การพัฒนาเครื่องจับยึดและพลิกคัมภีร์ใบลานอัตโนมัติสำหรับการถ่ายภาพดิจิทัล

กิตติภัฎ รัตนจันทร์[1], สุนทร สิทธิสกุลเจริญ[2], ศรายุทธ เงินทอง[3,*], วัชระ ลายลักษณ์[4]
ณรงค์เดช พัฒนไพบูลย์[5], พระสุธีรัตนบัณฑิต[6], พระมหาเสรีชน พันธ์ประโคน[7]
[1,2,3,4,5] วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
[6,7] สถาบันวิจัยพุทธศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาจุฬาลงกรณราชวิทยาลัย

Received: 4 June 2020
Revised: 17 March 2021
Accepted: 4 June 2021

บทคัดย่อ

คัมภีร์ใบลานเอกสารโบราณสำคัญชนิดหนึ่ง วัสดุที่ใช้ในการผลิตมีความคงทนกว่ากระดาษ ที่จัดอยู่ในประเภทที่มีเซลลูโลสเป็นองค์ประกอบ แต่มีโอกาสเกิดการชำรุดเสียหายได้ การอนุรักษ์เอกสารประเภทใบลานจึงเป็นการเก็บรักษาข้อมูลสำคัญที่เป็นภูมิปัญญาท้องถิ่นให้คงอยู่ตลอดไป การจัดเก็บข้อมูลประวัติศาสตร์เหล่านั้นสามารถทำได้โดยการจัดเก็บให้อยู่ในรูปของภาพถ่ายดิจิทัล ดังนั้นคณะวิจัยได้นำข้อมูลในด้านต่างๆ เข้าสู่กระบวนการออกแบบโดยมีการศึกษาข้อมูลและรวบรวมข้อมูล กำหนดขั้นตอนในการทำงานของเครื่อง กำหนดขอบเขตของเครื่องจักร และการเลือกใช้กลไกการทำงานต่างๆ จากการดำเนินการต่างๆ แล้วจึงได้การทำงานของเครื่องจักรดังนี้คือ มีชุดรองรับคัมภีร์ที่ถูกคัดแยกแล้วจะเคลื่อนที่ขึ้นด้านบนจนชนหัวชุดดูดแผ่นคัมภีร์ใบลาน หลังจากนั้นหัวดูดจะดูดแผ่นคัมภีร์แผ่นบน ชุดรองรับกองแผ่นคัมภีร์จะเลื่อนลง ชุดหัวดูดจะเลื่อนแผ่นคัมภีร์สู่ฐานรองรับเพื่อถ่ายภาพ หลังจากนั้นแผ่นใบลานจะถูกวางลงบนพื้นชุดรองรับ และถูกชุดกดแผ่นคัมภีร์ใบลาน กดให้แนบกับพื้นเพื่อให้ปราศจากแสงเงาด้านล่าง หลังจากนั้นกล้องถ่ายภาพจะบันทึกภาพเมื่อบันทึกแล้ว แผ่นคัมภีร์จะถูกทิ้งตัวลงสู่กล่องรวบรวมด้วยกลไก จากการออกแบบเรียบร้อยแล้วจึงสร้างและทำการทดลองใช้งานเครื่อง พบว่า การทดลองของเครื่องจับยึดและพลิกคัมภีร์ใบลานอัตโนมัติสำหรับการถ่ายภาพดิจิทัลนั้น กลไกการทำงานที่ออกแบบไว้สามารถทำงานได้ตามวัตถุประสงค์ และการถ่ายภาพแต่ละแผ่นใช้เวลาเท่ากับ 30.1 วินาที และภาพมีความชัดเจนเป็นที่น่าพอใจ

คำสำคัญ: คัมภีร์ใบลาน การถ่ายภาพดิจิทัล การอนุรักษ์ เครื่องจับยึดและพลิก

[*] ผู้ประสานงานหลัก; อีเมล; sarayut.n@cit.kmutnb.ac.th

The Development of the Automatic Gripper for Palm Leaf Manuscripts for Digital Photography

Kittiphat Ratanachan[1], Sunthorn Sittisakuljaroen[2], Sarayut Ngerntong[3,*], Vatchara Laylak[4] Narongdet Pattanaphiboon[5], Phra Sutheerattanabundit[6], Phramaha Serichon Phanprakhon[7]

[1,2,3,4,5]College of Industrial Technology, King Mongkut's of Technology North Bangkok

[6,7]Buddhist Research Institute, Mahachulalongkornrajavidyalaya University

Received: 4 June 2020
Revised: 17 March 2021
Accepted: 4 June 2021

Abstract

The palm leaf scripture is an important document. The materials used in production are more durable than paper which contains cellulose as an element. However, there is a chance of the scripture being damaged. Therefore, conservation of the palm leaf scripture is the preservation of important information that is the local wisdom so that it will last forever. Storing those historical data can be done by storing them in the form of digital photos. So, the research team has taken the information in various aspects to enter the design process by studying and collecting the data, setting the machine's working procedures, determining the scope of the machine, and selecting various working mechanisms from various operations. Consequently, the machine has been operated as follows: There is a scripture support set for classified scripture that will move upwards until it hits the head. After that, the suction nozzle will suck on the top sheet of scripture. The set supports the stack of scripture sheets to scroll down. The suction nozzle will move the scripture pad to the support base for photographing. After that, the palm leaf sheet will be placed on support, the first support unit is pressed against the ground to avoid the shadows below. After that, the camera will record the image of the scripture. After the recording, the scripture plates will be dropped into a collection box by mechanism. After the design was complete, the researcher team created and tested the machine. It was found that in the experimental operation of the automatic grips and grinders for digital photography, the designed working mechanism could be operated as intended, and the digital photography of each sheet took 30.1 seconds and the image was clear and satisfactory

Keywords: Palm Leaf Manuscript, Digital Photography, Conservation, Automatic Grip and Grinder

[*] Corresponding Author; E-mail; sarayut.n@cit.kmutnb.ac.th

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในขณะที่เทคโนโลยีมีการพัฒนาอย่างก้าวกระโดด การเติบโตเกิดขึ้นจากรากฐานทางวัฒนธรรมในอดีตที่มั่นคง ความรู้พื้นฐานต่างๆ ได้ถูกเรียบเรียงเก็บไว้ในรูปของเอกสารโบราณ เอกสารเหล่านี้จึงเป็นเหมือนกระจกเงาที่สะท้อนให้เห็นภาพของอารยธรรม วัฒนธรรม จริยธรรม จารีตประเพณี และคุณธรรมของบรรพชนได้เป็นอย่างดี เอกสารโบราณแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภท ได้แก่ จารึก หนังสือสมุดไทย และหนังสือคัมภีร์ใบลาน ดังนั้นเอกสารใบลาน จึงเป็นเอกสารโบราณชนิดหนึ่งที่ปรากฏอยู่ในลักษณะของคัมภีร์ใบลาน แม้ใบลานเป็นวัสดุที่มีความคงทนกว่ากระดาษ ที่จัดอยู่ในประเภทที่มีเซลลูโลสเป็นองค์ประกอบ แต่มีโอกาสเกิดการชำรุดเสียหายได้ ขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมของการเก็บรักษา การอนุรักษ์เอกสารประเภทใบลานจึงเป็นการเก็บรักษาเอกสารใบลานที่เป็นภูมิปัญญาท้องถิ่นให้คงอยู่ตลอดไป ซึ่งมีวิธีการดังนี้ การสำรวจและรวบรวมเอกสารใบลานในท้องถิ่น ทำบัญชีรายการและเก็บรักษาไว้ การทำเอกสารสำรองไว้ถ้าจำเป็นโดยการถ่ายภาพดิจิทัล หรือถ่ายด้วยไมโครฟิล์ม ซึ่งในมุมมองของเอกสารถือว่าได้ทำการอนุรักษ์เอกสารไว้และสามารถให้การบริการได้โดยต้นฉบับสามารถเก็บรักษาไว้ เป็นการป้องกันเอกสารต้นฉบับมิให้ชำรุด และการอนุรักษ์โดยวิธีทางวิทยาศาสตร์ กระบวนการถ่ายภาพดิจิทัลเป็นการอนุรักษ์ข้อมูลประวัติศาสตร์ไว้เป็นอย่างดี แต่เนื่องด้วยคัมภีร์ใบลานที่มีอยู่เป็นจำนวนมาก ทำให้การเก็บรวบรวมข้อมูลในรูปของภาพถ่ายดิจิทัลต้องให้เวลาประมาณ 5 นาทีต่อภาพ 1ภาพ และส่งผลต่อความเสียหายของคัมภีร์ใบลานจำนวนมากที่รอการเก็บรวบรวมข้อมูล งานวิจัยนี้คณะวิจัยได้นำปัญหาจากการเก็บข้อมูลคัมภีร์ใบลานในรูปแบบไฟล์ดิจิทัลซึ่งใช้เวลาในการดำเนินการนาน ต้องใช้คนดำเนินการต่อเนื่อง โดยจัดสร้างเครื่องจับยึดและพลิกคัมภีร์ใบลานอัตโนมัติสำหรับการถ่ายภาพดิจิทัลเพื่ออนุรักษ์คัมภีร์ธรรมทางพระพุทธศาสนา เครื่องดังกล่าวถูกออกแบบให้สามารถลำเลียงใบลานเข้าเพื่อจัดวางคัมภีร์ใบลาน ลำเลียงใบลานออก และถ่ายภาพดิจิทัลได้แบบต่อเนื่องโดยใช้คนดำเนินการน้อยที่สุดขณะเดียวกันเครื่องยังถูกออกแบบให้ลดระยะเวลาในการดำเนินงานถ่ายภาพ ส่งผลให้การจัดเก็บรวบรวมภาพถ่ายดิจิทัลของคัมภีร์ใบลานในแต่ละมัดทำได้รวดเร็วขึ้น

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อออกแบบและพัฒนาเครื่องจับยึดและพลิกคัมภีร์ใบลานอัตโนมัติสำหรับการถ่ายภาพดิจิทัล
2. เพื่อทดลองใช้เครื่องจับยึดและพลิกคัมภีร์ใบลานอัตโนมัติสำหรับการถ่ายภาพดิจิทัล

วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับคัมภีร์ใบลานและเทคโนโลยีของการจัดเก็บข้อมูลเอกสารคัมภีร์ใบลาน

คณะวิจัยได้เข้ารวบรวมข้อมูลจากศูนย์อนุรักษ์คัมภีร์ใบลาน ซึ่งข้อมูลดังกล่าวถูกนำมาใช้สำหรับเป็นข้อมูลในโครงการการออกแบบเครื่องจับยึดและพลิกคัมภีร์ใบลานอัตโนมัติสำหรับการถ่ายภาพดิจิทัลเพื่ออนุรักษ์คัมภีร์ธรรมทางพระพุทธศาสนา ซึ่งคำภีร์ใบลานมีลักษณะเฉพาะโดยที่ใช้พืชเป็นวัสดุในการบันทึก ได้แก่ ใบลาน อีกทั้งยังมีกรรมวิธีการบันทึก ได้แก่ การจารด้วยเหล็กแหลม การชุบด้วยหมึก และการห่อด้วยผ้า รวมถึงการประดับตกแต่งคัมภีร์ใบลานด้วยวัสดุต่างๆ ที่วิจิตรงดงามตามที่แสดงดังภาพที่ 1 (Phra Akhdetchanayot, 2015) การอนุรักษ์เอกสารประเภทใบลานจึงเป็นการเก็บรักษาเอกสารใบลานที่เป็นภูมิปัญญาท้องถิ่นให้คงอยู่ตลอดไปซึ่งมีวิธีการ เช่น การถ่ายภาพดิจิทัล หรือถ่ายด้วยไมโครฟิล์ม จากการศึกษาขนาดคัมภีร์ใบลานพบว่าคัมภีร์ใบลานมีขนาดแตกต่างกัน

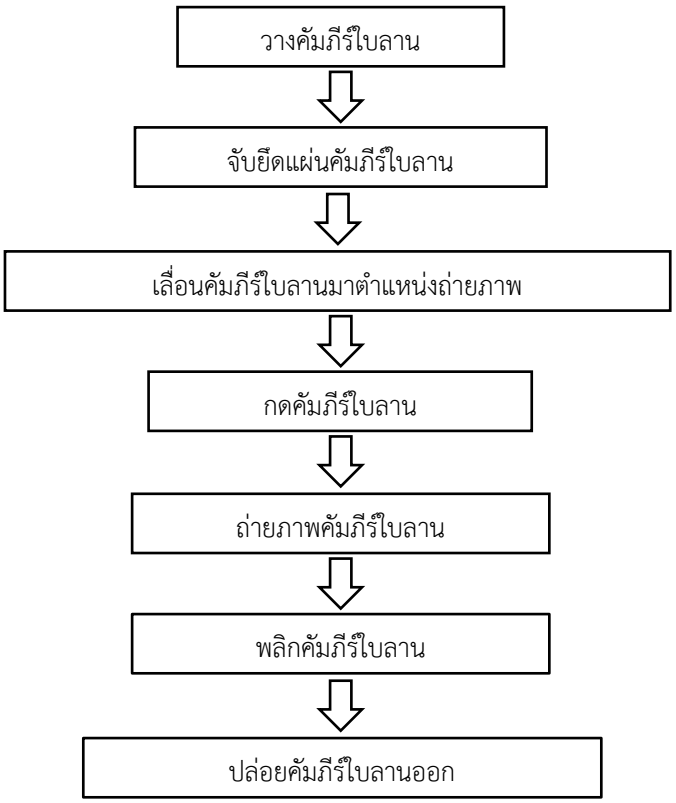
ดังนั้นขนาดของคัมภีร์ใบลานที่มีขนาดมากที่สุดจะถูกนำมากำหนดขอบเขตในการสร้างเครื่องจับยึดและพลิกคัมภีร์ใบลานอัตโนมัติสำหรับการถ่ายภาพดิจิทัล ขนาดของคัมภีร์ใบลานด้านต่างๆมีขนาดดังนี้ ความกว้าง 50 มม. ความยาว 580 มม. และความสูง 40 มม. ความหนาของคัมภีร์ใบลานมีขนาดใกล้เคียงกัน 0.5 มม.

ภาพที่ 1 คัมภีร์ใบลาน

การออกแบบเครื่องช่วยในการพลิกหนังสือเพื่อสแกนภาพดิจิทัลได้มีการออกแบบให้กลไกเครื่องช่วยพลิกเพื่อสแกนหนังสือที่สามารถทำงานได้อย่างรวดเร็วและมีความแม่นยำ (Watanabe et al., 2013) ในการออกแบบของเครื่องก่อนหน้านี้ได้ออกแบบกลไกการพลิกโดยใช้ลมเป่าหน้ากระดาษเพื่อพลิกเปิดหนังสือ (Priyanka Bhanudas Deshmukh, 2016) การสแกนภาพที่มีลักษณะ 3 มิติได้ออกแบบโดยใช้เทคนิคการสแกนภาพ 3 มิติที่สามารถทำงานได้ง่ายและรวดเร็วเซนเซอร์ที่ใช้ในการตรวจสอบจะสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพโดยเฉพาะการสแกนเอกสารที่เสียรูป บิดเบี้ยว ภาพจะถูกถ่ายจากกล้อง ภาพที่บิดเบี้ยวจะถูกจัดการให้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น (Nakashima et al., 2014) เครื่องจับยึดและพลิกคัมภีร์ใบลานอัตโนมัติสำหรับการถ่ายภาพดิจิทัลสามารถถ่ายภาพโดยใช้เวลาถ่ายภาพ 35 วินาที/ภาพ และภาพมีความชัดเจน (Ngerntong et al., 2018)

การออกแบบเครื่องจับยึดและพลิกคัมภีร์ใบลานอัตโนมัติสำหรับการถ่ายภาพดิจิทัล

ขั้นตอนในการออกแบบอย่างเป็นระบบ คือ การออกแบบเป็นกระบวนการที่เริ่มต้นจากการรับทราบข้อมูลหรือการรับทราบความคิดเห็นว่ามีอะไรบ้างที่เป็นความต้องการในด้านธุรกิจหรือมีความต้องการเครื่องจักรใหม่ๆ การศึกษาลักษณะเฉพาะต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์หรือสิ่งที่สนใจ เพื่อนำมาสังเคราะห์ให้เป็นความคิดสร้างสรรค์ในการออกแบบเบื้องต้น เพื่อทำการปรับปรุงและออกแบบอย่างละเอียดในการสร้างต้นแบบเพื่อการทดสอบและปรับปรุง (Ngerntong and Layluk., 2018) การออกแบบเครื่องจับยึดและพลิกคัมภีร์ใบลานอัตโนมัติสำหรับการถ่ายภาพดิจิทัลให้สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพจำเป็นต้องพิจารณาขั้นตอนการทำงานของเครื่องให้สามารถทำงานตอบสนองความต้องการได้ จากการศึกษาขนาดคัมภีร์ใบลานพบว่าคัมภีร์ใบลานมีขนาดแตกต่างกัน ดังนั้นจึงเลือกใช้ขนาดของคัมภีร์ใบลานที่มีขนาดใหญ่ที่สุดซึ่งมีมิติของขนาดคือ ความกว้าง 50 มม. ความยาว 580 มม. และความสูง 40 มม. โดยความหนาของคัมภีร์ใบลานในแต่ละใบมีขนาดใกล้เคียงกันเท่ากับ 0.5 มม. จากมิติของคัมภีร์ใบลานจึงได้กำหนดความสามารถของเครื่องจับยึดและพลิกคัมภีร์ใบลานสำหรับการถ่ายภาพดิจิทัลอัตโนมัติกำหนดให้ทำงานกับคัมภีร์ใบลานที่มีขนาดสูงสุด 68 x 662 x 50 มม. ขณะที่คัมภีร์ใบลานที่มีความสูงมากกว่านี้จะถูกแบ่งออกเป็นชุดแล้วถ่ายภาพเพื่อให้เครื่องจับยึดและพลิกคัมภีร์ใบลานสำหรับการถ่ายภาพดิจิทัลอัตโนมัติที่ถูกออกแบบให้มีความกระทัดรัด และมีขั้นตอนการทำงานดังแสดงดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 แผนภาพแสดงขั้นตอนการทำงานของเครื่องจับยึดและพลิกคัมภีร์ใบลานอัตโนมัติ สำหรับการถ่ายภาพดิจิทัล

ขอบเขตเครื่องจับยึดและพลิกคัมภีร์ใบลานสำหรับการถ่ายภาพดิจิทัล

เครื่องจับยึดและพลิกคัมภีร์ใบลานอัตโนมัติสำหรับการถ่ายภาพดิจิทัลสามารถทำงานได้ดังนี้ พื้นที่การถ่ายภาพขนาด กว้าง 68 มม. X ยาว 662 มม. มีความละเอียดของไฟล์ภาพถ่าย 24.2 ล้านพิกเซล มีอุปกรณ์จับยึดและสามารถพลิกหรือเปิดคัมภีร์ใบลานโดยอัตโนมัติได้อย่างต่อเนื่อง การถ่ายภาพใช้กล้องถ่ายภาพดิจิทัลความเร็วสูง มีระบบป้องกันการชนของส่วนประกอบของเครื่อง ใบลานที่ใช้ในการถ่ายภาพต้องอยู่ในสภาพสมบูรณ์ ไม่กรอบแตกหักง่าย มีความยืดหยุ่น คัมภีร์ใบลานที่ไม่อยู่ในสภาพสมบูรณ์ไม่เหมาะสมสำหรับการถ่ายภาพด้วยเครื่องนี้ เนื่องจากอาจเกิดความเสียหายของคัมภีร์ใบลานได้

แนวคิดในการการออกแบบเครื่องจับยึดและพลิกคัมภีร์ใบลานสำหรับการถ่ายภาพดิจิทัล

เครื่องจับยึดและพลิกคัมภีร์ใบลานอัตโนมัติสำหรับการถ่ายภาพดิจิทัลถูกออกแบบมาโดยนำข้อมูลของปัญหาที่เกิดจากงานวิจัยก่อนหน้าที่ผ่านมา และนำปัญหาต่างๆที่ทราบมาพัฒนาให้เครื่องทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นโดยกลไกและขั้นตอนจะมีหลักการการทำงานดังนี้

ชุดรองรับคัมภีร์และเลื่อนคัมภีร์ใบลานทำหน้าที่ในการรองรับกองคัมภีร์ใบลานที่ถูกคัดแยกแล้ว จะเคลื่อนที่ขึ้นด้านบนจนชนหัวชุดดูดแผ่นคัมภีร์ใบลาน หลังจากนั้นหัวดูดจะดูดแผ่นคัมภีร์แผ่นบน ชุดรองรับกองแผ่นคัมภีร์จะเลื่อนลง ชุดหัวดูดจะเลื่อนแผ่นคัมภีร์สู่ฐานรองรับเพื่อถ่ายภาพ หลังจากนั้นแผ่นใบลานจะถูกวางลงเพื่อทำการถ่ายภาพ ซึ่งแผ่นคัมภีร์ที่ถูกวางลงบนพื้นชุดรองรับที่ 1 จะถูกแผ่นชุดกดแผ่นคัมภีร์ใบลาน กดทับแผ่นคัมภีร์ให้แนบกับพื้นชุดรองรับที่ 1 เพื่อให้ปราศจากแสงเงาด้านล่าง หลังจากนั้นกล้องถ่ายภาพจะบันทึกภาพเมื่อบันทึกแล้ว ชุดกดแผ่น

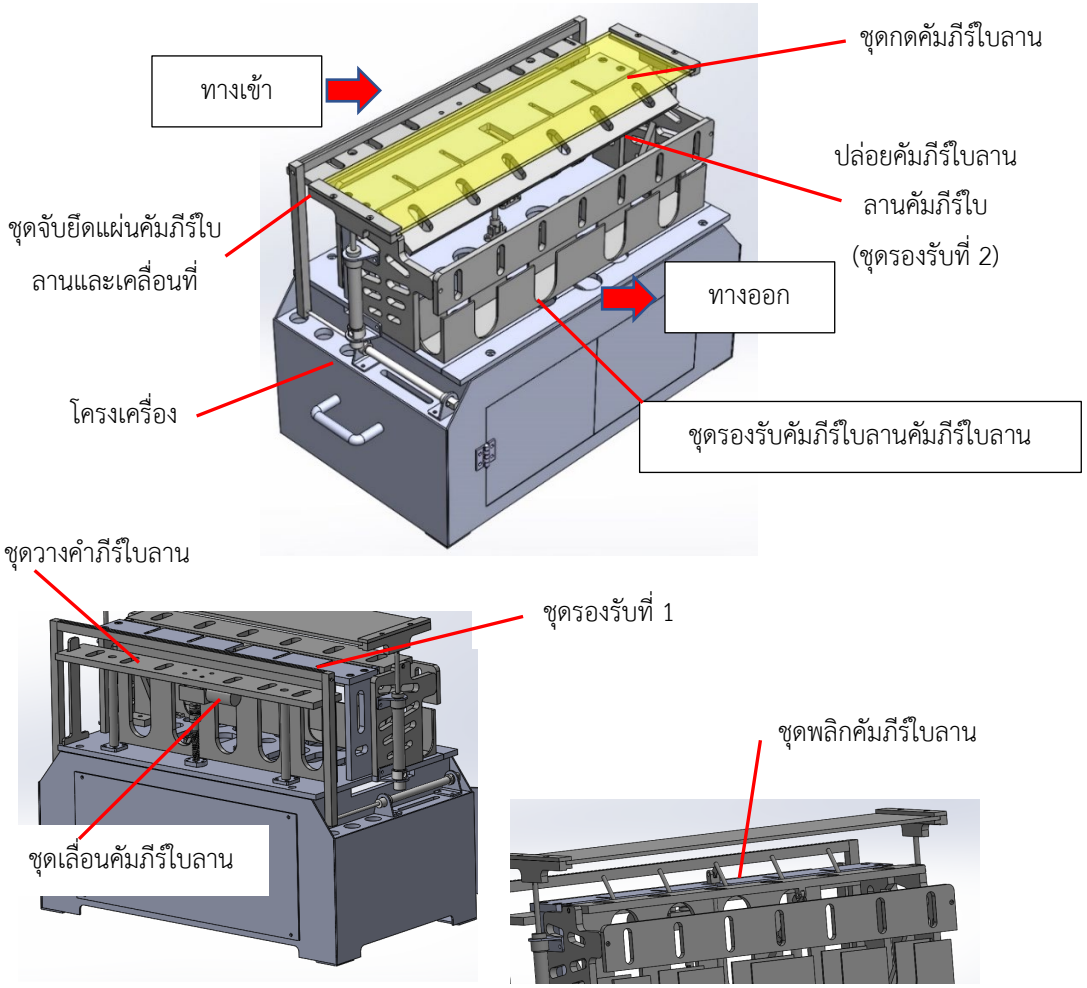
คัมภีร์ใบลานจะยกขึ้น และชุดรองรับจะพลิกแผ่นคัมภีร์ใบลานไปชุดรองรับที่ 2 เพื่อถ่ายภาพด้านหลัง จากนั้นหัวดูดจะลำเลียงแผ่นคัมภีร์แผ่นใหม่มาวางในตำแหน่งรองรับที่ 1 และชุดกดจะเลื่อนลงมากดแผ่นคัมภีร์ทั้ง 2 แผ่น กล้องถ่ายภาพบันทึกภาพ ชุดกดแผ่นคัมภีร์ใบลานจะยกขึ้น ชุดรองรับที่ 2 จะพลิกตัวเพื่อให้แผ่นคัมภีร์แผ่นที่ 1 ทิ้งตัวลงสู่กล่องรวบรวม การทำงานของเครื่องจะทำงานซ้ำจนแผ่นคัมภีร์ถูกบันทึกภาพจนหมด

แนวคิดในการการออกแบบกลไกการทำงานของเครื่องจับยึดและพลิกคัมภีร์ใบลานสำหรับการถ่ายภาพดิจิทัล

แนวความคิดในการออกแบบกลไกการทำงาน หลังจากการที่ได้ออกแบบหลักการทำงานในข้างต้นแล้ว ทำการเลือกใช้กลไกในการทำงานในขั้นตอนต่างๆ ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 กรอบแนวความคิดในการออกแบบกลไกการทำงาน

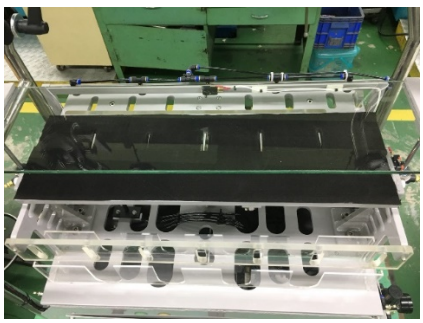
ลำดับที่	หน้าที่ในการทำงาน	โดยใช้หลักการ
1	วางคำภีร์ใบลาน	ใช้แรงงานคน
2	จับยึดแผ่นคัมภีร์ใบ	กฎทางฟิสิกโดยใช้ระบบนิวเมติในการทำงาน
3	เลื่อนคัมภีร์ใบลาน	กระบอกนิวเมติและเกลียวนำเลื่อนในการเคลื่อนที่
4	กดคัมภีร์ใบลาน	กระบอกนิวเมติในการเคลื่อนที่และใช้แผ่นกระจกเป็นตัวกดทับ
5	ถ่ายภาพคัมภีร์ใบลาน	กล้องดิจิทัล
6	พลิกคัมภีร์ใบลาน	ลูกเบี้ยวร่วมกับกระบอกนิวเมติกเพื่อกำหนดการพลิก
7	ปล่อยคัมภีร์ใบลาน	แร่งโน้มถ่วงและแรงลมเป่าเพื่อลดการเสียดทาน
8	ควบคุมการทำงาน	ระบบไฟฟ้าเบื้องต้น



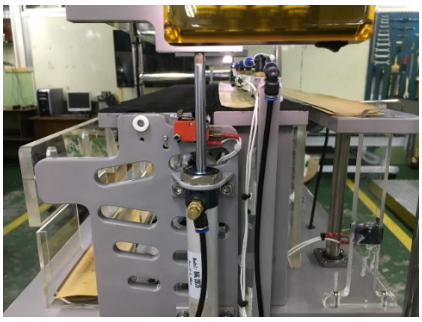
ภาพที่ 3 เครื่องจับยึดและพลิกคัมภีร์ใบลานอัตโนมัติสำหรับการถ่ายภาพดิจิทัลจากการออกแบบ

การสร้างเครื่องจับยึดและพลิกคัมภีร์ใบลานสำหรับการถ่ายภาพดิจิทัล

หลังจากที่ได้ทำการออกแบบชิ้นส่วนต่างๆ แล้วจึงได้ดำเนินการสร้างชิ้นส่วนต่างๆ แล้วทำการประกอบและติดตั้งชุดควบคุมดังภาพที่ 6



ภาพที่ 4 เครื่องจับยึดและพลิกคัมภีร์ใบลานอัตโนมัติสำหรับการถ่ายภาพดิจิทัลด้านบน



ภาพที่ 5 เครื่องจับยึดและพลิกคัมภีร์ใบลานอัตโนมัติสำหรับการถ่ายภาพดิจิทัลด้านข้าง

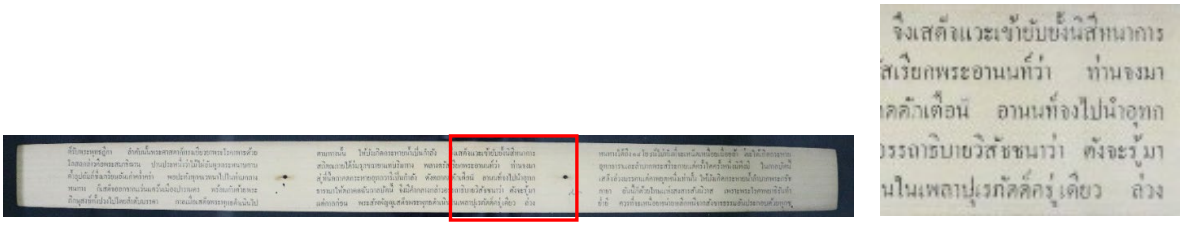
ภาพที่ 6 เครื่องจับยึดและพลิกคัมภีร์ใบลานอัตโนมัติสำหรับการถ่ายภาพดิจิทัล

การทดลองเครื่องจับยึดและพลิกคัมภีร์ใบลานอัตโนมัติสำหรับการถ่ายภาพดิจิทัล

ในการดำเนินการทดลองเครื่องจับยึดและพลิกคัมภีร์ใบลานอัตโนมัติสำหรับการถ่ายภาพดิจิทัล โดยเริ่มจากการคัดแยกคัมภีร์ใบลานที่มีสภาพสมบูรณ์ ไม่บิดงอ แล้วแยกออกเชือกมัด นำคัมภีร์ใบลานใส่ในชุดรองรับกองคัมภีร์ใบลานเข้าเครื่อง เตรียมติดตั้งกล้องถ่ายภาพให้พร้อม โดยตรวจสอบหน่วยความจำให้เพียงพอ ตรวจสอบสภาพเครื่องและเปิดเครื่องจับยึดและพลิกคัมภีร์ใบลานอัตโนมัติสำหรับการถ่ายภาพดิจิทัล และถังลมให้พร้อมสำหรับการทำงาน แล้วเริ่มต้นทำงานและจับเวลาการทำงานละครั้ง สุดท้ายตรวจสอบความสมบูรณ์ของภาพที่ได้จากหน่วยความจำของกล้องถ่ายภาพ

ผลการวิจัย

จากการออกแบบเครื่องให้มีขนาดกะทัดรัดมากขึ้น ความซับซ้อนของเครื่องมีน้อยจึงทำให้การทำงานของเครื่องไม่ซับซ้อนพบว่าเครื่องที่ออกแบบมานั้นทำงานได้เป็นที่พอใจ จึงได้ทำการทดลองการทำงานและจากการทดลองเครื่องจับยึดและพลิกคัมภีร์ใบลานอัตโนมัติสำหรับการถ่ายภาพดิจิทัลแล้วนั้น จากตารางที่ 2 ในการทดลองครั้งที่ 1 พบว่าเครื่องจับยึดและพลิกคัมภีร์ใบลานอัตโนมัติสำหรับการถ่ายภาพดิจิทัลสามารถทำงานได้ โดยใช้เวลาในการถ่ายภาพไม่เป็นที่พอใจซึ่งเวลาที่ใช้ในการทำงานในการถ่ายภาพแต่ละแผ่นเท่ากับ 40.4 วินาที และภาพที่ได้มีความชัดเจนดังภาพที่ 7 จากการทดลองครั้งที่ 1 พบว่าเวลาที่ใช้ในการถ่ายภาพนั้นสามารถที่จะลดลงได้โดยการปรับกลไกและอุปกรณ์ของเครื่องได้ทางผู้วิจัยจึงได้ทำการปรับอุปกรณ์และทำการทดลองซ้ำอีกครั้ง



ภาพที่ 7 ภาพถ่ายคัมภีร์ใบลานจากเครื่องจับยึดและพลิกคัมภีร์ใบลานอัตโนมัติสำหรับการถ่ายภาพดิจิทัล

ตารางที่ 2 ผลการทดลองใช้เครื่องจับยึดและพลิกคัมภีร์ใบลานอัตโนมัติสำหรับการถ่ายภาพดิจิทัลจากการทดลองครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2

ครั้งที่	การทดสอบครั้งที่ 1		การทดสอบครั้งที่ 2	
	เวลาทำงาน (วินาที)	ภาพที่ได้จากการถ่ายภาพ	เวลาทำงาน (วินาที)	ภาพที่ได้จากการถ่ายภาพ
1	42	ภาพมีความชัดเจน	32	ภาพมีความชัดเจน
2	40	ภาพมีความชัดเจน	30	ภาพมีความชัดเจน
3	41	ภาพมีความชัดเจน	30	ภาพมีความชัดเจน
4	42	ภาพมีความชัดเจน	29	ภาพมีความชัดเจน
5	39	ภาพมีความชัดเจน	29	ภาพมีความชัดเจน
6	40	ภาพมีความชัดเจน	30	ภาพมีความชัดเจน
7	41	ภาพมีความชัดเจน	31	ภาพมีความชัดเจน
8	40	ภาพมีความชัดเจน	31	ภาพมีความชัดเจน
9	39	ภาพมีความชัดเจน	30	ภาพมีความชัดเจน
10	41	ภาพมีความชัดเจน	29	ภาพมีความชัดเจน
เฉลี่ย	40.4	-	30.1	-

ในการทดลองซ้ำของเครื่องจับยึดและพลิกคัมภีร์ใบลานอัตโนมัติสำหรับการถ่ายภาพดิจิทัล ถูกปรับแต่งกลไกลมชุดกระบอกสูบทุกตัว และการทำงานในกลไกต่างๆ ของเครื่องให้ทำงานเร็วขึ้น จึงได้ทำการทดลองซ้ำแล้วได้ผลตามตารางที่ 2 ซึ่งเวลาที่ใช้ในการทำงานในการถ่ายภาพแต่ละแผ่นเท่ากับ 30.1 วินาที และภาพมีความชัดเจน ซึ่งจากการพิจารณาภาพที่ถ่ายจากเครื่องแล้วได้พบว่า ตัวอักษรที่ปรากฏในภาพไม่เลือนและเบลอ เส้นตัวอักษรมีความต่อเนื่องคมชัดไม่ขาด

อภิปรายผล

จากการออกแบบเครื่องจับยึดและพลิกคัมภีร์ใบลานอัตโนมัติสำหรับการถ่ายภาพดิจิทัลให้มีขนาดกะทัดรัดมากขึ้น และความซับซ้อนของเครื่องน้อยลงนั้นพบว่าการทำงานของเครื่องจับยึดและพลิกคัมภีร์ใบลานอัตโนมัติสำหรับการถ่ายภาพดิจิทัลสามารถที่จะทำการถ่ายภาพและเก็บข้อมูลแต่ละแผ่นเท่ากับ 30.1 วินาที และภาพมีความชัดเจน ตัวอักษรที่ปรากฏในภาพไม่เลือนและเบลอ เส้นตัวอักษรที่บันทึกได้มีความต่อเนื่องคมชัดไม่ขาด ซึ่งในการพัฒนาและสร้างเครื่องจับยึดและพลิกคัมภีร์ใบลานได้มีการพัฒนาและปรับกลไก พร้อมทั้งใช้อุปกรณ์ที่มีความรวดเร็วและแม่นยำ รวมทั้งปรับแต่งกลไกลมชุดกระบอกสูบตามที่ได้มีการออกแบบตามหลักการข้างต้นที่ได้กล่าวไว้จึงทำให้การทำงานของนั้นทำงานได้ตามที่กำหนด ซึ่งผลการพัฒนาเครื่องจับยึดและพลิกคัมภีร์ใบลานอัตโนมัติสำหรับการถ่ายภาพดิจิทัล ส่งผลให้การรวบรวมข้อมูลจากคัมภีร์ใบลานซึ่งเป็นข้อมูลที่มีความสำคัญต่อการอนุรักษ์ถูกจัดเก็บอยู่ในรูปของข้อมูลดิจิทัล โดยการใช้เครื่องจับยึดและพลิกคัมภีร์ใบลานอัตโนมัติสำหรับการถ่ายภาพดิจิทัลช่วยในการอนุรักษ์ ส่งผลให้การดำเนินการอนุรักษ์ข้อมูลจากคัมภีร์ใบลานจำนวนมากถูกจัดเก็บได้รวดเร็วขึ้น ทำให้ผู้ที่ทำหน้าที่จัดเก็บข้อมูลสามารถดำเนินการได้โดยไม่จำเป็นต้องอยู่กับเครื่องตลอดเวลา ข้อมูลที่มีความสำคัญจะยังคงอยู่เพื่อการศึกษาและค้นคว้าต่อไป

สรุปผลการวิจัย

การพัฒนาเครื่องจับยึดและพลิกคัมภีร์ใบลานอัตโนมัติสำหรับการถ่ายภาพดิจิทัลช่วยให้การอนุรักษ์คัมภีร์ใบลานซึ่งมีอยู่จำนวนมากถูกเก็บและบันทึกในรูปแบบดิจิทัล ข้อมูลที่มีความสำคัญต่างๆ ถูกอนุรักษ์ไว้โดยไม่เกิดการสูญหายไปพร้อมกับความเสื่อมสภาพของคัมภีร์ใบลาน โดยเครื่องจับยึดและพลิกคัมภีร์ใบลานอัตโนมัติสำหรับการถ่ายภาพดิจิทัลมีขนาด สามารถถ่ายภาพโดยใช้เวลาถ่ายภาพ 30.1 วินาที/หนึ่งหน้าใบลานและภาพมีความชัดเจน ดังนั้นการออกแบบเครื่องให้มีขั้นตอนทำงานที่ซับซ้อนน้อยลงช่วยทำให้เครื่องทำงานได้เร็วขึ้น จึงทำให้ต้นทุนการผลิตเครื่องจับยึดและพลิกคัมภีร์ใบลานอัตโนมัติสำหรับการถ่ายภาพดิจิทัลมีต้นทุนต่ำ

ข้อเสนอแนะ

ในการพัฒนาการเครื่องจับยึดและพลิกคัมภีร์ใบลานอัตโนมัติสำหรับการถ่ายภาพดิจิทัลนั้นทางผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะควรที่จะมีการพัฒนากลไกสำหรับการจับยึดคัมภีร์ใบลานเพื่อให้สามรถใช้กับใบลานที่มีอายุมากโดยที่ไม่ส่งผลกระทบต่อคัมภีร์ใบลาน และควรจะพัฒนาระบบควบคุมและการส่งข้อมูลภาพที่บันทึกได้เข้ากับคอมพิวเตอร์โดยตรงและมีการจัดเรียงหน้าคัมภีร์ใบลานเป็นอัตโนมัติเพื่อง่ายต่อการจัดระเบียบของภาพที่บันทึกได้และมีความรวดเร็วในการจัดเก็บข้อมูล

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณสถาบันวิจัยพุทธศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาจุฬาลงกรณราชวิทยาลัย ที่ให้ความอนุเคราะห์ทุนวิจัยพัฒนาเครื่องจับยึดและพลิกคัมภีร์ใบลานอัตโนมัติสำหรับการถ่ายภาพดิจิทัล และขอขอบคุณสาขาวิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมการออกแบบและผลิตเครื่องจักรกล ภาควิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมเครื่องกล และคณะผู้บริหารวิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ที่ให้การสนับสนุนการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

Nakashima, T., Watanabe, Y., Komuro, T., and Ishikawa, M. (2014). *Book Flipping Scanning*. [Online]. Retrieved March 18, 2020, from: https://www.researchgate.net/profile/Masatoshi_Ishikawa/publication/229042817_Book_flipping_scanning/links/00b7d51bd3d346555c000000/Book-flipping-scanning.pdf.

Ngerntong, S. and Layluk, V. (2018). Systematic Design of Double Enveloping Worm Cutting Attachment on Lathe. *Sripatum Review of Science and Technology*, 10, 129-145. (in Thai)

Ngerntong, S., Saivaew, N., Swatdisan, T., and Phra Suthirattanabundit. (2018). Automatic-Technology Development for Secured and Flip Palm-Leaf Manuscripts for Digital Photography to Preserve the Buddhist Manuscripts. *The Proceedings of Industrial Engineering Network Conference 2018*, 23-26 July 2018 Ubon Ratchathani, 924-928. (in Thai)

Phra Akhdetchanayote (Lohaphon). (2015). The Bann Mon Book in Thailand. *Electronic Journal of Open and Distance Innovative Learning, Chulalongkorn University Royal College*, 5(1), 35-40. (in Thai)

Priyanka Bhanudas Deshmukh. (2016). Book Flipping and Scanning Machine Review. *International Journal of Latest Trends in Engineering and Technology (IJLTET)*, 7(1). 234-236.

Watanabe, Y., Tamei, M., Yamada, M., and Ishikawa, M. (2013). Automatic Page Turner Machine for High-speed Book Digitization. *The Proceedings of IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS)*, 3-7 November 2013 Tokyo Japan, 272-279.