

การประยุกต์ใช้กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ในการคัดเลือก  
ผู้ส่งแผ่นวงจรพิมพ์อิเล็กทรอนิกส์ของโรงงานอิเล็กทรอนิกส์  
An Application of Analytic Hierarchy Process for  
Selection of Printed Circuit Board Supplier for  
an Electronics Manufacturer

พีรภพ จอมทอง\*

ภาควิชาวิศวกรรมชีวการแพทย์ คณะวิทยาศาสตร์สุขภาพ มหาวิทยาลัยคริสเตียน

ตำบลดอนยายหอม อำเภอเมือง จังหวัดนครปฐม 73000

ภาณี เพ็ญโพธิ์, นพคุณ ทิวาพัฒน์ และชูศักดิ์ พรสิงห์

หน่วยวิจัยการจัดการงานวิศวกรรม ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรมและการจัดการ

คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร วิทยาเขตพระราชวังสนามจันทร์

ตำบลพระปฐมเจดีย์ อำเภอเมือง จังหวัดนครปฐม 73000

Peerapop Jomthong\*

Department of Biomedical Engineering, Faculty of Health Sciences, Christian University,

Don Yai Hom, Muang, Nakhon Pathom 73000

Panee Phenpho, Noppakun Tiwapat and Choosak Pornsing

Engineering Management Research Unit, Department of Industrial Engineering and Management,

Faculty of Engineering and Industrial Technology, Silpakorn University, Sanam Chandra Palace Campus,

Phra Pathom Chedi, Muang, Nakhon Pathom 73000

---

## บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการประยุกต์ใช้กระบวนการตัดสินใจลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ในการคัดเลือกผู้ส่งมอบแผ่นวงจรพิมพ์ในโรงงานอิเล็กทรอนิกส์ตัวอย่าง เนื่องจากประสบปัญหาจากการไม่มีเกณฑ์ในการตัดสินใจที่เป็นมาตรฐานในการคัดเลือกผู้ส่งมอบแผ่นวงจรพิมพ์ในโรงงานอิเล็กทรอนิกส์ โดยมีการกำหนดเกณฑ์หลัก (criteria) เป็น 9 เกณฑ์หลัก ดังนี้ ด้านความสามารถเชิงเทคนิคและกำลังการผลิต ด้านสถานที่ตั้งสภาพภูมิศาสตร์ ด้านความยืดหยุ่นในการผลิต ด้านราคา ด้านคุณภาพและนโยบายการรับประกันสินค้า ด้านการจัดส่ง ด้านการเงินและความน่าเชื่อถือ ด้านสิ่งแวดล้อมและการรับผิดชอบต่อสังคม ด้านการติดต่อสื่อสารและการบริการหลังการขาย ใช้

แบบสอบถาม (questionnaire) เป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล ผลการวิจัยพบว่าปัจจัยที่มีผลต่อการคัดเลือกผู้ส่งมอบแผ่นวงจรพิมพ์ปัจจัยด้านสถานที่ตั้ง สภาพภูมิศาสตร์ เป็นปัจจัยที่มีความสำคัญต่อการคัดเลือกผู้ส่งมอบแผ่นวงจรพิมพ์เป็นลำดับที่หนึ่งคิดเป็นร้อยละ 34.863 และการคัดเลือกผู้ส่งมอบแผ่นวงจรพิมพ์ชนิดหน้าเดียวที่เหมาะสมที่สุด คือ ผู้ส่งมอบ V เนื่องจากใช้ระยะเวลาไม่นานในการสั่งซื้อเพราะมีปริมาณการสั่งซื้อปริมาณมากสำหรับผู้ส่งมอบแผ่นวงจรพิมพ์ชนิดสองหน้าที่เหมาะสมที่สุด คือ ผู้ส่งมอบ II เนื่องจากมีปริมาณการใช้น้อย ระยะเวลาสั่งซื้อนาน แต่ราคาถูกกว่าผู้ส่งมอบอื่น สำหรับผู้ส่งมอบแผ่นวงจรพิมพ์ชนิดหลายชั้นที่เหมาะสมที่สุด คือ ผู้ส่งมอบ I เนื่องจากมีปริมาณการใช้น้อยแต่มีความต้องการที่เร่งด่วน

**คำสำคัญ :** การคัดเลือกผู้ส่งมอบ; โรงงานอิเล็กทรอนิกส์; กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์

## Abstract

Due to the lack of standard decision-making criteria in the selection of the printed circuit board suppliers, the aim of this research is to study the application of hierarchical decision analysis process in the selection of the printed circuit board suppliers in the sample electronics manufacturer. Criteria in the electronics factory are defined as 9 main criteria, i.e. technical ability and capacity, location geography, production flexibility, price, quality and warranty policy, delivery process, financial and reliability, environment and social responsibility, communication and after sales service. This research used the questionnaire as a tool to collect data. The results found that factors affecting the selection printed circuit boards were geographic factors. The first factor was the weight of choosing suppliers of printed circuit boards (34.863%). The single side selected supplier V, as it takes a short time in the order and in large quantity to order. The double side selected supplier II, because of a cheaper price but long time in the order and low quantity of the order. The multilayers selected supplier I, as there is little use of the order but there is an urgent need.

**Keywords:** supplier selection; electronics manufacturer; analytic hierarchy process

## 1. บทนำ

การเจริญเติบโตของอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ของไทยขึ้นอยู่กับสถานะเศรษฐกิจโลกและการขยายตัวของอุตสาหกรรมต่าง ๆ ที่มีการใช้งานชิ้นส่วนอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ทุกประเภท เช่น อุตสาหกรรมคอมพิวเตอร์ อุตสาหกรรมยานยนต์ อุตสาหกรรมโทรคมนาคม และชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ (electronics

device) ยังเป็นกลไกสำคัญในการสร้างนวัตกรรมให้กับอุตสาหกรรมในการสร้างผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ จำนวนมาก โดยมีปัจจัยผลักดัน คือ การสร้างผลิตภัณฑ์ที่มีความฉลาด (smart & intelligence) และขนาดที่เล็ก (small footprint) ซึ่งปัจจัยในการขับเคลื่อนของอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ คือ ต้นทุนการผลิตที่แข่งขันได้และเปลี่ยนแปลงตามเทคโนโลยีได้ทัน [1]

หลายปีที่ผ่านมาอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์เป็นอุตสาหกรรมที่มีความสำคัญต่อระบบเศรษฐกิจไทยอย่างมากทั้ง ด้านการผลิต การส่งออก และการจ้างงาน โดยเป็นอุตสาหกรรมที่สร้างรายได้ให้กับประเทศจำนวนมากและเป็นแหล่งสร้างงาน เนื่องจากต้องการแรงงานจำนวนมาก เพราะอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์นั้นครอบคลุมตั้งแต่การเป็นอุตสาหกรรมต้นน้ำ อุตสาหกรรมกลางน้ำ และอุตสาหกรรมปลายน้ำ [2] แต่ปัจจุบันอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ของไทยเผชิญสภาวะการส่งออกที่หดตัว เนื่องจากผลกระทบด้านแรงงานของประเทศไทยและการย้ายฐานการผลิตของกลุ่มบริษัทในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ เนื่องจากการแข่งขันที่เพิ่มมากขึ้นในตลาดโลกและความเสี่ยงในการโยกย้ายการลงทุนของนักลงทุนต่างชาติ ทำให้เกิดความท้าทายของอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ในอนาคตของประเทศไทย เพื่อพัฒนาศักยภาพในการเติบโตของอุตสาหกรรมและเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขัน ไม่ว่าจะเป็นการปรับปรุงผลิตภัณฑ์ด้านนวัตกรรมและเทคโนโลยี การขยายฐานผลิตภัณฑ์ รวมถึงการสร้างเชื่อมโยงของอุตสาหกรรม โดยทางภาครัฐอาจมีแนวทางส่งเสริมและให้การสนับสนุน [3]

บริษัททรนิกซ์เป็นบริษัทในกลุ่มอุตสาหกรรมผู้ให้บริการผลิตชิ้นส่วนด้านอิเล็กทรอนิกส์ (electronics manufacturing service, EMS) ถือว่าเป็นอุตสาหกรรมที่เติบโตอย่างรวดเร็วอุตสาหกรรมหนึ่ง โดยทั่วไปชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ที่ EMS ผลิตนั้นเริ่มตั้งแต่แผ่นวงจรพิมพ์ (printed circuit board, PCB) จนประกอบเป็นชิ้นงานสำเร็จรูป อย่างไรก็ตามแผ่นวงจรพิมพ์ยังคงถือว่าเป็นหัวใจหลักในการนำไปผลิตผลิตภัณฑ์ด้านอิเล็กทรอนิกส์อย่างอื่น เช่น รถยนต์คอมพิวเตอร์ โทรศัพท์มือถือ เนื่องจากอุปกรณ์ไฟฟ้าทุกชนิดต้องมีแผ่นวงจรพิมพ์อย่างน้อย 1 แผ่น ซึ่ง

ปัจจุบันบริษัททรนิกซ์ศึกษา เมื่อกล่าวถึงการคัดเลือกผู้ส่งมอบแผ่นวงจรพิมพ์ยังคงใช้การตัดสินใจจากประสบการณ์และความคิดเห็นของผู้ตัดสินใจเป็นหลัก ในการคัดเลือกผู้ส่งมอบที่มีคุณสมบัติเหมาะสมในการผลิตและพิจารณาเกณฑ์การเลือกผู้ส่งมอบโดยพิจารณาราคาต่อหน่วยและระยะเวลาในการส่งมอบ ซึ่งมีเหตุการณ์บ่อยครั้งที่มีการเลือกผู้ส่งมอบไม่ครอบคลุมความต้องการของกระบวนการผลิต ทำให้เกิดความผิดพลาดและไม่เหมาะสมกับแผ่นวงจรพิมพ์ที่ส่งผลิต อีกทั้งส่งผลกระทบต่อผลิตภณณ์ (productivity) คุณภาพ (quality) และผลกระทบที่ร้ายแรงที่สุด คือ ตารางการผลิตที่จัดไว้ต้องล่าช้า เนื่องจากผู้ส่งมอบไม่สามารถส่งมอบได้ตามกำหนด

ปัญหาที่กล่าวมา ทำให้ผู้วิจัยตระหนักถึงการประเมินความสามารถของผู้ส่งมอบเพื่อใช้เป็นเกณฑ์ในการคัดเลือกผู้ส่งมอบที่เหมาะสมที่สุด จึงเป็นเรื่องสำคัญอย่างยิ่งและเป็นปัญหาที่ยากและซับซ้อนต้องอาศัยเกณฑ์การตัดสินใจแบบหลายเกณฑ์ (multi criteria decision making, MCDM) เนื่องจากแผ่นวงจรพิมพ์มีทั้งประเภทหน้าเดียว สองหน้า และหลายชั้น ซึ่งแต่ละชนิดจะมีลักษณะการนำไปใช้งานและความเฉพาะเจาะจงที่ต่างไปตามการออกแบบ ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะนำกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ (analytic hierarchy process, AHP) [4] ซึ่งเป็นหนึ่งในการแก้ปัญหาที่ซับซ้อนทำให้ง่ายต่อความเข้าใจ เพราะเป็นการเลียนแบบวิธีคิดและการใช้เหตุผลของมนุษย์ในการแก้ปัญหาออกมาเป็นลำดับชั้น เพื่อวิเคราะห์หาเกณฑ์การตัดสินใจที่แท้จริงของพนักงานสำหรับคัดเลือกผู้ส่งมอบสำหรับส่งผลิตแผ่นวงจรพิมพ์ และมีการประยุกต์ใช้ AHP ในการวิเคราะห์ผลประโยชน์ด้านต้นทุน อีกทั้งยังเป็นการคัดแยกต้นทุนออกมาพิจารณาภายใต้หลักการและเหตุผลที่เป็นระบบเพื่อศึกษาหาลำดับความสำคัญและการตัดสินใจเลือก

ทางเลือกที่ดีที่สุด

## 2. วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

2.1 เพื่อจัดหาเกณฑ์ที่มีความสำคัญต่อการตัดสินใจคัดเลือกผู้ส่งมอบแผ่นวงจรพิมพ์ทุกประเภทในบริษัทกรณีศึกษา

2.2 เพื่อจัดทำกระบวนการมาตรฐานในการประเมินผู้ส่งมอบให้เป็นกระบวนการมาตรฐานของฝ่ายจัดซื้อในบริษัทกรณีศึกษา

## 3. ขอบเขตงานวิจัย

ศึกษาเงื่อนไขที่เกี่ยวกับการคัดเลือกผู้ส่งมอบแผ่นวงจรพิมพ์ชนิดหน้าเดียว (single side, SS) แผ่นวงจรพิมพ์ชนิดสองหน้า (double side, DS) และแผ่นวงจรพิมพ์ชนิดหลายชั้น (multilayer side, MS) [5] โดยผู้ตอบแบบสอบถามจะเป็นผู้เกี่ยวข้องกับกรณีศึกษาเท่านั้น ได้แก่ ด้านการวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์ ด้านการจัดซื้อจัดจ้าง ด้านกระบวนการผลิต ด้านการตรวจสอบคุณภาพ และด้านวิศวกรในบริษัทกรณีศึกษา

## 4. หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

AHP เป็นหนึ่งในเครื่องมือเพื่อช่วยวิเคราะห์การตัดสินใจแบบพหุเกณฑ์ คิดค้นและพัฒนาขึ้นเมื่อปลายปี ค.ศ.1970 โดย Saaty [4] ซึ่งเป็นกระบวนการตัดสินใจที่มีประสิทธิภาพและใช้กันอย่างแพร่หลาย โดย AHP เป็นกระบวนการที่ไม่ซับซ้อนที่ออกแบบมาเพื่อวิเคราะห์ความซับซ้อน สามารถแสดงถึงลำดับความสำคัญของหลักเกณฑ์และทางเลือกที่ได้มาจากการเปรียบเทียบเป็นคู่ ๆ และยังสามารถแสดงวิธีการวัดและการแปรผลความสอดคล้องของการตัดสินใจของปัจจัยที่ซับซ้อนไปสู่ผลลัพธ์ที่ชัดเจน โดยวิธีทำจะต้องจัดเกณฑ์ของเป้าหมายที่ต้องการศึกษาให้อยู่

เป็นลำดับชั้น ส่วนในลำดับที่ต่ำลงมาจะเป็นเกณฑ์ย่อยตามลำดับจนถึงทางเลือก ซึ่งจะเป็นระดับต่ำสุดของการจัดลำดับชั้น [4]

Boer และคณะ [6] ศึกษาเกี่ยวกับวิธีการตัดสินใจในการเลือกผู้ส่งมอบ โดยรวบรวมกรอบแนวคิดในการเลือกผู้ส่งมอบ พบว่าแบ่งขั้นตอนการเลือกผู้ส่งมอบได้ 4 ขั้นตอน คือ การระบุปัญหา การจัดทำเกณฑ์ การคัดเลือก และการเลือก โดยกล่าวถึงการจัดทำเกณฑ์การเลือกผู้ส่งมอบเป็นเพียงขั้นตอนของการกำหนดเกณฑ์เท่านั้น โดยมีวิธีการที่สามารถเลือกผู้ส่งมอบหลายแบบ เช่น วิธีการแบ่งประเภทเป็นกลุ่ม วิธีวิเคราะห์เส้นกรอบข้อมูล (DEA) วิธีการวิเคราะห์และจัดกลุ่ม (CA) ผลการศึกษาพบว่าภายใต้แต่ละหลักเกณฑ์ที่ใช้พิจารณาจะปรากฏผลลัพธ์ที่ต่างกัน

Chan และคณะ [7] ศึกษาการเลือกผู้ส่งมอบพบว่ากระบวนการคัดเลือกผู้ส่งมอบจะเป็นตัวแปรที่สำคัญที่สุดในการตัดสินใจในความสำเร็จของห่วงโซ่อุปทาน การจัดทำเกณฑ์จำเป็นต้องกำหนดตัวแปรการตัดสินใจที่สำคัญ ซึ่งสามารถมีบทบาทในกรณีการจัดหาระหว่างการคัดเลือกโดยใช้กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ (AHP) ที่สามารถรับมือกับปัจจัยการตัดสินใจทั้งเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพอย่างมีประสิทธิภาพ แล้วใช้ตัวดำเนินการฟัซซี (Fuzzy operator) ในการประเมินทางเลือก

อดิศักดิ์ [8] ศึกษาเกี่ยวกับการคัดเลือกผู้ให้บริการโลจิสติกส์ด้วยกระบวนการตัดสินใจแบบวิเคราะห์ลำดับชั้น สร้างแบบจำลองด้วยการเก็บข้อมูลและนำมาเปรียบเทียบ โดยใช้แบบสอบถามและวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป Export Choice ผลการศึกษาพบว่าแบบจำลองระบุลำดับความสำคัญของเกณฑ์หลักที่มีความสำคัญสูงสุด คือ ต้นทุน และเกณฑ์รองลงมา คือ ความน่าเชื่อถือในการ

ส่งมอบ การตอบสนอง ความมั่นคงทางการเงินและ เทคโนโลยีสารสนเทศ

## 5. วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาเพื่อหาเกณฑ์ในการคัดเลือกผู้ส่งมอบแผ่นวงจรพิมพ์ของฝ่ายจัดซื้อในบริษัทกรณีศึกษาจากทั้งหมด 5 ผู้ส่งมอบ โดยใช้กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ (AHP) ในการเลือกเกณฑ์ เข้ามาสนับสนุนการตัดสินใจที่มีคุณภาพสูงขึ้น [9,10]

กำหนดเกณฑ์หลัก (criteria) 9 เกณฑ์หลัก เพื่อใช้ประเมินและคัดเลือกผู้ส่งมอบ ดังนี้ (1) A: ความสามารถเชิงเทคนิค และกำลังการผลิต (2) B: สถานที่ตั้ง สถาปัตยกรรมศาสตร์ (3) C: ความยืดหยุ่นในการผลิต (4) D: ราคา (5) E: คุณภาพ และนโยบายการรับประกันสินค้า (6) F: การจัดส่ง (7) G: การเงินและความน่าเชื่อถือ (8) H: สิ่งแวดล้อมและการรับผิดชอบต่อสังคม และ (9) I: การติดต่อสื่อสารและการบริการหลังการขาย

การศึกษาครั้งนี้ใช้แบบสอบถามเป็นเครื่องมือในการวิจัย โดยมีการพิจารณาแบบสอบถามก่อนเพื่อที่จะได้แก้ไขปรับเปลี่ยนตามผู้ทรงคุณวุฒิแต่ละท่านให้คำแนะนำ ซึ่งการตรวจสอบในที่นี้จะใช้วิธีหาค่าดัชนีความสอดคล้องของวัตถุประสงค์ (index of item objective congruence, IOC) [11,12] ในการพิจารณาคำถาม ซึ่งสามารถกำหนดคะแนนเพื่อหาค่าดัชนีความสอดคล้องของวัตถุประสงค์ดังนี้ (1) ให้คะแนน +1 เมื่อข้อความมีความเที่ยงตรงตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการวัดผล (2) ให้คะแนน 0 เมื่อไม่แน่ใจว่าข้อความมีความเที่ยงตรงตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการวัดผล และ (3) ให้คะแนน -1 เมื่อข้อความไม่มีความเที่ยงตรงตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการวัดผล โดยนำข้อมูลผลคะแนนจากคำถามแต่ละข้อที่ได้จากผู้ทรงคุณวุฒิมาคำนวณหา

ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) โดยมีสูตรการคำนวณดังสมการที่ 1

$$IOC = \frac{\sum R}{N} \quad (1)$$

เมื่อ R คือ คะแนนที่ได้จากผู้ทรงคุณวุฒิทั้งหมด; N คือ จำนวนผู้ทรงคุณวุฒิ

ผลของค่าดัชนีความสอดคล้องที่คำนวณได้สามารถนำมาตรวจสอบความเที่ยงตรงได้ดังนี้ (1) ถ้าค่า IOC ระหว่าง 0.50 ถึง 1.00 แสดงว่าคำถามมีความเที่ยงตรงสามารถนำไปใช้งานได้ และ (2) ถ้าค่า IOC ต่ำกว่า 0.50 แสดงว่าคำถามข้อนั้นต้องปรับปรุงยังไม่สามารถนำไปใช้งานได้

แบ่งแบบสอบถามออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้ ส่วนที่ 1 แบบสอบถามข้อมูลทั่วไปของบุคคลทั่วไป และส่วนที่ 2 แบบสอบถามที่เกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่อเกณฑ์การตัดสินใจเลือกผู้ส่งมอบแผ่นวงจรพิมพ์

กลุ่มประชากรในการทำแบบสอบถามครั้งนี้จะเป็นผู้เชี่ยวชาญด้านต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับแผ่นวงจรพิมพ์ในโรงงานกรณีศึกษาจำนวน 10 ท่าน ซึ่งเกี่ยวข้องกับ 5 ด้าน เกณฑ์การคัดเลือกผู้ที่มีอายุการทำงานมากกว่า 5 ปีขึ้นไป หรือผู้ที่ดำรงตำแหน่งสูงกว่าระดับผู้ช่วยผู้จัดการของแผนกนั้น ๆ ขึ้นไป โดยฝ่ายที่เกี่ยวข้องได้แก่ ด้านการวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์ ด้านการจัดซื้อจัดหา ด้านกระบวนการผลิต ด้านการตรวจสอบคุณภาพ และด้านวิศวกร แล้วจึงนำข้อมูลมาวิเคราะห์ด้วยกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ ซึ่งประกอบด้วย 4 ขั้นตอนสำคัญ ดังนี้ [4]

5.1 การแยกปัญหาและการสร้างลำดับชั้น (รูปที่ 1)

5.2 การให้ดุลพินิจเชิงเปรียบเทียบเพื่อคำนวณลำดับความสำคัญ (ตารางที่ 1 และ 2)

5.3 หาค่าน้ำหนัก

หลังจากได้สร้างเมทริกซ์การเปรียบเทียบคู่แล้ว ต่อมาเป็นการใช้กระบวนการทางคณิตศาสตร์เพื่อ

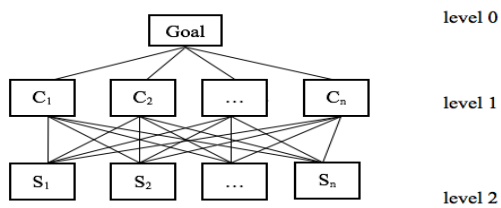


Figure 1 Multi-level hierarchy for supplier selection [8]

คำนวณเวกเตอร์ลักษณะเฉพาะ (eigenvector) โดยจะให้ลำดับความสำคัญ (ค่าน้ำหนัก) และใช้กระบวนการทางคณิตศาสตร์เพื่อหาค่าลักษณะเฉพาะที่มากที่สุดของแต่ละเมทริกซ์ ซึ่งสามารถที่จะนำมาใช้เป็นมาตรวัดตัวหนึ่งในการตรวจสอบความสอดคล้องของดุลยพินิจสมการความสอดคล้องของปัจจัย [13]

$$\lambda_{max} = \sum_{i=1}^n [\sum_{j=1}^n a_{ij} W_i] \tag{2}$$

เมื่อ  $\lambda$  = ค่า eigen vector;  $W_i$  = ค่าน้ำหนักของปัจจัย  $A_i$

5.4 พิจารณาอัตราส่วนความสอดคล้อง โดยคำนวณหาอัตราส่วนความสอดคล้อง (consistency ratio, CR) หากอัตราส่วนความสอดคล้องมีค่าเป็นศูนย์จะหมายความว่าภายในชุดของดุลยพินิจนั้นมีความสอดคล้องอย่างสมบูรณ์ แต่หากอัตราส่วนความสอดคล้องมีค่าเป็นหนึ่งจะหมายความว่าความไม่สอดคล้องจะเทียบเท่ากับดุลยพินิจที่ได้จากการสุ่ม ถ้าอัตราส่วนความสอดคล้องมีค่ามาก (โดยทั่วไปค่าวิกฤตจะตกอยู่ที่ 0.1) แสดงว่าดุลยพินิจนั้นไม่น่าเชื่อถือช่วงที่ยอมรับได้ค่า CR ขึ้นอยู่กับขนาดเมทริกซ์ [14] โดยพิจารณาค่าดัชนีความสอดคล้อง (consistency index, CI) ดังนี้

$$CI = \frac{(\lambda_{max} - n)}{(n-1)} \tag{3}$$

Table 3 List of RI values [15]

n	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
RI	0.58	0.89	1.12	1.24	1.33	1.40	1.45	1.49	1.51	1.54	1.56

เมื่อ  $n$  = จำนวนปัจจัย

และพิจารณาอัตราส่วนความสอดคล้อง (consistency ratio, CR) ดังนี้

$$CR = \frac{CI}{RI} \tag{4}$$

เมื่อ RI (random index) คือ ค่าดัชนีความสอดคล้องเชิงสุ่มที่ขึ้นอยู่กับขนาดของตารางเมทริกซ์ ได้จากการทดลอง โดยการสุ่มตัวอย่างจากตารางเมทริกซ์จำนวน 64,000 ตัวอย่าง ดังแสดงในตารางที่ 3

Table 1 Comparisons of verbal judgements as intensity of importance

Verbal judgments	Intensity of importance
Equal importance	1
Moderate importance	3
Strong importance	5
Very strongly importance	7
Extreme importance	9

Intermediate values between the two adjacent judgments 2,4,6,8

Table 2 Values of comparisons between criteria.

		Criteria			
		A1	A2	A3	A4
Criteria	A1	$a_{11}$	$a_{12}$	$a_{13}$	$a_{14}$
	A2	$a_{21}$	$a_{22}$	$a_{23}$	$a_{24}$
	A3	$a_{31}$	$a_{32}$	$a_{33}$	$a_{34}$
	A4	$a_{41}$	$a_{42}$	$a_{43}$	$a_{44}$

## 6. ผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้นำเสนอผลการวิจัยที่ได้จากการวิเคราะห์คำตอบจากแบบสอบถามจากผู้เชี่ยวชาญที่เกี่ยวข้องกับแผ่นวงจรพิมพ์ในโรงงานกรณีศึกษา โดยการวิเคราะห์แบ่งเป็น 3 ส่วน ดังนี้ ส่วนที่ 1 คือ ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม ส่วนที่ 2 คือ ปัจจัยที่มี

ผลต่อเกณฑ์การตัดสินใจเลือกผู้ส่งมอบแผ่นวงจรพิมพ์ และส่วนที่ 3 คือ การคัดเลือกผู้ส่งมอบแผ่นวงจรพิมพ์

6.1 การวิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม แสดงดังตารางที่ 4

6.2 การวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อการคัดเลือกผู้ส่งมอบแผ่นวงจรพิมพ์ในโรงงานอิเล็กทรอนิกส์ตัวอย่าง

**Table 4** The results of the questionnaire

Experience	Responsibilities	Education	Position
5-10 years 30 %	Damage analysis 20 %	Doctor of Philosophy 0 %	Assistant Managing Director 10 %
11-15 years 30 %	Research and product development 20 %	Master's degree 10 %	Manager 40 %
16-20 years 10 %	Purchasing Procurement 20 %	Bachelor's degree 80 %	Assistant Manager 50 %
21-25 years 10 %	Quality inspection 20 %	others 10 %	
> 25 years 20 %	Production control 20 %		

**Table 5** Values of comparisons between criteria of printed circuit board suppliers.

Criteria	A	B	C	D	E	F	G	H	I
A	1.000	0.125	0.333	0.250	0.200	0.250	3.000	0.500	0.167
B	8.000	1.000	7.000	5.000	5.000	5.000	9.000	7.000	3.000
C	3.000	0.143	1.000	0.333	0.333	0.333	4.000	2.000	0.200
D	4.000	0.200	3.000	1.000	0.500	0.500	5.000	3.000	0.250
E	5.000	0.200	3.000	2.000	1.000	2.000	6.000	4.000	0.333
F	4.000	0.200	3.000	2.000	0.500	1.000	6.000	3.000	0.333
G	0.333	0.111	0.250	0.200	0.167	0.167	1.000	0.250	0.125
H	2.000	0.143	0.500	0.333	0.250	0.333	4.000	1.000	0.200
I	6.000	0.333	5.000	4.000	3.000	3.000	8.000	5.000	1.000
Total	33.333	2.455	23.083	15.117	10.950	12.583	46.000	25.750	5.608

การวิเคราะห์ข้อมูลในส่วนนี้จะใช้ข้อมูลจากการตอบแบบสอบถามซึ่งเป็นส่วนที่สอบถามเกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่อการคัดเลือกผู้ส่งมอบแผ่นวงจรพิมพ์ของโรงงานอิเล็กทรอนิกส์ตัวอย่าง และนำมาวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาปัจจัยที่มีผลต่อความสำคัญต่อการคัดเลือกผู้ส่งมอบที่มีความสำคัญมากที่สุดโดยใช้ทฤษฎีกระบวนการตัดสินใจแบบวิเคราะห์ลำดับชั้น (ตารางที่ 5 และรูปที่ 2)

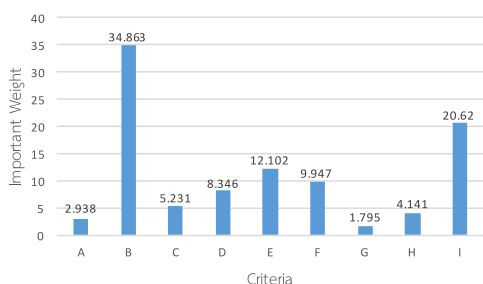


Figure 2 The priority of the main criterion

รูปที่ 2 จะเห็นได้ว่าปัจจัย B คือ ปัจจัยด้านสถานที่ตั้ง สถาปัตยกรรมศาสตร์ เป็นปัจจัยที่มีความสำคัญต่อการคัดเลือกผู้ส่งมอบแผ่นวงจรพิมพ์เป็นลำดับที่ 1 ในมุมมองของผู้เชี่ยวชาญที่เกี่ยวข้องกับแผ่นวงจรพิมพ์โดยรวม คิดเป็นร้อยละ 34.863 ของผู้ตอบแบบสอบถามทั้งหมด ปัจจัยที่มีความสำคัญลำดับที่ 2 รองลงมาคือ ปัจจัย I คือ การติดต่อสื่อสารและการบริการหลังการขาย คิดเป็นร้อยละ 20.620 ลำดับที่ 3 คือ ปัจจัย E คือ คุณภาพและนโยบายการรับประกันสินค้า คิดเป็นร้อยละ 12.102 ลำดับที่ 4 คือ ปัจจัย F คือ การจัดส่งคิดเป็นร้อยละ 9.947 ลำดับที่ 5 คือ ปัจจัย D คือ ราคา คิดเป็นร้อยละ 8.364 ลำดับที่ 6 คือ ปัจจัย C คือ ความยืดหยุ่นในการผลิต คิดเป็นร้อยละ 5.231 ลำดับที่ 7 คือ ปัจจัย H คือ สิ่งแวดล้อมและการรับผิดชอบต่อสังคม คิดเป็นร้อยละ 4.141 ลำดับที่ 8 คือ ปัจจัย A คือ ความสามารถเชิงเทคนิคและกำลังการผลิต คิดเป็น

ร้อยละ 2.938 และลำดับที่ 9 คือ ปัจจัย G คือ การเงินและความน่าเชื่อถือ คิดเป็นร้อยละ 1.795 ตามลำดับ

### 6.3 การคัดเลือกผู้ส่งมอบแผ่นวงจรพิมพ์

ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าทฤษฎีกระบวนการตัดสินใจแบบวิเคราะห์ลำดับชั้น (AHP) สามารถช่วยในการตัดสินใจที่แสดงให้เห็นถึงค่าน้ำหนักที่ผู้เชี่ยวชาญที่ใช้เป็นเกณฑ์ในการพิจารณาคัดเลือกผู้ส่งมอบแผ่นวงจรพิมพ์ จากนั้นจึงวิเคราะห์เพื่อคัดเลือกผู้ส่งมอบแผ่นวงจรพิมพ์ของโรงงานอิเล็กทรอนิกส์ตัวอย่างในครั้งนี้จะคัดเลือกผู้ส่งมอบแผ่นวงจรพิมพ์ทั้งหมด 5 ราย ได้แก่ ผู้ส่งมอบ I, ผู้ส่งมอบ II, ผู้ส่งมอบ III, ผู้ส่งมอบ IV และผู้ส่งมอบ V ซึ่งเป็นคู่ค้าปัจจุบันของทางโรงงาน (ตารางที่ 6)

Table 6 Information of the printed circuit board supplier

Suppliers	Locations	Types of printed circuit board	Lead time (days)
Supplier I	International	SS, DS, MS	7
Supplier II	Local	SS, DS, MS	30
Supplier III	International	SS, DS, MS	7
Supplier IV	Local	SS, DS, MS	15
Supplier V	Local	SS, DS, MS	10

การคัดเลือกผู้ส่งมอบแผ่นวงจรพิมพ์ผู้วิจัยได้เก็บข้อมูลโดยใช้แบบสอบถาม โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อคัดเลือกผู้ส่งมอบแผ่นวงจรพิมพ์ที่เหมาะสมที่สุดกับแผ่นวงจรพิมพ์แต่ละชนิด ได้แก่ แผ่นวงจรพิมพ์ชนิดหน้าเดียว (single side, SS) แผ่นวงจรพิมพ์ชนิดสองหน้า (double side, DS) และแผ่นวงจรพิมพ์ชนิดหลายชั้น (multilayer side, MS)

#### 6.3.1 วิเคราะห์การคัดเลือกผู้ส่งมอบ

แผ่นวงจรพิมพ์ชนิดหน้าเดียว (ตารางที่ 7)



**Table 7** The priority of suppliers for single side

Suppliers	Supplier I	Supplier II	Supplier III	Supplier IV	Supplier V	Weight
Supplier I	0	0.026	0.031	0.029	0.074	4.257
Supplier II	0.263	0	0.313	0.286	0.111	22.081
Supplier III	0.105	0.026	0	0.114	0.074	7.649
Supplier IV	0.105	0.026	0.031	0	0.074	5.881
Supplier V	0.474	0.789	0.563	0.514	0	60.132
Total	1	1	1	1	1	100.000

**Table 8** The priority of suppliers for double side

Suppliers	Supplier I	Supplier II	Supplier III	Supplier IV	Supplier V	Weight
Supplier I	0	0.045	0.015	0.027	0.020	2.709
Supplier II	0.250	0	0.369	0.486	0.356	37.425
Supplier III	0.222	0.136	0	0.122	0.089	13.848
Supplier IV	0.250	0.205	0.246	0	0.356	26.008
Supplier V	0.250	0.205	0.246	0.122	0	20.011
Total	1	1	1	1	1	100.000

**Table 9** The priority of suppliers for multilayer side

Suppliers	Supplier I	Supplier II	Supplier III	Supplier IV	Supplier V	Weight
Supplier I	0	0.281	0.549	0.353	0.472	42.801
Supplier II	0.054	0	0.030	0.012	0.017	2.885
Supplier III	0.243	0.281	0	0.353	0.354	30.102
Supplier IV	0.097	0.188	0.055	0	0.039	8.987
Supplier V	0.121	0.219	0.091	0.212	0	15.225
Total	1	1	1	1	1	100.000

รูปที่ 3 ผลการวิเคราะห์การคัดเลือกผู้ส่งมอบผ่านวงจรพิมพ์ชนิดหน้าเดียวของโรงงานอิเล็กทรอนิกส์ตัวอย่าง โดยการใช้น้ำหนักตามเกณฑ์หลักทั้ง 9 เกณฑ์ ซึ่งทางเลือกที่มีผลรวมดีที่สุด ได้แก่ ผู้

ส่งมอบ V ซึ่งเป็นผู้ส่งมอบที่เป็นผู้ประกอบการในประเทศไทย คิดเป็นร้อยละ 60.132 รองลงมา คือ ผู้ส่งมอบ II ซึ่งเป็นผู้ส่งมอบที่เป็นผู้ประกอบการในประเทศไทย คิดเป็นร้อยละ 22.081 กรณีนี้สรุปได้ว่า

บริษัทผู้ส่งมอบ V เหมาะสมที่สุดที่จะได้รับการคัดเลือก ให้ผลิตแผ่นวงจรพิมพ์ชนิดหน้าเดียว

6.3.2 วิเคราะห์การคัดเลือกผู้ส่งมอบแผ่นวงจรพิมพ์ชนิดสองหน้า (ตารางที่ 8)

6.3.3 วิเคราะห์การคัดเลือกผู้ส่งมอบแผ่นวงจรพิมพ์ชนิดหลายชั้น (ตารางที่ 9)

รูปที่ 4 ผลการวิเคราะห์การคัดเลือกผู้ส่งมอบแผ่นวงจรพิมพ์ชนิดสองหน้าของโรงงานอิเล็กทรอนิกส์-

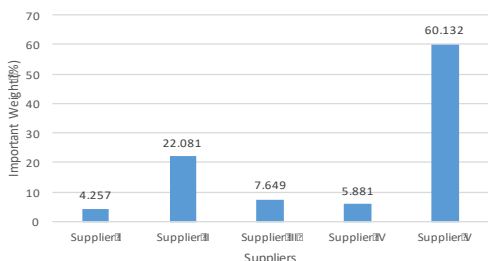


Figure 3 The priority of suppliers for single side

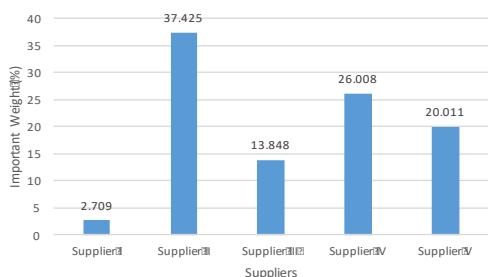


Figure 4 The priority of suppliers for double side

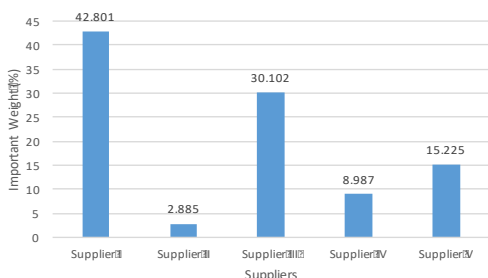


Figure 5 The priority of suppliers for multilayer side

ทรอนิกส์ตัวอย่าง โดยการใช้น้ำหนักตามเกณฑ์หลักทั้ง 9 เกณฑ์ ซึ่งทางเลือกที่มีผลรวมดีที่สุด ได้แก่ ผู้ส่งมอบ II ซึ่งเป็นผู้ส่งมอบที่เป็นผู้ประกอบการในประเทศไทย คิดเป็นร้อยละ 37.425 รองลงมา คือ ผู้ส่งมอบ IV ซึ่งเป็นผู้ส่งมอบที่เป็นผู้ประกอบการในประเทศไทย โดยคิดเป็นร้อยละ 26.008 กรณีนี้สรุปได้ว่าบริษัทผู้ส่งมอบ II เหมาะสมที่สุดที่จะได้รับการคัดเลือกให้ผลิตแผ่นวงจรพิมพ์ชนิดสองหน้า

รูปที่ 5 ผลการวิเคราะห์การคัดเลือกผู้ส่งมอบแผ่นวงจรพิมพ์ชนิดหลายชั้น ผลการวิเคราะห์การคัดเลือกผู้ส่งมอบแผ่นวงจรพิมพ์ชนิดหลายชั้นของโรงงานอิเล็กทรอนิกส์ตัวอย่าง โดยการใช้น้ำหนักตามเกณฑ์หลักทั้ง 9 เกณฑ์ ซึ่งทางเลือกที่มีผลรวมดีที่สุด ได้แก่ ผู้ส่งมอบ I ซึ่งเป็นผู้ส่งมอบที่เป็นผู้ประกอบการต่างประเทศ คิดเป็นร้อยละ 42.801 รองลงมา คือ ผู้ส่งมอบ III ซึ่งเป็นผู้ส่งมอบที่เป็นผู้ประกอบการต่างประเทศ คิดเป็นร้อยละ 30.102 กรณีนี้สรุปได้ว่าบริษัทผู้ส่งมอบ I เหมาะสมที่สุดที่จะได้รับการคัดเลือกให้ผลิตแผ่นวงจรพิมพ์ชนิดหลายชั้น

### 7. สรุปการวิจัยและการศึกษาวิจัยในอนาคต

การศึกษาการประยุกต์ใช้กระบวนการตัดสินใจลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ในการคัดเลือกผู้ส่งมอบแผ่นวงจรพิมพ์ในโรงงานอิเล็กทรอนิกส์ตัวอย่าง ซึ่งผลของการวิจัยสามารถบรรลุวัตถุประสงค์ตามที่ตั้งไว้ คือ เพื่อจัดหาเกณฑ์ที่มีความสำคัญต่อการตัดสินใจคัดเลือกผู้ส่งมอบแผ่นวงจรพิมพ์ทุกประเภทและเพื่อจัดทำกระบวนการมาตรฐานในการประเมินผู้ส่งมอบให้เป็นกระบวนการมาตรฐานของฝ่ายจัดซื้อในมุมมองของผู้เชี่ยวชาญที่เกี่ยวข้องกับแผ่นวงจรพิมพ์ในโรงงานอิเล็กทรอนิกส์ตัวอย่าง อีกทั้งใช้เป็นมาตรฐานในการคัดเลือกผู้ส่งมอบแผ่นวงจรพิมพ์ โดยใช้แบบสอบถามเป็นเครื่องมือวิจัยและใช้ AHP ในการวิเคราะห์ผล

สำหรับการวิเคราะห์เพื่อคัดเลือกผู้ส่งมอบแผ่นวงจรพิมพ์ของโรงงานอิเล็กทรอนิกส์ตัวอย่างในครั้งนี้มีผู้ส่งมอบทั้งหมด 5 ราย ได้ดังนี้ ผู้ส่งมอบ I, ผู้ส่งมอบ II, ผู้ส่งมอบ III, ผู้ส่งมอบ IV และผู้ส่งมอบ V พบว่าจากการตอบแบบสอบถามสามารถสรุปการคัดเลือกผู้ส่งมอบได้ดังนี้ การคัดเลือกผู้ส่งมอบแผ่นวงจรพิมพ์ที่ชนิดหน้าเดียวทางเลือกที่มีน้ำหนักรวมดีที่สุด คือ ผู้ส่งมอบ V รองลงมา คือ ผู้ส่งมอบ II การคัดเลือกผู้ส่งมอบแผ่นวงจรพิมพ์ชนิดสองหน้าทางเลือกที่มีน้ำหนักรวมดีที่สุดคือผู้ส่งมอบ II รองลงมา คือ ผู้ส่งมอบ IV การคัดเลือกผู้ส่งมอบแผ่นวงจรพิมพ์ที่ชนิดหลายชั้นทางเลือกที่มีน้ำหนักรวมดีที่สุด คือ ผู้ส่งมอบ I รองลงมา คือ ผู้ส่งมอบ III ตามลำดับ

ดังนั้นการนำกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ (AHP) มาช่วยวิเคราะห์การตัดสินใจและการคัดเลือกผู้ส่งมอบที่เหมาะสมที่สุดจึงเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพให้แก่การทำงานของฝ่ายจัดซื้อ เพราะวิธีการวิเคราะห์ของ AHP มีการหาอัตราค่าความสอดคล้องของการวินิจฉัยเปรียบเทียบ ซึ่งเป็นวิธีคิดที่ได้รับการยอมรับมีความน่าเชื่อถือและให้ผลสมบูรณ์ นอกจากนี้วิธีนี้ยังช่วยลดอคติที่มีอยู่ของผู้ประเมินด้วยวิธีการวินิจฉัยเป็นคู่ ๆ เพื่อเปรียบเทียบผลที่น่าเชื่อถือและสมบูรณ์ที่สุด และยังเป็นการสร้างความยั่งยืนให้แก่องค์กรอีกด้วยสำหรับยุคที่ระบบอิเล็กทรอนิกส์มีการเติบโตอย่างรวดเร็ว โดยงานวิจัยนี้เป็นการศึกษาคัดเลือกผู้ส่งมอบแผ่นวงจรพิมพ์ของโรงงานอิเล็กทรอนิกส์ตัวอย่างในช่วงระยะเวลาหนึ่ง ซึ่งในอนาคตอาจมีการเปลี่ยนแปลงตามเทคโนโลยีที่มีการพัฒนาขึ้น จึงอาจส่งผลต่อการทดลองในอนาคตที่อาจมีปัจจัยอื่น ๆ เพิ่มขึ้นสำหรับการตัดสินใจในการคัดเลือกผู้ส่งมอบแผ่นวงจรพิมพ์ของโรงงานอิเล็กทรอนิกส์ อีกทั้งงานวิจัยครั้งนี้เป็นการเก็บข้อมูลในมุมมองของผู้เชี่ยวชาญภายในโรงงานอย่างเดียวนั้น หาก

นักวิจัยท่านใดสนใจสามารถนำงานวิจัยนี้ไปต่อยอดในการศึกษากลุ่มประชากรที่ครอบคลุมไปถึงกลุ่มผู้เชี่ยวชาญในอุตสาหกรรมผู้ให้บริการผลิตชิ้นส่วนด้านอิเล็กทรอนิกส์ในประเทศไทย

## 8. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยครั้งนี้สำเร็จได้ด้วยความอนุเคราะห์จากผู้ตอบแบบสอบถามทุกท่านที่สละเวลาในการตอบแบบสอบถาม จึงขอขอบคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้ด้วย

## 9. References

- [1] Sangsubhan, K., 2015, 10 Target Industries and Mechanism for the Future Economy, Available Source: <http://thaipublica.org/2015/11/kanis-boi>. (in Thai)
- [2] Kantanatha, N. and Chaiamonsap, N. , 2015, Productivity Enhancement of Automatic Meter Reading Control Box Assembly Line, Thai Ind. Eng. Network 1(1): 1-6. (in Thai)
- [3] Industrial Economics, 2017, Industrial Economic In January 2017, Available Source: [http://www.oie.go.th/sites/default/files/attachments/summary\\_report/industryeconomicssituationreportjan2017.pdf](http://www.oie.go.th/sites/default/files/attachments/summary_report/industryeconomicssituationreportjan2017.pdf). (in Thai)
- [4] Saaty, T.L., 1990, How to Make a Decision The Analytic Hierarchy Process, Eur. J. Operat. Res. 48: 9-26.
- [5] KCE Electronics Public Company Limited, 2014, Annual Report 2014, Available Source: <http://kce.listedcompany.com/misc/form561/20150403-kce-form561-2014->

- th.pdf. (in Thai)
- [6] Boera, L.d., Labrob, E. and Morlacchi, P., 2001, A review of methods supporting supplier selection, *Eur. J. Purch. Suppl. Manag.* 7: 75-89.
- [7] Chan, F.T.S., Kumar, N., Tiwari, M.K. and Lau, H.C.W., 2008, Global supplier selection A fuzzy-AHP approach, *Int. J. Prod. Res.* 46: 3825-3857.
- [8] Jaisung, S. and Theeranuphattana, A., 2012, Selection of logistics service providers of Hana Microelectronics Public Company Limited by applying the analytic hierarchy process (AHP), *J. Business Admin.* 35(134): 65-89 (in Thai)
- [9] Aissaoui, N., Haouari, M. and Hassini, E., 2007, Supplier selection and order lot sizing modeling: A review, *Comp. Operat. Res.* 34: 3516-3540.
- [10] Chou, S. and Chang, Y., 2008, A decision support system for supplier selection based on a strategy aligned fuzzy SMART approach, *Exp. Syst. Appl.* 34: 2241-2253
- [11] Laonual, Y., 2015, Assessment of electric vehicle technology development and its implication in Thailand, Research Report, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkok. (in Thai)
- [12] Jomthong, P., Tharawetcharak, P., Watanasungsuit, A. and Pornsing, C., 2017, A study of ranking factors to the success of Thai small-scale biomass power plants using analytic hierarchy process, *Naresuan Univ. J. Sci. Technol.* 25(4): 138-148. (in Thai)
- [13] Surongkarat, N. and Satapanajaru, T., 2013, Finding the suitable area for biomass fuel power plant from Pararubber trees in Rayong province, *KKU. Res. J.* 13(2): 60-70. (in Thai)
- [14] Galankashi, M.R., Helmi, S.A. and Hashemzahi, P., 2016, Supplier selection in automobile industry: A mixed balanced scorecard-fuzzy AHP approach, *Alex. Eng. J.* 55: 93-100.
- [15] Alonso, J. A. and Lamata, M.T., 2006, Consistency in the analytic hierarchy process: A new approach, *Int. J. Uncertain Fuzz.* 14: 445-459
- [16] Saaty, T.L., 2008, Decision making with the analytic hierarchy process, *Int. J. Serv. Sci.* 1: 83-98.