บทความวิจัย

การออกแบบและพัฒนาเครื่องรับซื้อบรรจุภัณฑ์รีไซเคิลด้วยเทคนิคการแปลงหน้าที่ทางคุณภาพและการสืบค้นฐานข้อมูลสิทธิบัตร

ปริญญ์ บุญกนิษฐ*
สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

* ผู้นิพนธ์ประสานงาน โทรศัพท์ 0 2836 3000 ต่อ 4314 อีเมล: prin.b@rmutp.ac.th DOI: 10.14416/j.kmutnb.2021.07.004
รับเมื่อ 19 เมษายน 2564 แก้ไขเมื่อ 16 มิถุนายน 2564 ตอบรับเมื่อ 21 มิถุนายน 2564 เผยแพร่ออนไลน์ 23 กรกฎาคม 2564
© 2023 King Mongkut's University of Technology North Bangkok. All Rights Reserved.

บทคัดย่อ

ความท้าทายในการออกแบบเทคโนโลยีเครื่องรับซื้อบรรจุภัณฑ์ให้ตรงตามความต้องการของผู้ใช้งานมากที่สุด คือ หัวใจสำคัญของการพัฒนาธุรกิจนี้ให้เกิดความยั่งยืน งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทำการออกแบบและพัฒนาเครื่องรับซื้อบรรจุภัณฑ์รีไซเคิล (Reverse Vending Machine; RVM) ให้มีคุณลักษณะที่ตรงต่อความต้องการของผู้ใช้งานด้วยเทคนิคการแปลงหน้าที่ทางคุณภาพ (Quality Function Deployment; QFD) และการสืบค้นฐานข้อมูลสิทธิบัตร (Patent Searching Technique) โดยกระบวนการออกแบบและพัฒนา เริ่มต้นจากการแปลงเสียงเรียกร้องของผู้ใช้งาน (Voice of Customer; VOC) เป็นความต้องการออกแบบ (Design Characteristics) และเชื่อมโยงสู่การกำหนดคุณลักษณะของชิ้นส่วน (Part Characteristics) ด้วยเทคนิคบ้านคุณภาพ (House of Quality; HOQ) หลังจากนั้น จึงนำความต้องการในการปรับปรุงชิ้นส่วนมาจัดเรียงลำดับและเลือกชิ้นส่วนที่มีผลกระทบต่อความต้องการของลูกค้ามาก ไปสืบค้นแนวทางในการออกแบบด้วยการสืบค้นฐานข้อมูลสิทธิบัตร และพัฒนาเป็นต้นแบบผลิตภัณฑ์ (Product Prototyping) ก่อนนำไปทำการทดสอบการใช้งานกับกลุ่มตัวอย่างจำนวน 1,000 คน ซึ่งผลลัพธ์ในการทดสอบการใช้งานผลิตภัณฑ์พบว่า มีระดับความพึงพอใจต่อการใช้งานระดับมาก ค่าความพึงพอใจเฉลี่ย (Mean) อยู่ระหว่าง 4.14–4.48 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) อยู่ระหว่าง 0.68–0.96 ซึ่งผลที่ได้จากงานวิจัยนี้ สามารถนำไปประยุกต์ใช้เป็นต้นแบบในการพัฒนาเครื่องรับซื้อบรรจุภัณฑ์รีไซเคิลสำหรับภาคธุรกิจได้อย่างยั่งยืนต่อไป

คำสำคัญ: การออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์ การแปลงหน้าที่ทางคุณภาพ การสืบค้นฐานข้อมูลสิทธิบัตร เครื่องรับซื้อบรรจุภัณฑ์รีไซเคิล เศรษฐกิจหมุนเวียน

การอ้างอิงบทความ: ปริญญ์ บุญกนิษฐ, "การออกแบบและพัฒนาเครื่องรับซื้อบรรจุภัณฑ์รีไซเคิลด้วยเทคนิคการแปลงหน้าที่ทางคุณภาพและการสืบค้นฐานข้อมูลสิทธิบัตร," *วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ*, ปีที่ 33, ฉบับที่ 2, หน้า 453–467, เม.ย.–มิ.ย. 2566.

วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ปีที่ 33 ฉบับที่ 2 เม.ย.–มิ.ย. 2566
The Journal of KMUTNB., Vol. 33, No. 2, Apr.–Jun. 2023

Research Article

Design and Development of Reverse Vending Machines Using Quality Functional Deployment Technique and Patent Searching Technique

Prin Boonkanit*
Sustainable Industrial Management Engineering Department, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Phra Nakorn, Bangkok, Thailand

* Corresponding Author, Tel. 0 2836 3000 Ext. 4314, E–mail: prin.b@rmutp.ac.th DOI: 10.14416/j.kmutnb.2021.07.004
Received 19 April 2021; Revised 16 June 2021; Accepted 21 June 2021; Published online: 23 July 2021
© 2023 King Mongkut's University of Technology North Bangkok. All Rights Reserved.

Abstract

Challenges of designing Reverse Vending Machine technology to meet the user requirements at most were the heart of sustainable business development. This research aimed to design and develop the Reverse Vending Machine Reverse Vending Machine (RVM) to have features that meet the user requirements with the Quality Function Deployment (QFD) technique and Patent Searching Technique. The processes of design and development began from converting the Voice of Customer (VOC) into Design Characteristics and linking to the specification of Part Characteristics with House of Quality (HOQ) technique. After that, the requirements of Part Improvement therefore is sorted and selected the Parts with a great impact on the customer's requirements to search for the design guidelines by searching in the patent database and Product Prototyping before testing usability with 1,000 samples. The usability test result was found that it had the satisfaction on usability at a high level of with the use, average satisfaction (Mean) was between 4.14–4.48 points, Standard Deviation (SD) score was between 0.68–0.96 points. The results of this research were able to further apply as sustainable Reverse Vending Machine development prototyping for business sector.

Keywords: Product Design and Development, Quality Functional Deployment, Patent Searching Technique, Reverse Vending Machine, Circular Economy

Please cite this article as: P. Boonkanit, "Design and development of reverse vending machines using quality functional deployment technique and patent searching technique," *The Journal of KMUTNB*, ปีที่ 33, ฉบับที่ 2, หน้า 453–467, เม.ย.–มิ.ย. 2566.

1. บทนำ

การสร้างนวัตกรรมเศรษฐกิจหมุนเวียน (Circular Economy; CE) กำลังได้รับความสนใจจากทั่วโลกในการนำมาสนับสนุนการพัฒนาอย่างยั่งยืน โดยเฉพาะการประยุกต์ใช้ร่วมกับเทคโนโลยีดิจิทัล เช่น Internet of Things (IoT), Big Data และ Data Analytics [1] Ellen MacArthur Foundation [2] รายงานว่าหลักการเศรษฐกิจหมุนเวียนจะช่วยในการประหยัดต้นทุนวัสดุได้ประมาณ 1 ล้านล้านเหรียญภายใน ค.ศ. 2025 ซึ่งในประเทศไทยรัฐบาลก็ได้มีนโยบายในการประยุกต์ใช้ระบบเศรษฐกิจหมุนเวียนเอาทรัพยากรมาใช้ให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดจนครบเกิดเป็นวงจรในหลายด้านมาโดยตลอด โดยเฉพาะด้านการใช้พลาสติกเพื่อลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม [3] ด้วยหลัก 3R (Reduce, Reuse, Recycle) ซึ่งมาตรการนี้ ก็ได้รับการสนับสนุนอย่างดีจากภาคเอกชน เช่น บริษัท พีทีที โกลบอล เคมิคอล จำกัด (มหาชน) ที่มีโครงการ GC Circular Living Platform for Everyone ด้วยการสร้างมูลค่าเพิ่มตามกรอบวิธีการของ GC Upcycling หรือ บริษัท เทสโก้ โลตัส ที่มีนโยบายในการสร้างระบบปิดของบรรจุภัณฑ์ (Closed-loop Packaging) ตลอดห่วงโซ่ของบรรจุภัณฑ์

จากการศึกษาเทคโนโลยีดิจิทัลในการสนับสนุนให้การดำเนินการด้าน CE มีประสิทธิภาพพบว่า เทคโนโลยีเครื่องรับซื้อบรรจุภัณฑ์รีไซเคิล (Reverse Vending Machine; RVM) เป็นเทคโนโลยีหนึ่งที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ได้อย่างดีและกำลังได้รับความนิยม มีปริมาณการใช้งานเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยมีแนวโน้มในการสร้างผลกำไรในตลาดโลกได้มากกว่า 527.18 ล้านเหรียญ ใน ค.ศ. 2022 [4] ซึ่งปัจจุบันมีหลายผู้ผลิตชั้นนำจากทั่วโลก เช่น Tomra, Incom Recycle, Envipco

อย่างไรก็ตาม จากการศึกษาข้อมูลการตลาด และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง [5], [6] พบว่า เทคโนโลยีนี้มีข้อจำกัดในการประยุกต์ใช้งานในประเทศไทยในหลายมิติ ไม่ว่าจะเป็นด้านการออกแบบ ประสิทธิภาพการใช้งาน พฤติกรรมผู้บริโภค ข้อจำกัดของเทคโนโลยีดิจิทัล และความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์ ดังนั้นการที่สามารถหาความต้องการของลูกค้าได้อย่างถูกต้อง ย่อมเป็นการสนับสนุนการออกแบบพัฒนาเทคโนโลยีเครื่องรับซื้อบรรจุภัณฑ์รีไซเคิลให้มีการใช้งานมากยิ่งขึ้นได้

ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อทำการออกแบบและพัฒนาเครื่องรับซื้อบรรจุภัณฑ์รีไซเคิลให้มีคุณลักษณะที่ตรงตามความต้องการของผู้ใช้งานด้วยเทคนิคการแปลงหน้าที่ทางคุณภาพ (Quality Function Deployment; QFD) และการสืบค้นฐานข้อมูลสิทธิบัตร (Patent Searching Technique) ซึ่งเป็นเทคนิคในการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่มีประสิทธิภาพ โดยมีตัวอย่างการประยุกต์ใช้การสืบค้นแนวคิดการพัฒนาผลิตภัณฑ์ในลักษณะใกล้เคียงกัน เช่น Verhaegen [7] และ Yang [8] และจากการสืบค้นสิทธิบัตรการพัฒนาเทคโนโลยีเครื่องรับซื้อบรรจุภัณฑ์พบว่าสิทธิบัตรฉบับแรกทางด้านเทคโนโลยีเครื่องรับซื้อบรรจุภัณฑ์รีไซเคิล คือ สิทธิบัตรเครื่องส่งคืนและขนถ่ายตู้คอนเทนเนอร์เปล่าที่มีกลไกการคืนเหรียญ ซึ่งถูกยื่นจดสิทธิบัตรในอเมริกาเมื่อวันที่ 13 กันยายน ค.ศ. 1920 [9]

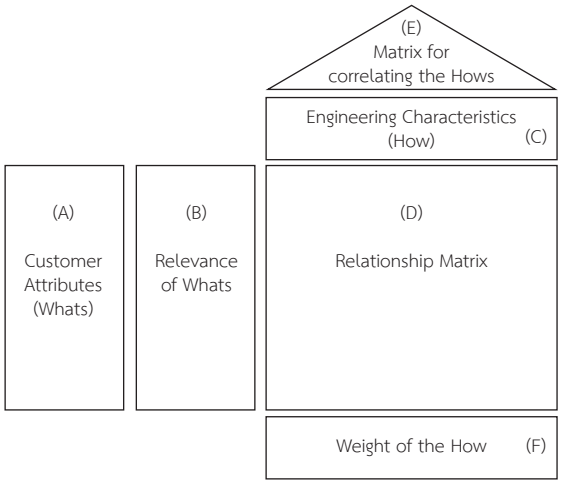
โดยหลักการทำงานของเครื่องรับซื้อบรรจุภัณฑ์รีไซเคิลจะรับวัสดุรีไซเคิลมาบีบอัด และจัดเก็บในภาชนะรองรับด้านล่างเพื่อการนำไปรีไซเคิลต่อไป ซึ่งปัจจุบัน RVM เป็นเทคโนโลยีที่ได้รับการพิสูจน์แล้วว่ามีประโยชน์ต่อสังคม และสิ่งแวดล้อมมานานกว่าห้าทศวรรษ โดยมีการติดตั้งตู้ เครื่องรับซื้อบรรจุภัณฑ์รีไซเคิล (RVM) มากกว่า 100,000 เครื่องทั่วโลก [10] จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเครื่องรับซื้อบรรจุภัณฑ์รีไซเคิล และข้อมูลจากภาคอุตสาหกรรม พบว่า ในประเทศไทยยังมีจำนวนไม่มากเมื่อเทียบกับในต่างประเทศ เนื่องจาก RVM นับว่าเป็นเทคโนโลยีที่ยังใหม่สำหรับคนไทย และมีราคาต้นทุนการผลิตที่ค่อนข้างสูง อีกทั้งประเทศไทยมีมูลค่าขยะรีไซเคิลราคาถูกเมื่อเทียบกับต่างประเทศ ทำให้เกิดความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์ต่ำ และข้อจำกัดที่สำคัญอย่างหนึ่ง คือ พื้นฐานพฤติกรรมของคนไทยไม่ได้ถูกปลูกฝังให้มีพฤติกรรมการคัดแยกขยะรีไซเคิลมาตั้งแต่เด็ก อย่างไรก็ตาม แนวโน้มการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยี RVM ยังมีการเติบโตมากขึ้นอย่างต่อเนื่องจากนโยบายส่งเสริมการจัดการขยะเพื่อสิ่งแวดล้อมของ

รัฐบาล ความสนใจของประชาชนทางด้านสิ่งแวดล้อม และความต้องการในการพัฒนาองค์กรสีเขียวของภาคเอกชน ทำให้มีการเพิ่มขึ้นของผู้ผลิต RVM หลายรายในปัจจุบัน เช่น เครื่อง RVM Refun Machine, P PET Machine, RMUTP RVM

นอกจากการเพิ่มขึ้นของ RVM จากภาคเอกชนแล้วในส่วนของงานวิจัยด้าน RVM พบว่า มีจำนวนมากขึ้นอย่างต่อเนื่อง [9], [11]–[13] ซึ่งจากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง การพัฒนาเครื่อง RVM ถือว่ามีความน่าสนใจและเป็นประโยชน์อย่างยิ่ง ทั้งด้านธุรกิจในการพัฒนานวัตกรรมเพื่อจัดการขยะ และการแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อมให้กับสังคม จากความสำคัญดังกล่าวจะเห็นได้ว่าหากสามารถแปลงหน้าที่ทางคุณภาพจากเสียงเรียกร้องของลูกค้า (Voice of Customer; VOC) จะช่วยสนับสนุนการสร้างแนวคิดในการออกแบบพัฒนานวัตกรรม RVM และส่งผลดีต่อการส่งเสริมการพัฒนาเทคโนโลยี RVM ในการตอบสนองความต้องการของสังคม และสิ่งแวดล้อมของประเทศไทยได้อย่างเป็นระบบและรวดเร็วมากยิ่งขึ้น

โดยเครื่องมือที่จะนำมาใช้ในการพัฒนาเครื่องรับซื้อบรรจุภัณฑ์รีไซเคิลต้นแบบใหม่ ให้มีรูปร่างและลักษณะการใช้งานที่ตรงต่อความต้องการของผู้ใช้มากยิ่งขึ้น คือ เทคนิคการแปลงหน้าที่ทางคุณภาพ (QFD) ที่ถูกประยุกต์ใช้อย่างหลากหลาย โดยเฉพาะการออกแบบ และพัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม การแปลงหน้าที่ทางคุณภาพจะมีเครื่องมือที่เรียกว่า บ้านแห่งคุณภาพ (House of Quality; HOQ) เป็นเครื่องมือวางแผนหลักสำหรับกระบวนการ QFD คือ เมทริกซ์ที่ระบุความต้องการของลูกค้าเป็น “Whats” ลักษณะทางวิศวกรรมเป็น“Hows” และสร้างความสัมพันธ์ระหว่าง “Whats Hows” เป็นผลลัพธ์ของกระบวนการวางแผน [13] ดังแสดงในรูปที่ 1

บ้านคุณภาพนี้ สามารถขยายต่อเชื่อมกันได้หลายหลัง จากความต้องการของลูกค้า ไปยังคุณลักษณะทางเทคนิค จนถึงชิ้นส่วนและกระบวนการในการสร้างผลิตภัณฑ์ หรือกระบวนการเหล่านั้น เพื่อแก้ไขย้อนกลับมาให้ตรงกับสิ่งที่ลูกค้าต้องการให้ทำการพัฒนามากที่สุด โดยการหาความต้องการลูกค้าสามารถทำได้หลายวิธี เช่น การจัดทำแบบสอบถาม



รูปที่ 1 บ้านแห่งคุณภาพ [14]

หรือการสัมภาษณ์ ซึ่งมีตัวอย่างการประยุกต์ใช้ในงานวิจัย QFD หลายด้าน เช่น จัดทำแบบสอบถามเพื่อค้นหาคะแนนความสำคัญในแต่ละเสียงความต้องการ และนำข้อมูลที่ได้ไปประยุกต์ใช้ในเทคนิค QFD หลังจากนั้น จึงจัดทำเป็นแบบสอบถามเพื่อนำไปให้กลุ่มผู้ใช้ผลิตภัณฑ์ประเมินคะแนนความสำคัญในแต่ละเสียงความต้องการ เพื่อสำรวจความคิดเห็นของกลุ่มผู้ใช้ผลิตภัณฑ์ว่ามีระดับความคิดเห็นอย่างไรกับเสียงความต้องการที่มีต่อคุณลักษณะของอุปกรณ์ที่ทำการออกแบบปรับปรุง [15]

สำหรับการกำหนดขนาดตัวอย่างในการสอบถาม สามารถใช้ทฤษฎีของ Yamane [16] เพื่อนำขนาดตัวอย่างน้อยสุดที่ยอมรับได้เป็นเกณฑ์ว่าแบบสอบถามที่ตอบกลับนั้นเป็นที่ยอมรับและน่าเชื่อถือ โดยมีสูตรการคำนวณขนาดตัวอย่าง ดังสมการที่ (1)

$$n = \frac{N}{1 + Ne^2} \tag{1}$$

โดยที่ n คือ ขนาดตัวอย่าง (คน) น้อยสุดที่ยอมรับได้
N คือ จำนวนประชากร (คน)
e คือ ความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้

การคำนวณคะแนนความสำคัญใช้ค่าเฉลี่ยเรขาคณิต เนื่องจากเหมาะสมที่จะนำมาใช้เป็นค่ากลางของข้อมูลเมื่อ

ข้อมูลนั้นๆ ไม่มีค่าใดค่าหนึ่ง ซึ่งสูงกว่าค่าอื่นมาก และข้อมูลไม่มีค่าศูนย์เมื่อข้อมูลเป็นค่าบวก การคำนวณค่าเฉลี่ยเรขาคณิตสามารถเข้าค่ากลางได้ดีที่สุด โดยวิธีการคำนวณค่าเฉลี่ยเรขาคณิตแสดงดังสมการที่ (2)

$$IMP = \sqrt[n]{(a_1 x\, a_2 \ldots x\, a_n} \quad (2)$$

โดยที่ IMP คือ ค่าน้ำหนักความสำคัญ a_i คือ ค่าสังเกตของข้อมูลลำดับที่ i (โดยที่ $i = 1,2,\ldots,n$) n คือ จำนวนตัวอย่างข้อมูล การคำนวณคะแนนความสำคัญจะนำไปใช้คำนวณกับแบบสอบถามทั้งหมดที่กลุ่มผู้ตัวอย่างตอบแบบสอบถามกลับ และนำเสียงความต้องการและคะแนนความสำคัญไปใช้เป็นข้อมูลนำเข้าสำหรับการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค QFD

การคำนวณระดับน้ำหนักในเมทริกซ์ความต้องการของผู้ใช้เครื่อง ใช้สมการที่ (3) ดังนี้

ระดับน้ำหนัก = $\sum$ (คะแนนความสัมพันธ์ระหว่างความต้องการของผู้ใช้เครื่องกับความต้องการทางเทคนิค × คะแนนความสำคัญ) (3)

การคำนวณขนาดของประชากรที่แน่นอน แต่ไม่ทราบค่าสัดส่วนของประชากรหรือ $p = 0.5$ ใช้สูตรสมการที่ (4) [17]

$$n = \frac{Z^2 pq}{e^2} \quad (4)$$

โดยที่ n คือ ขนาดของกลุ่มตัวอย่าง

Z คือ ค่าปกติมาตรฐานที่ได้จากตารางการแจกแจงแบบปกติมาตรฐาน (กำหนดระดับความเชื่อมั่นที่ 95% ดังนั้นจะได้ค่า $Z = 1.96$)

e คือ ค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้เกิดขึ้น (ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ดังนั้นจะได้ค่า $e = 0.05$)

p = สัดส่วนตัวอย่าง (กำหนดให้ $p = 0.5$)

$q = 1 - p$

การหาระยะเวลาคืนทุน (Payback Period; PB) กรณีผลตอบแทนที่ได้รับจากโครงการลงทุนเท่ากันทุกปี ใช้สูตร [18]

$$\text{ระยะเวลาคืนทุน } (PB) = \frac{\text{เงินสดจ่ายลงทุนเริ่มต้น}}{\text{กระแสเงินสดรับสุทธิ}} \quad (5)$$

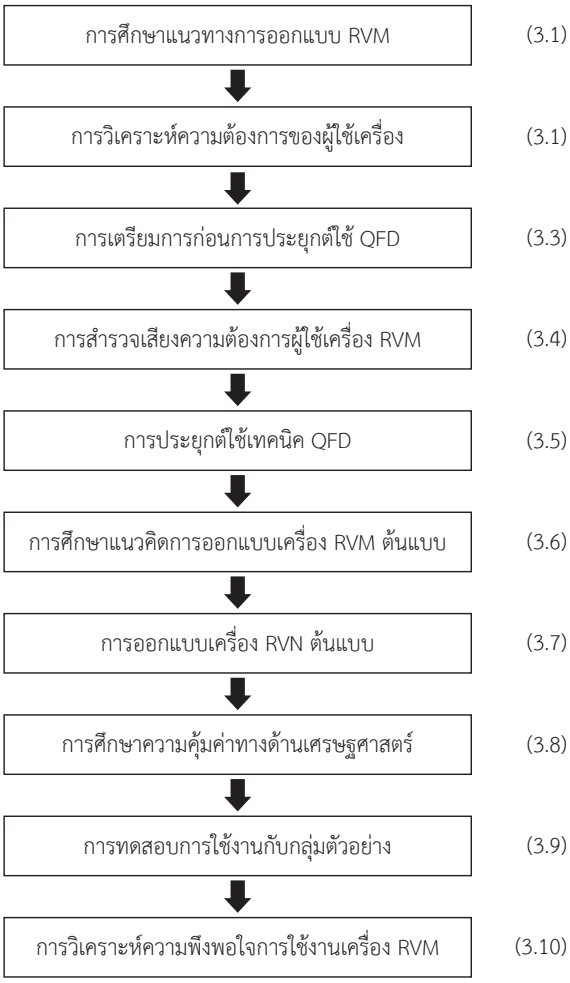
หลังจากนั้น นำเสียงความต้องการและคะแนนความสำคัญไปเป็นข้อมูลนำเข้าสำหรับการวิเคราะห์ ซึ่งการประยุกต์ใช้เทคนิค QFD ในงานวิจัยนั้น เป็นการวิเคราะห์เสียงความต้องการของลูกค้าไปเป็นข้อกำหนดคุณลักษณะในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ เช่น Meemongkol [19] ประยุกต์ใช้ QFD เพื่อค้นหาคุณลักษณะผลิตภัณฑ์สำหรับการออกแบบอุปกรณ์เฝ้าระวังผู้ป่วยด้วยบ้านคุณภาพ 2 ส่วน คือ แบบเมทริกซ์การวางแผนผลิตภัณฑ์ และเมทริกซ์การออกแบบชิ้นส่วน Moldovan [20] นำเสนอการใช้งาน QFD ในการจัดการความรู้เพื่อทำความเข้าใจกับความต้องการของลูกค้าในการเลือกลักษณะ “น้ำหนัก” ที่เหมาะสมสำหรับการออกแบบผลิตภัณฑ์ใหม่ในบริษัท น้ำแร่ จากนั้นจึงนำความรู้นี้ ไปใช้ในการพัฒนาเครื่องดื่มชนิดใหม่เข้าสู่ตลาดได้สำเร็จ Lonica และ Leba [21] มีการปรับใช้ QFD ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่โดยประเมินความคิดเห็นของลูกค้าในการออกแบบผลิตภัณฑ์ที่เป็นนวัตกรรมใหม่ โดยมุ่งเน้นไปที่ขั้นตอนแรกของการสำรวจความต้องการลูกค้าตามลักษณะทางเทคนิค การออกแบบหรือพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่เป็นนวัตกรรม Fonseca และคณะ [22] อธิบายการประยุกต์ใช้ QFD ในการเชื่อมโยงความคาดหวังของลูกค้ากับลักษณะทางเทคนิคของผลิตภัณฑ์เพื่อวัดค่าในเชิงปริมาณได้ โดยพบว่ามีประโยชน์มากในการจัดการกับข้อมูลส่วนตัวจำนวนมาก Sinthavalai และคณะ [23] ประยุกต์ใช้บ้านคุณภาพเพื่อปรับปรุงบรรจุภัณฑ์สำหรับอุปกรณ์ทางการแพทย์ ช่วยปรับปรุงบรรจุภัณฑ์ทางการแพทย์ให้สามารถตอบสนองความต้องการผู้ใช้ยิ่งขึ้น Kulnawin และคณะ [24] วิเคราะห์คุณลักษณะและออกแบบด้วย QFD เพื่อค้นหาคุณลักษณะและออกแบบระบบต้นแบบเพื่อการทำนายผลผลิตพืชไร่ สามารถนำข้อมูลจากการวิเคราะห์ ไปเป็นแนวทางในการแก้ปัญหาและส่งเสริมการเพิ่มผลผลิตที่ดี

นอกจากนี้ การพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ๆ นั้น จำเป็นต้อง

มีการระบุความต้องการของลูกค้าอย่างเป็นระบบ [25] เช่น การวิเคราะห์ฐานข้อมูลสิทธิบัตร และการตรวจสอบผ่านการทดสอบตลาด การระบุและการประเมินความต้องการของลูกค้าตามที่คาดหวัง เพื่อปรับปรุงฟังก์ชัน และการวิเคราะห์ความขัดแย้งของระบบทางเทคนิค การวิเคราะห์กระบวนการทำงานของลูกค้าด้วยการระบุประโยชน์ของลูกค้าที่ได้รับจากฐานข้อมูลสิทธิบัตร รวมถึงการศึกษาสิทธิบัตรเพื่อกำหนดแนวคิดในการออกแบบ [26] ซึ่งจะสามารถแสดงถึงประสิทธิภาพของการใช้สิทธิบัตรมาช่วยเป็นสิ่งกระตุ้นในการสร้างแนวคิดผลลัพธ์ของนักออกแบบ (Idea Outcome) และสร้างแรงบันดาลใจในการออกแบบพัฒนาผลิตภัณฑ์ต่างๆ ได้ด้วย

2. วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

กระบวนการวิจัยในการพัฒนาเครื่องรับซื้อบรรจุภัณฑ์รีไซเคิลด้วยเทคนิคการแปลงหน้าที่ทางคุณภาพประกอบด้วย การศึกษาแนวทางการออกแบบเครื่อง RVM โดยการสำรวจเสียงความต้องการผู้ใช้งาน เพื่อวิเคราะห์คุณลักษณะที่ตรงตามความต้องการของผู้ใช้งาน การคำนวณจำนวนตัวอย่างภายใต้ความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้ 0.05 การคำนวณค่าเฉลี่ยเรขาคณิต และจัดลำดับคะแนนความสำคัญของผู้ใช้งาน (IMP) เชื่อมโยงสู่การกำหนดคุณลักษณะของชิ้นส่วน ด้วยการประยุกต์ใช้เทคนิคการแปลงหน้าที่ทางคุณภาพ (QFD) จากนั้นจัดเรียงความต้องการในการปรับปรุงชิ้นส่วนที่มีผลกระทบต่อความต้องการของผู้ใช้งานมาสืบค้นฐานข้อมูลสิทธิบัตร ในการออกแบบพัฒนาเครื่องต้นแบบ ศึกษาความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์ แล้วทำการทดสอบการใช้งานผลิตภัณฑ์กับกลุ่มตัวอย่าง เพื่อการวิเคราะห์และสรุปผลความพึงพอใจการใช้งานเครื่องรับซื้อบรรจุภัณฑ์รีไซเคิล (RVM) จากการพัฒนา สามารถแสดงขั้นตอนการวิจัย ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

3. ผลการทดลอง

3.1 ผลการศึกษาแนวทางการออกแบบ RVM

จากการศึกษาข้อมูลเครื่อง RVM ของผู้ผลิตทั้งในและต่างประเทศ รวมทั้งงานวิจัยและข้อมูลสิทธิบัตร (Patent) พบว่า การผลิตเครื่อง RVM มีวัตถุประสงค์เพื่อทำให้การรวบรวม และจัดเก็บขยะรีไซเคิลมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น และเมื่อพิจารณาการออกแบบพบว่า เครื่อง RVM จะมีลักษณะของเครื่อง ฟังก์ชันการใช้งาน รวมถึงกลไกการทำงานภายในคล้ายคลึงกัน โดยฟังก์ชันทั่วไปจะสามารถรองรับบรรจุภัณฑ์รีไซเคิลได้ 2 ประเภทหลัก คือ ขวดพลาสติก และกระป๋องอะลูมิเนียม มีเทคโนโลยีการอ่านบรรจุภัณฑ์ (Scanning) คัดแยก (Sorting) บีบอัด (Crushing) มีหน้าจอสัมผัส นำเข้าและแสดงข้อมูล (Input Data/ Visual Display) ขนาดเครื่องมีความเหมาะสมกับปริมาณ และสถานที่ติดตั้ง

3.2 ผลการวิเคราะห์ความต้องการของผู้ใช้เครื่อง

ผลการรับฟังเสียงเรียกร้องจากลูกค้าเกี่ยวกับแนวคิดเครื่อง RVM เริ่มดำเนินการจากการศึกษาความต้องการของผู้ใช้งานจากกลุ่มเป้าหมายในพื้นที่ที่สนใจ ซึ่งได้สถานที่ทดลองทั้งหมด 5 พื้นที่ โดยทำการสำรวจความต้องการของผู้ใช้งานเพื่อนำข้อมูลไปวิเคราะห์ จำนวน 400 ตัวอย่าง และนำข้อมูลที่ได้ไปจัดกลุ่ม (Grouping) แบ่งเป็น 2 ระดับความต้องการ แสดงได้ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ความต้องการของผู้ใช้งาน

ระดับที่ 1	ระดับที่ 2
1. ประสิทธิภาพ	(1.1) มีความแม่นยำในการตรวจสอบบรรจุภัณฑ์ (1.2) ระยะเวลาในการทำงานสั้น (1.3) รองรับการแยกบรรจุภัณฑ์ได้หลากหลาย
2. การออกแบบ	(2.1) ง่ายต่อการปรับแต่ง (2.2) เครื่องดูทันสมัยและสวยงาม (2.3) น้ำหนักเบา (2.4) มีขนาดเล็ก (2.5) สามารถเคลื่อนย้ายสะดวก
3. ฟังก์ชันการทำงาน	(3.1) เครื่องทำงานแบบอัตโนมัติ (3.2) เชื่อมต่อข้อมูลผ่านมือถือ (3.3) บันทึกข้อมูลสมาชิกและการใช้บริการ (3.4) ป้องกันการใส่บรรจุภัณฑ์ที่ไม่ต้องการ (3.5) การใช้งานง่าย ขั้นตอนไม่ซับซ้อน
4. วัสดุแข็งแรง	(4.1) มีความแข็งแรงทนทาน
5. ความปลอดภัย	(5.1) มีความปลอดภัยต่อผู้ใช้งาน

3.3 ผลการเตรียมการก่อนการประยุกต์ใช้ QFD

หลังจากทำการจัดกลุ่มข้อมูลแล้วผู้วิจัยได้นำความต้องการทั้งหมดไปออกแบบสอบถามเพื่อหาระดับคะแนนความสำคัญของแต่ละความต้องการ (Ranking) จากนั้นผู้วิจัยจึงได้นำแบบสอบถามไปให้กลุ่มตัวอย่าง โดยใช้แบบสอบถามทั้งหมด 400 ชุด และจากการคำนวณจำนวนขนาดตัวอย่างน้อยสุดที่ยอมรับได้ ดังสมการที่ (1) พบว่า จำนวนขนาดตัวอย่างที่ยอมรับได้เท่ากับ 200 ตัวอย่าง ที่ค่าความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 0.05 แทนค่าดังสมการที่ (6)

$$n = \frac{400}{1+400\left(0.05\right)^2} = 200 \qquad (6)$$

ผลจากการคำนวณที่ได้สรุปว่า จำนวนแบบสอบถามจากผลการคำนวณ จำนวนแบบสอบถามที่กลุ่มผู้ใช้เครื่องตอบกลับนั้น จะต้องไม่น้อยกว่า 200 ชุด จึงจะเป็นขนาดตัวอย่างที่เพียงพอสำหรับเป็นตัวแทนของจำนวนกลุ่มตัวอย่าง และจากแบบสอบถามที่ได้รับการตอบกลับจากกลุ่มผู้ใช้เครื่องพบว่า มีทั้งหมด 250 ชุด (มีความคลาดเคลื่อน 0.038) ซึ่งเป็นจำนวนที่มากกว่าจำนวนขนาดตัวอย่างน้อยสุดที่ยอมรับได้ จึงทำการคำนวณหาความเชื่อมั่นของจำนวนแบบสอบถามที่ตอบกลับ ดังสมการที่ (7)

$$250 = \frac{400}{1+400\,(e)^2};\ e = 0.038 \qquad (7)$$

อย่างไรก็ตาม จำนวนแบบสอบถามที่ตอบกลับมาทั้งหมด 250 ชุดนั้น เพราะว่าผู้วิจัยอาจจะไม่มีโอกาสได้พบปะกับผู้ตอบแบบสอบถามเพื่ออธิบายความหมายต่างๆ ของข้อคำถามที่ต้องการเก็บรวบรวมความคิดเห็น

3.4 ผลการสำรวจเสียงความต้องการผู้ใช้เครื่อง RVM

การคำนวณคะแนนความสำคัญของความต้องการของผู้ใช้เครื่อง โดยค่าลำดับคะแนนความสำคัญของความต้องการของผู้ใช้งาน (IMP) ประกอบด้วย ขนาดเล็ก (8.85) น้ำหนักเบา (8.85) เชื่อมต่อข้อมูลผ่านมือถือ (8.75) บันทึกข้อมูลสมาชิกและการใช้บริการ (8.65) ไปจนถึงป้องกันการใส่บรรจุภัณฑ์ไม่ต้องการ (6.45) เป็นต้น ดังแสดงในรูปที่ 3 เมทริกซ์ความต้องการผู้ใช้ผลิตภัณฑ์ คำนวณค่าเฉลี่ยเรขาคณิตแสดงดังสมการที่ (2) แทนค่าดังสมการที่ (8)

$$\text{ขนาดเล็ก} = \sqrt[250]{(7\times7\times9\times9\times\ldots\times9} = 8.85 \qquad (8)$$

3.5 ผลการประยุกต์ใช้เทคนิค QFD

3.5.1 ผลการวิเคราะห์เมทริกซ์ความต้องการของผู้ใช้เครื่อง

ตัวอย่างการคำนวณระดับคะแนนความสำคัญในเมทริกซ์ความต้องการของผู้ใช้เครื่อง ในประเด็น **น้ำหนักเบา** แสดงได้ดังต่อไปนี้

$= \sum$ (คะแนนความสัมพันธ์ระหว่างความต้องการของผู้ใช้เครื่องกับความต้องการทางเทคนิค × คะแนนความสำคัญ) (9)

$= (8.85\times9) + (8.85\times3) + (7.56\times3) + (6.09\times9) + (7.50\times3) = 151.38$

หน่วยวัด		ชม.	กก.	ร้อยละ	ลบ.ซม.	ตร.ซม.	นาที	ชม.	ร้อยละ	วินาที	คะแนน	คะแนน	ชม.	ลบ.ซม.	คะแนน	มี/ไม่มี	
ความต้องการทางเทคนิค		มีความเสถียรในการใช้งานเครื่อง	น้ำหนักเบา	อัตราส่วนความแม่นยำในการตรวจสอบบรรจุภัณฑ์	ขนาดโดยรวมเล็ก	การลดขนาดบรรจุภัณฑ์เพื่อจัดเก็บในถัง	ความเร็วในการเคลื่อนย้าย	ความทนทานต่อการใช้งาน	มีความแม่นยำในการตรวจสอบบรรจุภัณฑ์	ระยะเวลาในการทำงานสั้น	หน้าจอโปรแกรมใช้งานง่าย	มีความปลอดภัยต่อผู้ใช้งาน	การบำรุงรักษาง่าย	ใช้คอมพิวเตอร์ประมวลผลขนาดเล็ก	ใช้สีทันสมัยและสื่อถึงความเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม	มีโปรแกรมประยุกต์สำหรับอุปกรณ์เคลื่อนที่	**ผลรวม**
ความต้องการผู้ใช้งาน	IMP	↑	↑	↑	↑	↑	0	↑	↑	↓	0	↑	0	↑	0	0	
มีความแม่นยำในการตรวจสอบบรรจุภัณฑ์	8.45	9		9					9								**27**
ระยะเวลาในการทำงานสั้น	8.23	9		3						9				1			**22**
รองรับการแยกบรรจุภัณฑ์ได้หลากหลาย	7.23	3		3													**6**
ง่ายต่อการเพิ่มอุปกรณ์	7.50												9				**9**
เครื่องดูทันสมัยและสวยงาม	7.25														9		**9**
น้ำหนักเบา	8.85		9		3	3	1	3						3			**22**
มีขนาดเล็ก	8.85		3		9	9	3	1				1	1	1			**28**
สามารถเคลื่อนย้ายสะดวก	7.56		3		3		9										**15**
เครื่องทำงานแบบอัตโนมัติ	8.65			1					3	3							**7**
เชื่อมต่อข้อมูลผ่านมือถือ	8.75	9									3						**12**
บันทึกข้อมูลสมาชิกและการใช้บริการ	8.65	1												3			**4**
ป้องกันการใส่บรรจุภัณฑ์ที่ไม่ต้องการ	6.45	3															**3**
การใช้งานง่าย ขั้นตอนไม่ซับซ้อน	7.05										9					3	**12**
มีความแข็งแรงทนทาน	7.50		3					9									**12**
มีความปลอดภัยไม่เป็นอันตรายต่อผู้ใช้งาน	8.15											9					**9**
ระดับน้ำหนัก (Raw score)		269.91	151.38	131.08	128.88	106.20	103.44	102.90	102.00	100.02	89.70	82.20	76.35	69.58	65.25	21.15	**1,600.04**
ระดับความสำคัญ (% Relative)		16.87	9.46	8.19	8.05	6.64	6.46	6.43	6.37	6.25	5.61	5.14	4.77	4.35	4.08	1.32	**100**
ลำดับ (Rank)		**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	6	7	8	9	10	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**	

	ข้อกำหนดคุณภาพของผู้ใช้งาน	ชุดโปรแกรมวัดผล	ชุดไบอัดกรรจุภัณฑ์	ชุดตรวจสอบประเภทบรรจุภัณฑ์ (scanner)	ชุดโปรแกรมประมวลผลฐานข้อมูล	โครงสร้างภายนอกของเครื่อง RMI	ชุดเชื่อมต่อผู้ใช้งานอินเตอร์เน็ตรวดเร็ว	ชุดล้อขับเคลื่อน	ชุดตัดแยกบรรจุภัณฑ์	ชุดโปรแกรมติดต่อกับผู้ใช้ (ง่าย สะดวก)	ชุดแปลงไฟฟ้า (inverter)	ชุดตัดเก็บบรรจุภัณฑ์จากการปิดปิดผิด	ลูกกลิ้งและลายพาน้ำเสียง	ความจุของฮาร์ดดิสก์ (HardisK)	สติ๊กเกอร์ภายนอก	**ผลรวม**
ความต้องการทางเทคนิค	IMP	0	0	0	↑	0	↑	0	0	↑	0	0	0	↑	0	
มีความเสถียรในการใช้งานเครื่อง	8.45	3		9	3		3					1				**4**
น้ำหนักเบา	8.23		9	3	3	3			3				3			**9**
อัตราส่วนความแม่นยำในการตรวจสอบบรรจุภัณฑ์	8.75	9									1			3		**4**
ขนาดโดยรวมเล็ก	7.23		3			9		3	9			3				**24**
การลดขนาดบรรจุภัณฑ์เพื่อจัดเก็บในถัง	8.35		9						3			3				**6**
ความเร็วในการเคลื่อนย้าย	8.57			3	3			9								**9**
ความทนทานต่อการใช้งาน	7.50		3			9										**9**
มีความแม่นยำในการตรวจสอบบรรจุภัณฑ์	8.86	3	3	9	3		3	3				1	3			**10**
ระยะเวลาในการทำงานสั้น	8.50	9	3	3	3		3	9	3	3		3				**21**
หน้าจอโปรแกรมใช้งานง่าย	8.85						3			9						**12**
มีความปลอดภัยต่อผู้ใช้งาน	8.85		1			3			1		9			3		**16**
การบำรุงรักษาง่าย	7.23	3	3	3	3	3	3		3	3	3	3	3			**21**
ใช้คอมพิวเตอร์ประมวลผลขนาดเล็ก	7.21	9		3	9		3			1		3	3			**10**
ใช้สีทันสมัยและสื่อถึงความเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม	8.32					3				1					9	**13**
มีโปรแกรมประยุกต์สำหรับอุปกรณ์เคลื่อนที่	8.57	3			3		9			3	3			3		**18**
ระดับน้ำหนัก (Raw score)		319.47	276.03	275.01	240.12	230.46	224.43	201.90	170.85	168.04	135.80	132.87	94.59	78.51	74.88	**2,623.00**
ระดับความสำคัญ (% Relative)		12.18	10.52	10.48	9.15	8.79	8.56	7.70	6.51	6.41	5.18	5.07	3.61	2.99	2.85	**100**
ลำดับ (Rank)		**1**	**3**	**2**	**4**	**5**	6	7	8	9	**10**	**11**	**12**	**13**	**14**	

รูปที่ 3 HOQ เฟส 1 และ เฟส 2

หลังจากนั้น จึงนำไปคำนวณหาระดับคะแนนความสำคัญดังสมการที่ (9) ระดับความสำคัญของความต้องการทางเทคนิครายการ “น้ำหนักเบา” โดยการเปรียบเทียบ ดังสมการที่ (10)

= (ระดับน้ำหนักของความต้องการทางเทคนิค/ผลรวมของระดับน้ำหนักของความต้องการทางเทคนิค) × 100% (10)

$$= \frac{151.38}{1,600.04} \times 100\% = 9.46 \quad (11)$$

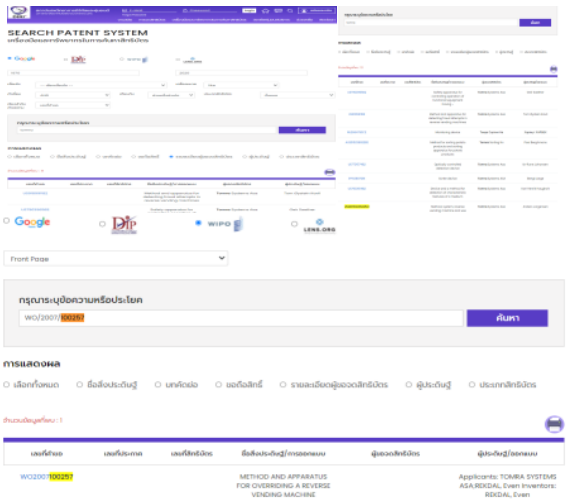
จากการคำนวณสมการที่ (11) พบว่า ความต้องการทางเทคนิคที่มีระดับความสำคัญของความต้องการทางเทคนิคโดยการเปรียบเทียบมากที่สุด 5 อันดับแรก คือ มีความเสถียรในการใช้งานเครื่อง (16.87) น้ำหนักเบา (9.46) อัตราส่วนความแม่นยำในการตรวจสอบบรรจุภัณฑ์ (8.19) ขนาดโดยรวมเล็ก (8.05) และการลดขนาดบรรจุภัณฑ์เพื่อจัดเก็บในถัง (6.64) ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 3

3.5.2 ผลการวิเคราะห์เมทริกซ์การออกแบบชิ้นส่วน

การวิเคราะห์เมทริกซ์การออกแบบชิ้นส่วน โดยทีมพัฒนาผลิตภัณฑ์ แสดงได้ดังรูปที่ 3 ซึ่งถูกเชื่อมโยงมาจากเมทริกซ์ความต้องการผู้ใช้งานจากเฟสที่ 1 ผลลัพธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์เมทริกซ์การออกแบบชิ้นส่วน คือ ข้อกำหนดคุณลักษณะของชิ้นส่วน ซึ่งจะนำไปเป็นข้อกำหนดในการออกแบบให้ตรงกับความต้องการของผู้ใช้งานมากที่สุด โดยการออกแบบปรับปรุงเครื่อง RVM 5 อันดับแรก คือ ชุดประมวลผล (12.18) ชุดบีบอัดบรรจุภัณฑ์ (10.52) ชุดตรวจสอบประเภทบรรจุภัณฑ์ (Scanner) (10.48) ชุดโปรแกรมประมวลผลฐานข้อมูล (9.15) และโครงสร้างภายนอกของเครื่อง RVM (8.79) ตามลำดับ

3.6 ผลการศึกษาแนวคิดการออกแบบเครื่อง RVM ต้นแบบ

การสืบค้นฐานข้อมูลสิทธิบัตรเป็นวิธีหนึ่งในการสร้างแนวคิดการออกแบบพัฒนาผลิตภัณฑ์ [27], [28] โดยงานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาสิทธิบัตรด้วยเว็บไซต์ในการช่วยสืบค้นหาสิทธิบัตรที่ได้พัฒนาขึ้น ร่วมกับ Google Patents ซึ่งสามารถช่วยสืบค้นฐานข้อมูลสิทธิบัตรจากหลายฐาน ประกอบด้วย การจดทรัพย์สินทางปัญญาของไทย (DIP) องค์การทรัพย์สินทางปัญญาแห่งโลก (WIPO) และฐานข้อมูลสิทธิบัตร Patent Lens แสดงได้ดังรูปที่ 4



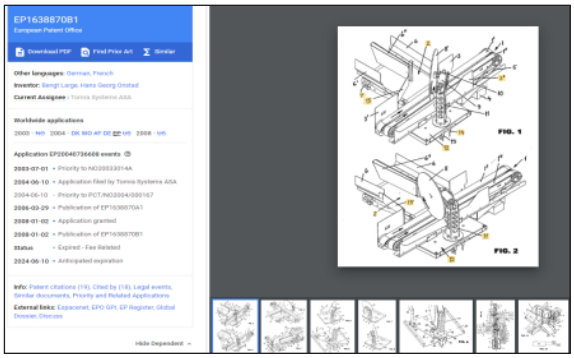
รูปที่ 4 เว็บไซต์สืบค้นฐานข้อมูลสิทธิบัตร เครื่อง RVM

โดยตัวอย่างผลที่ได้จากการสืบค้นจะนำไปสร้างแนวคิดในการออกแบบส่วนต่างๆ เช่น ชุดคัดแยกบรรจุภัณฑ์ (Sorting) ที่ได้แนวคิดจากการสืบค้นสิทธิบัตร European Patent No. EP 1 638 870 B1 ซึ่งเป็นการออกแบบอุปกรณ์สำหรับกำหนดทิศทางของบรรจุภัณฑ์ในการคัดแยกออกจากสายพานลำเลียงไปยังส่วนจัดเก็บ ดังแสดงในรูปที่ 5

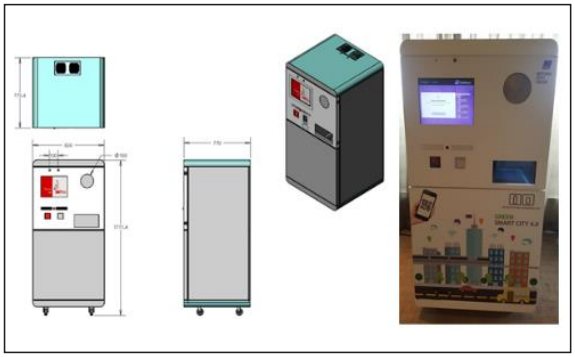
3.7 ผลการออกแบบเครื่อง RVM ต้นแบบ

การพัฒนาเครื่อง RVM ต้นแบบจะนำความต้องการผู้ใช้ผลิตภัณฑ์ จากบ้านคุณภาพ (HOQ) เฟส 2 มาเป็นประเด็นหลักในการออกแบบ และใช้การแนวคิดการออกแบบจากการสืบค้นฐานข้อมูลสิทธิบัตร ประกอบด้วย การพัฒนาชุดบีบอัดบรรจุภัณฑ์ การออกแบบโครงสร้างภายนอก การพัฒนาชุดประมวลผล การพัฒนาชุดคัดแยกบรรจุภัณฑ์ และการสร้างชุดโปรแกรมติดต่อกับผู้ใช้ ดังแสดงในตารางที่ 2

แนวคิดที่ได้นำมาออกแบบพัฒนาเป็น RVM ต้นแบบ การรวบรวมแนวคิดด้วยการสืบค้นสิทธิบัตรจากฐาน Google



รูปที่ 5 ผลการสืบค้นสิทธิบัตรเพื่อสร้างแนวคิดในการออกแบบชุดคัดแยกบรรจุภัณฑ์



รูปที่ 6 เครื่อง RVM ต้นแบบ

Patents ร่วมกับ Search Patent System สามารถออกแบบและพัฒนาต้นแบบ ได้ดังแสดงในรูปที่ 6

3.8 ผลการศึกษาความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์

การวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์ พบว่าเครื่อง RVM ประมาณการราคาจำหน่าย 425,000 บาทต่อเครื่อง สามารถสร้างผลตอบแทนได้ประมาณ 10,455 บาทต่อเดือน มีระยะเวลาการคืนทุน 3.4 ปี [สมการที่ (12)] ภายใต้สมมุติฐานการมีรายรับรายจ่ายคงที่เท่ากันทุกปี ดังแสดงในตารางที่ 3

$$PB = \frac{425,000}{125,460} = 3.38 \simeq 3.4 \text{ ปี} \qquad (12)$$

ตารางที่ 2 ตัวอย่างการสืบค้นฐานข้อมูลสิทธิบัตร

ประเด็น	ตัวอย่างการสืบค้นฐานข้อมูล	แนวทางการออกแบบ
โครงสร้างภายนอก	USD753227S1 (United States) US20050246225A1 (United States) US7754990B2 (United States) PCT/NO2003/000234 WO/2007/100257	จะทำการออกแบบโดยใช้วัสดุโลหะแผ่นบาง น้ำหนักเบา มีลวดลายสีสันทันสมัย มีช่องใส่บรรจุภัณฑ์สำหรับทำการคัดแยก ออกแบบให้โครงสร้างมีขนาดเล็กกว่าเครื่องหยอดเหรียญสะดวกในการติดตั้งในพื้นที่เดียวกัน
ชุดบีบอัด	US20120173014A1 (US Patent) JP3062860U (Japan) US5361913A (US Patent) US5076505A (US Patent) US3104607A (US Patent)	การออกแบบชุดบีบอัดเครื่อง RVM จะใช้วัสดุอัลลอยที่มีความแข็งแรงและน้ำหนักเบาโดยเลือกใช้อะลูมิเนียม อัลลอย และใช้ระบบไฟฟ้ากระแสตรง (DC)
ชุดประมวลผลโปรแกรมการใช้งาน	DE102010040177A1 (Germany) US20130073407A1 (United States) US5887696A (United States)	การออกแบบชุดประมวลผลมีการเขียนโปรแกรมใช้คอมพิวเตอร์ขนาดเล็ก หน้าจอขนาด 15.6 นิ้ว Touch Frame สามารถรับการเชื่อมต่อด้วยอินเทอร์เน็ต
ชุดคัดแยกบรรจุภัณฑ์	EP1235191A1 (European Patent) US7754990B2 (United States) WO2017174820A1 WIPO (PCT) EP1699020A1 (European Patent) US5361913A (United States) EP 1638870B1 (European Patent)	ชุดคัดแยกบรรจุภัณฑ์ การออกแบบชุดคัดแยกบรรจุภัณฑ์ ใช้ชุด Scanner Barcode แบบสายพานวัสดุอัลลอยที่มีความแข็งแรงและน้ำหนักเบา สามารถแยกบรรจุภัณฑ์ได้ 2 ชนิด แบบขวดพลาสติกและอะลูมิเนียม
ชุดโปรแกรมติดต่อกับผู้ใช้งานและฐานข้อมูล	EP1752935A1 (European Patent) US5445295A (United States) WO2006096070A1 (WIPO (PCT) EP3265945A1 (European Patent)	ทำการออกแบบชุดโปรแกรมและ Mobile Application เช่น มีระบบสมัครสมาชิก มีระบบจัดเก็บฐานข้อมูล รายงานทางสถิติของผู้ใช้งานบรรจุภัณฑ์ที่รับได้ ระยะเวลาใช้งาน

ตารางที่ 3 ความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์

รายได้และการคืนทุน	ขวดพลาสติกใส	กระป๋องอะลูมิเนียม
ขนาดถังบรรจุ	800 ขวด	1,000 กระป๋อง
	16 กิโลกรัม	15 กิโลกรัม
จำนวนบรรจุภัณฑ์ที่มีผู้ใช้บริการเพื่อรีไซเคิล	750 ขวด	500 กระป๋อง
	น้ำหนักเฉลี่ยต่อชิ้น	
	ขวด 500 cc	กระป๋อง 325 cc
	20 กรัมต่อขวด	15 กรัมต่อกระป๋อง
	ประมาณการจำนวนน้ำหนักที่รับต่อวัน (กิโลกรัม)	
	16	15
ราคาส่วนต่าง ระหว่างราคาขายและราคารับซื้อ (บาท)	ราคาตั้งรับซื้อหน้าเครื่อง	
	6 บาทต่อกิโลกรัม	11 บาทต่อกิโลกรัม
	ราคาขายต่อผู้รับซื้อของเก่า	
	15 บาทต่อกิโลกรัม	40 บาทต่อกิโลกรัม
ส่วนต่างคงเหลือค่าวัตถุดิบรีไซเคิล	9 บาทต่อกิโลกรัม (15–6)	29 บาทต่อกิโลกรัม (40–11)
รายรับต่อวัน (บาท)	135.00	217.50
รายรับต่อเดือน (บาท)	(135x30) = 4,050	(217.5x30) = 6,525
รายรับต่อเดือน	**(4,050+ 6,525) = 10,575 บาท**	
ค่าไฟต่อเดือน	80 บาท	
ค่าอินเทอร์เน็ต	เชื่อมต่อกับ Wi-Fi สถานที่	
ค่าถุงบรรจุต่อเดือน	40 บาท	
รายจ่ายต่อเดือน	**(80+40) = 120 บาท (ไม่รวมค่าขนส่ง)**	
รายได้สุทธิ	(10,575-120) = 10,455 บาท x 12 เดือน **= 125,460 บาท/ปี**	
ราคาจำหน่าย	**425,000 บาท/เครื่อง**	
ระยะเวลาคืนทุน	(425,000/125,450) = 3.38 หรือ **3.4 ปี**	

3.9 ผลการทดสอบการใช้งานกับกลุ่มตัวอย่าง

การสำรวจเสียงเรียกร้องของผู้ใช้งานเครื่อง RVM ต้นแบบ ได้ทำการทดสอบการใช้งานกับกลุ่มตัวอย่างโดยคำนวณขนาดตัวอย่างในการทดสอบน้อยสุดที่ยอมรับได้จำนวน 385 ตัวอย่าง ดังสมการที่ (13) ที่ความชื่อมั่น 95% ความคลาดเคลื่อนไม่เกิน 5% ดังสมการที่ (4)

$$n = \frac{(1.96)^2\ (0.5)(0.5)}{(0.05)^2} = 385 \text{ ตัวอย่าง} \qquad (13)$$

ทั้งนี้ ในการทดสอบความพึงพอใจในสถานที่ 5 แห่ง

รูปที่ 7 การสำรวจเสียงเรียกร้องของผู้ใช้งานเครื่อง RVM ต้นแบบ

แห่งละ 200 คน รวมจำนวน 1,000 คน ประกอบด้วย ศูนย์การค้า โรงเรียนระดับประถม โรงเรียนระดับมัธยม มหาวิทยาลัย ศูนย์กีฬาของราชการ โดยใช้เกณฑ์ประเมินความพึงพอใจแบ่งเป็น 5 ระดับ (Rating Scale) [29] ดังนี้

4.50–5.00 หมายถึง มีความพึงพอใจมากที่สุด
3.50–4.49 หมายถึง มีความพึงพอใจมาก
2.50–3.49 หมายถึง มีความพึงพอใจปานกลาง
1.50–2.49 หมายถึง มีความพึงพอใจน้อย
1.00–1.49 หมายถึง มีความพึงพอใจน้อยที่สุด

โดยกำหนดเกณฑ์การแปลผลของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ดังนี้

มากกว่า 1.75 มีความแตกต่างมาก
1.25–1.75 มีความแตกต่างกันค่อนข้างมาก และน้อยกว่า 1.25 มีความแตกต่างน้อยหรือใกล้เคียงกัน [30] การสำรวจเสียงเรียกร้องผู้ใช้งานเครื่อง RVM ดังแสดงในรูปที่ 7

3.10 ผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจการใช้งานเครื่อง RVM

จากข้อ 3.9 สามารถสรุปภาพรวมการวิเคราะห์ความพึงพอใจของผู้ใชงานเครื่องในประเด็นหลักคือ (ค่าลำดับคะแนนน้อยไปมาก 1–5) ค่าความพึงพอใจเฉลี่ย (Mean) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานระดับสเกล แสดงดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 การวิเคราะห์และสรุปผลความพึงพอใจ

หัวข้อ	Mean	S.D.	Rating Scale
ความพึงพอใจต่อประสิทธิภาพ (Performance)	4.145	0.849	มาก
ความพึงพอใจต่อความสวยงาม (Aesthetics)	4.219	0.719	มาก
ความพึงพอใจด้านเศรษฐศาสตร์ (Economics)	4.485	0.962	มาก
ความพึงพอใจต่อความปลอดภัย (Safety)	4.171	0.815	มาก
ความพึงพอใจในการใช้งาน (Satisfaction)	4.219	0.685	มาก

รูปที่ 8 การพัฒนาต่อยอด RVM เชิงพาณิชย์

จากระดับคะแนนความพึงพอใจต่อประสิทธิภาพ (Performance) ความพึงพอใจต่อความสวยงาม (Aesthetics) ความพึงพอใจด้านเศรษฐศาสตร์ (Economics) ความพึงพอใจต่อความปลอดภัย (Safety) และความพึงพอใจในการใช้งาน (Satisfaction) อยู่ในระดับมากทุกด้าน คือ มีค่าความพึงพอใจเฉลี่ยมีค่าอยู่ระหว่าง 4.14–4.48 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ระหว่าง 0.68–0.96 ซึ่งน้อยกว่า 1.25 แสดงว่าทุกด้านมีความพึงพอใจใกล้เคียงกัน ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้ได้รับความสนใจจากภาคอุตสาหกรรมหลายแห่ง ในการนำไปแสดงและสั่งผลิตต้นแบบต่อยอดในเชิงพาณิชย์ เช่น ห้างสรรพสินค้าหมู่บ้านจัดสรร

จากรูปที่ 8 สามารถอธิบายขั้นตอนการใช้งานได้ ดังนี้

1) ใส่บรรจุภัณฑ์เข้าในช่องรับฝาก

2) เข้าสู่ Menu หน้าจอหลัก หน้าจอหลักจะแสดงวันที่และเวลาปัจจุบัน

3) มี Menu ให้เลือกบริจาค หรือเข้าสู่ระบบสมาชิกโดยใช้หมายเลขโทรศัพท์มือถือ

4) กรณีการบริจาค และระบบสมาชิก เมื่อใส่บรรจุภัณฑ์ในช่องรับฝาก เครื่องจะอ่านรหัสสินค้าจากบาร์โค้ดด้วยการหมุนขวดหรือกระป๋องที่อยู่ในช่องรับฝากโดยอัตโนมัติ เมื่ออ่านรหัสสินค้าได้แล้ว เครื่องจะทำการตรวจสอบน้ำหนักของบรรจุภัณฑ์ เพื่อตรวจสอบว่าบรรจุภัณฑ์ ผู้ใช้งานสามารถใส่บรรจุภัณฑ์ได้อย่างต่อเนื่อง สังเกตได้จากไฟสัญลักษณ์ที่ติดอยู่ที่ช่องรับฝาก หากเป็นสีแดงแสดงว่าระบบกำลังทำงานอยู่ ไม่พร้อมรับบรรจุภัณฑ์ใหม่ หากเป็นสีเขียวสามารถใส่บรรจุภัณฑ์ได้ทันที

5) เมื่อเข้าสู่ระบบสมาชิก ผู้ใช้งานสามารถตรวจสอบคะแนนสะสมของตนเองได้แบบ Real-time และตรวจสอบสิทธิพิเศษเพื่อลุ้นของรางวัลต่างๆ หรือการบริจาคให้กับหน่วยงานต่างๆ ที่เข้าร่วมโครงการ (สิทธิพิเศษและการบริจาคให้หน่วยงาน จะดำเนินการในระยะต่อไป)

6) เมื่อสิ้นสุดการทำรายการให้กดปุ่ม Exit ที่หน้าจอเพื่อจบการทำงาน

4. อภิปรายผลและสรุป

จากการศึกษาวิจัยแนวทางออกแบบและพัฒนาเครื่อง RVM ให้มีคุณลักษณะที่ตรงต่อความต้องการของผู้ใช้งาน และผลการสำรวจเสียงเรียกร้องของผู้ใช้งานเครื่อง RVM ต้นแบบ ด้วยการประยุกต์ใช้ QFD พบว่า สามารถวิเคราะห์ความต้องการลูกค้าเชื่อมโยงไปยังชิ้นส่วนในการปรับปรุงได้ โดยผลการวิเคราะห์สำหรับกรณีศึกษาพบว่า การวิเคราะห์ชิ้นส่วนเครื่อง RVM ตามความต้องการของผู้ใช้งานได้ค่าน้ำหนักความสำคัญ 5 อันดับแรก คือชุดประมวลผล (12.18) ชุดบีบอัดบรรจุภัณฑ์ (10.52) ชุดตรวจสอบประเภทบรรจุภัณฑ์ (10.48) ชุดโปรแกรมประมวลผลฐานข้อมูล (9.15) และโครงสร้างภายนอกของเครื่อง (8.79) จึงนำผลที่ได้ไปทำการสืบค้นฐานข้อมูลสิทธิบัตร เพื่อหาแนวทางในการออกแบบที่เหมาะสมพบว่า การออกแบบชุดประมวลผลควรใช้คอมพิวเตอร์ขนาดเล็ก หน้าจอแบบสัมผัส เชื่อมต่อด้วยอินเทอร์เน็ต ชุดบีบอัดบรรจุภัณฑ์เป็นวัสดุอัลลอยที่มีความแข็งแรงและน้ำหนักเบา ควบคุมด้วยระบบไฟฟ้ากระแสตรง มีชุดตรวจสอบประเภทบรรจุภัณฑ์บาร์โค้ดสแกนเนอร์ (Barcode Scanner) มีสายพานลำเลียงเป็นวัสดุอัลลอยที่มีความแข็งแรง และน้ำหนักเบา มีชุดประมวลผลฐานข้อมูลและโครงสร้างภายนอกของเครื่องเป็นวัสดุโลหะแผ่นบางน้ำหนักเบามีลวดลายสีสันทันสมัย

ซึ่งผลที่ได้จากการพัฒนาต้นแบบจากการประยุกต์ใช้เทคนิคการแปลงคุณภาพหน้าที่ (QFD) และการสืบค้นฐานข้อมูลสิทธิบัตรพบว่า จากการทดสอบต้นแบบกับกลุ่มตัวอย่าง มีระดับความพึงพอใจทุกด้านอยู่ในระดับมาก คือมีค่าความพึงพอใจเฉลี่ยระหว่าง 4.14–4.48 คะแนน มีส่วน

เบี่ยงเบนมาตรฐานระหว่าง 0.68–0.96 ซึ่งน้อยกว่า 1.25 แสดงว่าผู้ใช้งานมีความพึงพอใจทุกด้านใกล้เคียงกัน คือ ระดับมาก และมีระยะเวลาการคืนทุนระยะสั้น (3.4 ปี) ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้ตรงตามความต้องการของผู้ใช้งาน จนได้รับความสนใจจากภาคอุตสาหกรรมนำไปจัดแสดง และสั่งผลิตเพื่อต่อยอดการใช้งานในเชิงพาณิชย์

สำหรับการศึกษาวิจัยต่อยอดเครื่อง RVM ในอนาคต พบว่า เทคโนโลยี RVM ยังมีข้อจำกัดด้านมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เนื่องจากปัจจุบันประเทศไทยยังไม่มีมาตรฐานคุณภาพผลิตภัณฑ์นี้อย่างเป็นรูปธรรม เช่น ในผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าอื่นๆ และมีแนวโน้มการพัฒนา RVM ร่วมกับระบบคลาวด์ (Cloud-based Tool) หรือโปรแกรมประยุกต์สำหรับอุปกรณ์เคลื่อนที่ (Mobile Application) มากขึ้น เช่น ระบบค้นหาตำแหน่ง RVM ระบบการสะสมคะแนนเพื่อแลกสินค้า รวมถึงการใช้งานระบบคัดแยกด้วย AI Imaging Processing ซึ่งเป็นแนวโน้มในการวิจัยต่อยอด RVM ด้วยเทคโนโลยีดิจิทัลบนพื้นฐานแนวคิดเศรษฐกิจหมุนเวียนมากยิ่งขึ้นต่อไปในอนาคต

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ขอขอบคุณหน่วยงานภาครัฐและเอกชนที่เกี่ยวข้องที่ให้การอนุเคราะห์พื้นที่และกลุ่มตัวอย่างในการศึกษาวิจัย

เอกสารอ้างอิง

[1] E. Kristoffersen, F. Blomsma, Mikalef, and J. P. Li, "The smart circular economy: A digital-enabled circular strategies framework for manufacturing companies," *Journal of Business Research*, vol. 120, pp. 241–261, 2020.

[2] E. M. Arthur. (2017, July). Circulareconomy. [Online]. Available: https://www.unido.org/sites/default/files/2017-07/Circular Economy UNIDO _0.pdf and Cities in the Circular Economy: an initial exploration

[3] United Nations Industrial Development Organization. (2015). Annual Report 2015. [Online]. Available: https://www.unido.org/resources/publications/flagship-publications/annual-report/annual-report-2015

[4] E. Kansmacker. (2019, January). Industry Overview of Reverse Vending Machine Market. [Online]. https://trendingmarketsreports.wordpress.com/

[5] R. Tiyarattanachai, I. Kongsawatvoragul, and I. Anantavrasilp, "Reverse vending machine and its impacts on quantity and quality of recycled pet bottles in Thailand," *KMITL Science and Technology Journal*, vol. 15, no. 1, pp. 24–33, 2015 (in Thai).

[6] E. Watanyulertsakul, V. Sinchangreed, and S. On-rit, "A prototype of reverse vending machine for garbage bank project," *TNI Journal of Engineering and Technology*, vol. 7, no. 1, pp. 7–14, 2019 (in Thai).

[7] P.-A. Verhaegen, J. D'hondt, J. Vertommen, S. Dewulf, and J. R. Duflou, "Searching for similar products through patent analysis," *Procedia Engineering*, vol. 9, pp. 431–441, 2011.

[8] K. Ou Yang and C. S. Weng, "A new comprehensive patent analysis approach for new product design in mechanical engineering," *Technological Forecasting and Social Change*, vol. 78, no. 7, pp. 1183–1199, 2011.

[9] E. M. Jones and S. W. Vance, "Vending machine," U.S. Patent No. 409 808, Nov. 3, 1925.

[10] E. Kansmacker. (2019, January). *Industry Overview of Reverse Vending Machine Market*. [Online]. Available: https://trendingmarketsreports.

wordpress.com/

[11] A. Gaur, D. Mathuria, and R. Priyadarshini, "A simple approach to design reverse vending machine," *International Journal of Electronics, Electrical and Computational System*, vol. 7, no. 3, pp. 110–119, 2018.

[12] V. Sinchangreed, S. On-rit, and E. Watanyulertsakul, "Behavior analysis and information system requirement and database for buying data storage of beverage can and plastic bottle," *NKRAFA Journal of Science and Technology*, vol. 15, pp. 88–98, 2019 (in Thai).

[13] L. K. Chan and M. L. Wu, "Quality function deployment: A literature review," *European Journal of Operational Research*, vol. 143, pp. 463–497, 2002.

[14] P. Akkawuttiwanich and P. Yenradee, "Fuzzy QFD approach for managing SCOR performance indicators," *Computers & Industrial Engineering*, vol. 122, pp. 189–201, 2018.

[15] R. Wolniak. (2017). The History of the QFD Method. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej. [Online]. Available: http://www-arch.polsl.pl/wydzialy/ROZ/ZN/Documents/z%20100/Wolniak%201.pdf

[16] T. Yamane, *Statistics: An Introductory Analysis*, 3rd ed., New York: Harper and Row Publications, 1973.

[17] D. Israel, "Determining sample size," *Institute of Food and Agricultural Sciences (IFAS)*, vol. PEOD-6, pp. 1–5, 1992.

[18] S. Bootte, "Feasibility analysis of the investment on the cutting tool factory xepansion," M.S. thesis, Faculty of Business Administration, RMUTT, 2012 (in Thai).

[19] N. Meemongkol, P. Junsong, and W. Santiamorntut, "Application of quality function deployment technique for searching of device characteristic and design of health care monitoring device," *KKU Research Journal*, vol. 17, no. 4, pp. 515–527, 2012 (in Thai).

[20] L. Moldovan, "QFD employment for a new product design in a mineral water company," *Procedia Technology*, vol. 12, pp. 462–468, 2014.

[21] A. C. Lonica and M. Leba, "QFD integrated in new product development - Biometric identification system case study," *Procedia Economics and Finance*, vol. 23, pp. 986–991, 2015.

[22] L. Fonseca, J. Fernandes, and C. Delgado. "QFD as a tool to improve negotiation process, product quality, and market success, in an automotive industry battery components supplier," *Procedia Manufacturing*, vol. 51, no. 3, pp. 1403–1409, 2020.

[23] R. Sinthavalai, P. Boonchu, and S. Polmai, "An application of housw of quality (HOQ) in improving a package of medical equipment," *The Journal of KMUTNB*, vol. 26, no. 3, pp. 437–450, 2016 (in Thai).

[24] K. Kulnawin, P. Longpradit, C. Charoenporn, and P. Bhattarakosol, "Application of QFD technique for determining specifications and design of a prototype system for crop yield prediction," *The Journal of KMUTNB*, vol. 24, no. 3, pp. 512–525, 2014 (in Thai).

[25] P. Livotov, "Using patent information for identification of new product features with high market potential," *Procedia Engineering*, vol. 131, pp. 1157–1164, 2015.

[26] B. Song, V. Srinivasan, and J. Luo, "Patent stimuli search and its influence on ideation outcomes," *Design Science*, vol. 3, pp. 1–25, 2017.

[27] S. N. Clark, "The basics of patent searching," World Patent Information 54, S4-S10, 2018.

[28] B. L. Genin and D. S. Zolkin, "Sorter device," European Patent Specification EP1638870B1, Feb.01, 2008.

[29] A. Feangthee, P. Mankeb, and S. Suwanmaneepong, "The financial feasibility analysis of rice transplanting machine business service in Uttaradit Province," *King Mongkut's Agricultural Journal*, vol. 37, no. 3, pp. 559–569, 2018.

[30] B. Panthai, *Project Evaluation*. Bangkok: Ramkhamhaeng University, 2011, pp. 60–108.