.60

2. ด้านความถูกต้องและการทำงานของโปรแกรม พบว่า มีความถูกต้องของระบบ ในภาพรวมอยู่ในระดับดีมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.67

3. ด้านความสะดวกและความง่ายต่อการใช้งาน พบว่ามีความง่ายในการเรียกใช้โปรแกรม ความเหมาะสมของตำแหน่งในส่วนประกอบต่าง และความเหมาะสมในภาพรวมอยู่ในระดับดีมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.72

ผลการทดสอบประสิทธิภาพโปรแกรมคำนวณสำเร็จรูปที่พัฒนาตามกระบวนการพัฒนาโปรแกรม ในภาพรวมอยู่ในระดับดีมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.66

ผลการทดสอบการยอมรับโปรแกรมคำนวณสำเร็จรูปด้วยวิธีการทดสอบแบบ User Testing

1. ด้านความสามารถของโปรแกรม พบว่า มีความสามารถของระบบในภาพรวมอยู่ในระดับดีมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.67

2. ด้านความถูกต้องและการทำงานของโปรแกรม พบว่า มีความถูกต้องของระบบในการเพิ่ม บันทึก แก้ไขและลบข้อมูล ในภาพรวมอยู่ในระดับดีมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.67

3. ด้านความสะดวกและความง่ายต่อการใช้งาน พบว่า มีความเหมาะสมของตำแหน่งในส่วนประกอบต่าง ๆ ในภาพรวมอยู่ในระดับดีมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.69

ผลการทดสอบการยอมรับการใช้งานโปรแกรมคำนวณสำเร็จรูปที่พัฒนาตามกระบวนการ พัฒนาโปรแกรม ในภาพรวมอยู่ในระดับดีมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.68

ผลการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์ของระบบปั๊มน้ำพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับครัวเรือน

ผลจากการคำนวณระบบปั๊มน้ำไดอะเฟรม โดยคิดเป็นรายเดือน พบว่า พลังงานไฟฟ้าสะสมของระบบในระยะเวลา 12 เดือน มีค่าพลังงานไฟฟ้าสะสม 17.39 kWh คิดเป็นค่าพลังงานไฟฟ้าสะสม 2,181.78 บาท โดยมีปริมาตรของน้ำที่สูบได้สะสม 640.36 ลูกบาศก์เมตร คิดเป็นเงินของค่าน้ำทั้งหมด 6,531.63 บาท และมีกำไรสะสมรวมทั้งหมด 8,713.42 บาท และเมื่อคิดตามเงินลงทุนของระบบ 8,200 บาท จะพบว่า ระยะเวลาการคืนทุนอยู่ในเดือนที่ 11 และผลจากการคำนวณระบบปั๊มน้ำจุ่ม โดยคิดเป็นรายวัน พบว่า พลังงานไฟฟ้าสะสมของระบบในระยะเวลา 1 เดือน มีค่าพลังงานไฟฟ้าสะสม 1.26 kWh คิดเป็นค่าพลังงานไฟฟ้าสะสม 158.04 บาท โดยมีปริมาตรของน้ำที่สูบได้สะสม 1,258.20 ลูกบาศก์เมตร คิดเป็นเงินของค่าน้ำทั้งหมด 12,833.64 บาท และมีกำไรสะสมรวมทั้งหมด 12,991.68 บาท และเมื่อคิดตามเงินลงทุนของระบบ 7,600 บาท จะพบว่า ระยะเวลาการคืนทุนอยู่ในช่วงวันที่ 18 จะสังเกตได้ว่าปั๊มน้ำที่มีปริมาตรในการสูบน้ำมากกว่า จะมีผลทำให้ถึงจุดคุ้มทุนที่เร็วกว่า ทำให้ประหยัดได้มากกว่า จึงเป็นข้อพิจารณาในการเลือกใช้ปั๊มน้ำที่เหมาะสมตามปริมาตรน้ำที่ต้องการ

จากผลการลงทุนเริ่มแรกของระบบปั๊มน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ในด้านค่าพลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ โดยใช้ปั๊มน้ำไดอะเฟรม ด้วยเงินลงทุน 8,200 บาท และการลงทุนในเริ่มแรกของระบบปั๊มน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ โดยใช้ปั๊มน้ำแบบจุ่ม ด้วยเงินลงทุน 7,600 บาท เมื่อคำนวณมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) พบว่า ระบบปั๊มน้ำไดอะเฟรมมีค่าสูงกว่าระบบปั๊มน้ำแบบจุ่ม มูลค่า 10,374.72 บาท และ 8,545.80 บาท ตามลำดับ มีอัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) ของระบบปั๊มน้ำไดอะเฟรมมีค่าสูงกว่าระบบปั๊มน้ำแบบจุ่ม ร้อยละ 26.36 และ 24.65 ตามลำดับ มีอัตราผลตอบแทนของระบบปั๊มน้ำไดอะเฟรมมีค่าสูงกว่าระบบปั๊มน้ำแบบจุ่ม ร้อยละ 4.32 และร้อยละ 3.99 ตามลำดับ และมีระยะเวลาคืนทุนของระบบปั๊มน้ำไดอะเฟรมมีค่าสูงกว่าระบบปั๊มน้ำแบบจุ่ม 0.23 ปี และ 0.25 ปี ตามลำดับ สรุปได้ว่า การพิจารณาค่าพลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ การลงทุนในระบบปั๊มน้ำไดอะเฟรมมีค่าสูงกว่าระบบปั๊มน้ำแบบจุ่มและในด้านค่าน้ำที่ประหยัดได้เมื่อคำนวณมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) พบว่า ระบบปั๊มน้ำไดอะเฟรมมีค่าต่ำกว่าระบบปั๊มน้ำแบบจุ่ม มูลค่า 47,407.45 บาท และ 1,303,520.14 ตามลำดับ มีอัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) ของระบบปั๊มน้ำไดอะเฟรมมีค่าต่ำกว่าระบบปั๊มน้ำแบบจุ่ม ร้อยละ 79.65 และ 2,026.36 ตามลำดับ มีอัตราผลตอบแทนของระบบปั๊มน้ำไดอะเฟรมมีค่าต่ำกว่าระบบปั๊มน้ำแบบจุ่ม ร้อยละ 14.93 และ 404.27 ตามลำดับ และมีระยะเวลาคืนทุนของระบบปั๊มน้ำไดอะเฟรมมีค่าต่ำกว่าระบบปั๊มน้ำแบบจุ่ม 0.07 ปี และ 0.00247 ปี ตามลำดับ สรุปได้ว่า การพิจารณาค่าน้ำที่ประหยัดได้ การลงทุนในระบบปั๊มน้ำแบบจุ่มมีค่าสูงกว่าระบบปั๊มน้ำไดอะเฟรม

เอกสารอ้างอิง

[1] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2553). **คู่มือผู้รับผิดชอบด้านพลังงาน (อาคาร) พ.ศ. 2553.** กรุงเทพฯ: กระทรวงพลังงาน.

[2] ปัญญา ยอดโอวาท. (2527). **สมรรถนะของระบบสูบน้ำโดยโซล่าเซลล์แบบต่อตรงขนาด 720Wp ณ บ้านท่าเยี่ยม อำเภอเมือง สกลนคร.** วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีพลังงาน บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า วิทยาเขตธนบุรี.

[3] ฉัตรศิริ ปิยะพิมลสิทธิ์. "การสุ่มตัวอย่าง" [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://www.watpon.com/ Elearning/ res22.htm. สืบค้น 23 กุมภาพันธ์ 2557.

[4] วิรัช คำศรีจันทร์. "การเรียนรู้และเข้าถึงชุมชนด้วยการอ้างอิงต่อเนื่องปากต่อปากในวิจัยแบบ PAR." [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : https://www.gotoknow.org/posts/428764
สืบค้น : 23 สิงหาคม 2558.

[5] กฤษมันต์ วัฒนาณรงค์. (2550). **เอกสารประกอบคำบรรยายให้กับนักศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีสารสนเทศการเกษตรและพัฒนาชนบท.** คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี.

[6] สุวิมล ติรกานันท์. (2546). **การใช้สถิติในงาน วิจัยทางสังคมศาสตร์ : แนวทางสู่การปฏิบัติ.** พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์ แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

[7] รวีวรรณ ชินตระกูล. (2538). **วิธีวิจัยการศึกษา.** พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: ภาพพิมพ์.